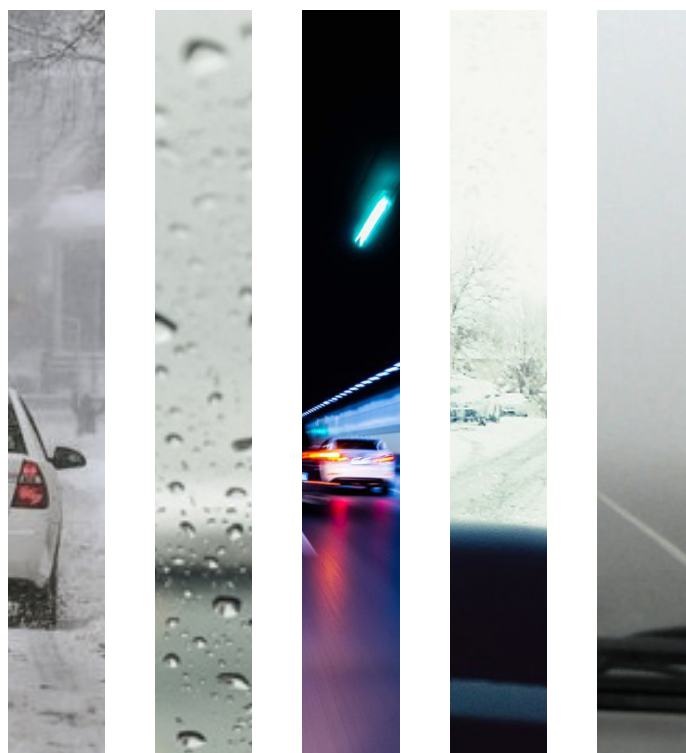




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Η Επιρροή των Καιρικών Συνθηκών και της Πίεσης Χρόνου στην Οδική Ασφάλεια



Σπανού Παναγιώτα

Επιβλέπων: Γιώργος Παννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Μάρτιος, 2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, τόσο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, όσο για την πολύτιμη καθοδήγησή του, τη δημιουργική συνεργασία και τις γενικότερες γνώσεις που μου μετέδωσε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της.

Παράλληλα, εξίσου θερμά ευχαριστώ τον κ. Δημοσθένη Παύλου, Διδάκτορα Πολιτικό Μηχανικό ΕΜΠ, για τις απόλυτα καθοριστικές επεξηγήσεις και τις καίριες υποδείξεις σε σημαντικά ζητήματα της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όσους συμμετείχαν στην πειραματική διαδικασία, καθώς ο ρόλος τους ήταν καταλυτικός στην υλοποίηση της εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου και τους φίλους μου για τη στήριξη που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

**Η Επιρροή των Καιρικών Συνθηκών και της Πίεσης Χρόνου
στην Οδική Ασφάλεια**
Παναγιώτα Σπανού

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

Σύνοψη:

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να διερευνηθεί η επιρροή των καιρικών συνθηκών και της πίεσης χρόνου στην οδική ασφάλεια σε αστικό δρόμο. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε πείραμα σε προσομοιωτή οδήγησης μέσω του οποίου συλλέχθηκαν τα οδηγικά στοιχεία 42 νέων ατόμων, ενώ η διεξαγωγή έρευνας μέσω ερωτηματολογίου προσδιόρισε τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων. Η οδήγηση πραγματοποιήθηκε με και χωρίς πίεση χρόνου σε καλές καιρικές συνθήκες, σε ομίχλη, σε βροχή και σε χιόνι. Αναπτύχθηκαν μοντέλα γραμμικής και διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης που αφορούν στη μέση ταχύτητα οδήγησης, στη μέση απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού, στη διακύμανση της μέσης γωνίας στροφής του τιμονιού, στο μέσο χρόνο αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν, στη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, στην πιθανότητα ατυχήματος εξαιτίας επικίνδυνου συμβάντος ή άλλων παραγόντων. Από την εφαρμογή των μαθηματικών μοντέλων προέκυψε ότι το χιόνι και η βροχή επιφέρουν σημαντική αύξηση στην πιθανότητα ατυχήματος. Η ομίχλη αυξάνει τη πιθανότητα ατυχήματος μόνο σε περίπτωση επικίνδυνου συμβάντος. Επίσης η πίεση χρόνου φαίνεται να έχει τα ίδια αποτελέσματα με το χιόνι, γεγονός που πρέπει να προβληματίσει τους οδηγούς.

Λέξεις κλειδιά: οδηγική απόδοση, καιρικές συνθήκες, ομίχλη, βροχή, χιόνι, πίεση χρόνου, προσομοιωτής οδήγησης

The impact of Weather Conditions and Time Pressure on Road Safety

Panagiota Spanou

Supervisor: George Yannis, Professor N.T.U.A.

Abstract:

The scope of this diploma thesis is to investigate the impact of weather conditions and time pressure on road safety on urban roads. For this purpose, an experiment was conducted on a driving simulator through which the driving data of 42 young people were collected, while a survey conducted through a questionnaire identified the characteristics of the participants. The driving experiment took place with and without any time pressure in good weather conditions, in fog, rain, and snow. Linear and binomial logistic regression accounting models were developed for the mean driving speed, the mean distance from the right side of the road, the variation of the mean steering angle, the mean reaction time to an unexpected event, the mean headway distance. The accident probability due to a dangerous event or other factors. The application of mathematical models showed that snow and rain lead to a significant increase in the probability of an accident. Fog increases the accident probability only in the event of a dangerous event. Also, time pressure seems to have the same effects as snow, a fact that should concern drivers.

Keywords: driving performance, weather conditions, fog, rain, snow, aggressive driving, driving simulator

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών και της πίεσης χρόνου στην οδική ασφάλεια** με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης.

Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε **πείραμα** στον προσομοιωτή οδήγησης του Εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και οι συμμετέχοντες ήταν 42 νέοι ηλικιακά οδηγοί από 20 έως 30 ετών. Επίσης συμπληρώθηκαν από τους συμμετέχοντες ερωτηματολόγια για τη **συλλογή δεδομένων δημογραφικών και των χαρακτηριστικών της κυκλοφορίας τους**.

Τη συλλογή των στοιχείων ακολούθησε η **επεξεργασία** τους, ώστε να δημιουργηθεί η κατάλληλη βάση δεδομένων για την πραγματοποίηση της στατιστικής ανάλυσης. Αφού μελετήθηκε το **θεωρητικό υπόβαθρο** επιλέχθηκαν οι μέθοδοι της γραμμικής και λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης για την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων.

Τα **τελικά μαθηματικά μοντέλα** όπου προέκυψαν ύστερα από πλήθος δοκιμών των μεταβλητών τους με σκοπό να πληρούν τα κριτήρια ποιότητας και αποδοχής τους είναι εκείνα της μέσης ταχύτητας οδήγησης, της μέσης απόστασης από τη δεξιά άκρη της οδού, της διακύμανσης της γωνίας στροφής του τιμονιού, του μέσου χρόνου αντίδρασης, της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, καθώς και τα μοντέλα της πιθανότητας ατυχήματος εξαιτίας εμφάνισης επικίνδυνων γεγονότων και της πιθανότητας ατυχήματος λόγω άλλων παραγόντων.

Στους πίνακες 1 και 2 που ακολουθούν παρουσιάζονται συνοπτικά τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν, ώστε να προκύψουν από τη σύγκριση τους σημαντικά συμπεράσματα.

Η Επιρροή των Καιρικών Συνθηκών και της Πίεσης Χρόνου στην Οδική Ασφάλεια

Πίνακας 1: Διωνυμικά λογιστικά μοντέλα πρόβλεψης πιθανότητας ατυχήματος

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Πιθανότητα ατυχήματος εξαιτίας επικίνδυνου συμβάντος				Πιθανότητα ατυχήματος λόγω άλλων παραγόντων εκτός των επικίνδυνων συμβάντων			
	B	Wald	e	e*	B	Wald	e	e*
Ηλικιακή ομάδα	-0,951	17,018	-0,31	1,56				
Εμπειρία					-1,020	14,891	-0,37	2,36
Φύλο					-0,539	2,872	-0,34	2,17
Ομίχλη	0,793	3,131	0,54	-2,74				
Βροχή	2,084	24,190	15,15	-76,92	1,705	16,482	9,39	-59,72
Χιόνι	2,897	43,700	38,32	-194,57	2,811	45,232	33,21	-211,15
Πίεση χρόνου					0,553	3,100	1,92	-12,24
Οδήγηση πάνω από όριο ταχύτητας	-0,777	9,023	-0,26	1,33				
Προσεκτική οδήγηση	-0,727	4,617	-0,20	1,00				
Συμμετοχή σε ατχ. με υλ. ζημιές					1,393	12,894	7,57	-48,14
Οδήγηση υπό βροχή ετησίως					-0,815	19,597	-0,16	1,00

Πίνακας 2: Γραμμικά μοντέλα πρόβλεψης οδηγικών χαρακτηριστικών

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Μέση ταχύτητα οδήγησης				Μέση απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού				Διακύμανση μέσης γωνίας στροφής του τιμονιού				Μέσος χρόνος αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν				Μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα			
	B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	t	e	e*
Ηλικία					-0.153	-4.404	0.0068	-					30.36	2.198	0.0001	-				
Ηλικιακή ομάδα																				
Εμπειρία	1.09	2.011	0.03	1.00	-0.153	3.887	-0.04	1.00	-7.822	-2.712	-0.29	1.00								
Φύλο	-3.71	-4.845	-0.09	-3.40									126.73	2.016	0.06	1.11	19.43	2.420	0.21	1.00
Ομίχλη					-0.273	-1.777	-0.07	1.78					534.13	6.221	0.25	4.67				
Βροχή	-2.716	-3.215	-0.07	-2.49	-0.301	-1.969	-0.08	1.97	15.871	3.674	0.60	-2.03	398.61	4.673	0.19	3.48				
Χιόνι	-14.456	-16.973	-0.36	-13.26	-1	-7.693	-0.32	7.73	43.995	10.105	1.66	-5.62	349.00	4.049	0.16	3.05	27.94	3.234	0.30	1.44
Πίεση χρόνου	8.896	12.820	0.22	8.16	1.401	12.982	0.38	-9.16	25.603	7.218	0.96	-3.27					-56.086	-7.444	0.60	-2.89
Οδήγηση πάνω από όριο ταχύτητας	2.472	3.336	0.06	2.27																
Οδήγηση υπό πίεση χρόνου													151.521	1.770	0.07	1.32				
Συμμετοχή σε ατχ. με υλ. ζημιές									-7.822	2.557	-0.29	1	114.457	1.788	0.05	1				
Οδήγηση υπό βροχή ετησίως	-1.648	-3.047	-0.04	-1.51																
Οδήγηση υπό βροχή κοντά στο δεξιά οδόστ.					-0.816	-3.847	-0.22	5.33												
Οδήγηση υπό ομίχλη κοντά στο δεξιά οδόστ.					-0.425	-3.053	-0.12	2.78												
Οδήγηση υπό χιόνι κοντά στο δεξιά οδόστ.																	25.029	2.624	0.27	2.29
Οδήγηση υπό χιόνι με μειωμένη ταχύτητα και πιο προσεκτικά													-442.896	-2.162	-0.21	-3.87	22.97	2.852	0.24	2.18

Αφού παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα και πραγματοποιήθηκε σύνοψη των μαθηματικών μοντέλων είναι εφικτό να διατυπωθούν τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

- Παρατηρείται ότι ενώ οι αντίξοες καιρικές συνθήκες οδηγούν σε σημαντική βελτίωση της συμπεριφοράς οδήγησης, **αυτή η βελτίωση φαίνεται να μην μπορεί να αντισταθμίσει τον κίνδυνο** λόγω της αύξησης της διακύμανσης της μέσης γωνίας στροφής του τιμονιού, των χρόνων αντίδρασης και τελικώς της πιθανότητας ατυχήματος.

Πιθανότητα ατυχήματος

- Το **χιόνι** έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην **πιθανότητα ατυχήματος** σε περίπτωση επικίνδυνου συμβάντος, καθώς επίσης και η **βροχή** και η **ομίχλη** έχουν αρκετά μεγάλη επιρροή. Το αποτέλεσμα αυτό ενδεχομένως οφείλεται στην μη εξοικείωση των Ελλήνων οδηγών με το χιόνι αλλά και στη δυσκολία πέδησης λόγω του ολισθηρού οδοστρώματος και στις δύο περιπτώσεις, καθώς και της χαμηλής ορατότητας.
- Όταν δεν υπάρχει επικίνδυνο συμβάν, η πιθανότητα ατυχήματος αυξάνεται σημαντικά από την **πίεση χρόνου** του οδηγού, διότι η συγκέντρωση του οδηγού, η ψυχολογική του κατάσταση και η ταχύτητα που διατηρεί είναι άρρηκτα συνδεδεμένες, ειδικά σε περιπτώσεις απότομης στροφής.
- Επίσης, όταν δεν υπάρχει επικίνδυνο συμβάν, η **πιθανότητα ατυχήματος** δεν επηρεάζεται από την ομίχλη, επειδή ενδεχομένως η επικινδυνότητα λόγω **ομίχλης** έγκειται στη χαμηλή ορατότητα. Αντίθετα η πιθανότητα ατυχήματος αυξάνεται σε συνθήκες χιονιού και βροχής ακόμη και στην περίπτωση χωρίς επικίνδυνο συμβάν.
- Οι οδηγοί που απάντησαν ότι οδηγούν συνήθως **πάνω από το όριο ταχύτητας** φαίνεται να εμπλέκονται λιγότερο σε ατυχήματα, αυτό πιθανώς οφείλεται στο ότι βρίσκονται σε αυξημένη εγρήγορση ή ότι έχουν συνηθίσει τις μεγαλύτερες ταχύτητες άρα και έχουν μεγαλύτερη άνεση και εμπειρία σε επικίνδυνα συμβάντα.

Χρόνος αντίδρασης

- Η **ομίχλη** έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στον **χρόνο αντίδρασης**, αφού με τη δυσκολία της ορατότητας του εκάστοτε εμποδίου αυξάνεται ο χρόνος αντίδρασης του οδηγού (αύξηση σχεδόν πενταπλάσια).

- Επιπρόσθετα, η **βροχή** και το **χιόνι** οδηγούν σε αύξηση του χρόνου αντίδρασης (η βροχή σε αύξηση σχεδόν τετραπλάσια και το χιόνι σε τριπλάσια). Παρατηρείται ότι όσο δυσχεραίνεται η ορατότητα τόσο αυξάνεται ο χρόνος αντίδρασης. Επίσης η πίεση χρόνου έχει αποτέλεσμα στατιστικά σημαντική αύξηση του χρόνου αντίδρασης και κατά συνέπεια της πιθανότητας ατυχήματος.
- Η **ηλικία** οδηγεί σε αύξηση του χρόνου αντίδρασης, καθώς οι μεγαλύτεροι ηλικιακά οδηγοί φαίνεται να διαθέτουν λιγότερο γρήγορα αντανakλαστικά αλλά και πιθανώς λόγω της μεγαλύτερης σιγουριάς να είναι λιγότερο σε εγρήγορση.

Μέση ταχύτητα

- Η μέση **ταχύτητα** του οχήματος μειώνεται σημαντικά υπό συνθήκες **χιονιού** (κατά μέσο όρο 15km/h λιγότερο) και αυξάνεται αρκετά υπό συνθήκες **πίεσης χρόνου** (κατά μέσο όρο 10 km/h περισσότερο), αποτελέσματα που επιβεβαιώνονται και από τη διεθνή βιβλιογραφία.
- Η **ομίχλη** δεν επηρεάζει την ταχύτητα, γεγονός που συμφωνεί επίσης με τη διεθνή βιβλιογραφία, καθώς ένας λόγος που θεωρείται επικίνδυνη συνθήκη είναι η διατήρηση της ταχύτητας χωρίς αντίληψη της δυσκολίας της χαμηλής ορατότητας.

Άλλοι παράγοντες

- Το **χιόνι** και η **πίεση χρόνου** έχουν παρόμοια επιρροή στη **διακύμανση της μέσης στροφής του τιμονιού**, αφού ενδεχομένως με το χιόνι η πέδηση δυσκολεύει και με τη πίεση χρόνου λόγω της συναισθηματικής κατάστασης του οδηγού ελαττώνεται η ικανότητα ελέγχου του οχήματος.
- Η **ομίχλη**, η **βροχή** και το **χιόνι** οδηγούν σε μείωση της **πλευρικής απόστασης από τη δεξιά άκρη της οδού**, πιθανότατα λόγω του αισθήματος φόβου και της συνειδητοποίησης της επικινδυνότητας. Αντίθετα η **πίεση χρόνου**, όπου συνδέεται με την έλλειψη προσοχής και την επιθετική οδήγηση αυξάνει την απόσταση και μάλιστα αποτελεί τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή (η τιμή είναι σχεδόν διπλάσια για κάθε καιρική συνθήκη για τις ίδιες ηλικιακές ομάδες).
- Στη **μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα** παρατηρείται σημαντική επιρροή από τη μεταβλητή της **πίεσης χρόνου**. Συγκεκριμένα η τιμή κατά μέσο όρο μειώθηκε κατά το ήμισυ δηλαδή περίπου 50m διαφορά για τους άντρες και 40m για τις γυναίκες. Το **χιόνι** όμως αυξάνει την απόσταση αυτή ενδεχομένως λόγω της μικρής εμπειρίας στη

Η Επιρροή των Καιρικών Συνθηκών και της Πίεσης Χρόνου στην Οδική Ασφάλεια

συγκεκριμένη συνθήκη στην Ελλάδα, καθώς και της επικινδυνότητας που έχει ούτως η άλλως η συγκεκριμένη καιρική συνθήκη.

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	16
1.1	Γενική Ανασκόπηση.....	16
1.2	Στόχος Διπλωματικής Εργασίας	21
1.3	Μεθοδολογία.....	22
1.4	Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	23
2	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	25
2.1	Εισαγωγή.....	25
2.2	Συναφείς Έρευνες για την Επίδραση των Καιρικών Συνθηκών	25
	στην Οδική Ασφάλεια	25
2.2.1	Καιρικές συνθήκες.....	25
2.2.2	Βροχή.....	25
2.2.3	Ομίχλη.....	26
2.2.4	Χιόνι	27
2.2.5	Πίεση Χρόνου.....	28
2.3	Προσομοιωτή οδήγησης	28
2.4	Σύνοψη	29
3	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	31
3.1	Εισαγωγή.....	31
3.2	Μαθηματικά Πρότυπα.....	31
3.2.1	Γραμμικό μοντέλο.....	31
3.2.2	Διωνυμικό λογιστικό μοντέλο.....	33
3.2.3	Εκτίμηση των παραμέτρων	33
3.3	Διαδικασία Ανάπτυξης Και Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου.....	34
3.4	Λειτουργία Του Ειδικού Στατιστικού Λογισμικού	37
4	ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	39
4.1	Εισαγωγή.....	39
4.2	Το Πείραμα Στον Προσομοιωτή	39
4.2.1	Στόχος του πειράματος	39
4.2.2	Προσομοιωτής	39

4.2.3	Επιλογή σεναρίων οδήγησης	43
4.2.5	Υλοποίηση του πειράματος.....	47
4.3	Επεξεργασία Στοιχείων.....	48
4.2.6	Επεξεργασία ερωτηματολογίων	48
4.2.7	Επεξεργασία μετρήσεων προσομοιωτή	54
4.4	Βάση Δεδομένων	57
4.5	Περιγραφικά Χαρακτηριστικά Δείγματος	58
5	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	61
5.1	Εισαγωγή.....	61
5.2	Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στα μοντέλα	62
5.3	Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για τη Μέση Ταχύτητα Οδήγησης.....	63
5.3.1	Μαθηματικό Μοντέλο και Στατιστική Σημαντικότητα.....	63
5.3.2	Ποιότητα μοντέλου	64
5.3.3	Βαθμός επιρροής μεταβλητών	65
5.3.4	Ανάλυση ευαισθησίας	66
5.4	Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για τη Μέση Απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού	66
5.4.1	Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα.....	66
5.4.2	Ποιότητα μοντέλου	68
5.4.3	Βαθμός επιρροής μεταβλητών	68
5.4.4	Ανάλυση ευαισθησίας	69
5.5	Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για τη Διακύμανση της Μέσης Γωνίας Στροφής του Τιμονιού	71
5.5.1	Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα.....	71
5.5.2	Ποιότητα μοντέλου	72
5.5.3	Βαθμός επιρροής μεταβλητών	72
5.5.4	Ανάλυση ευαισθησίας	73
5.6	Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για το Μέσο Χρόνο Αντίδρασης σε Απρόοπτο Συμβάν	74
5.6.1	Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα.....	74
5.6.2	Ποιότητα μοντέλου	76

5.6.3	Βαθμός επιρροής μεταβλητών	76
5.6.4	Ανάλυση ευαισθησίας	77
5.7	Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για τη Μέση Απόσταση από το Προπορευόμενο Όχημα	79
5.7.1	Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα.....	79
5.7.2	Ποιότητα μοντέλου	80
5.7.3	Βαθμός επιρροής μεταβλητών	80
5.7.4	Ανάλυση ευαισθησίας	81
5.8	Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για τη Πιθανότητα Ατυχήματος λόγω Εμφάνισης Επικίνδυνων Γεγονότων.....	82
5.8.1	Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα.....	82
5.8.2	Ποιότητα μοντέλου	83
5.8.3	Βαθμός επιρροής μεταβλητών	84
5.8.4	Ανάλυση ευαισθησίας	85
5.9	Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για τη Πιθανότητα Ατυχήματος εξαιτίας άλλων Παραγόντων εκτός των Επικίνδυνων Συμβάντων	86
5.9.1	Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα.....	86
5.9.2	Ποιότητα μοντέλου	87
5.9.3	Βαθμός επιρροής μεταβλητών	88
5.9.4	Ανάλυση ευαισθησίας	89
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	91
6.1	Σύνοψη αποτελεσμάτων	91
6.2	Συνολικά συμπεράσματα	93
6.3	Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας.....	95
6.4	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	96
7	Βιβλιογραφία.....	98
	Παράρτημα	101

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

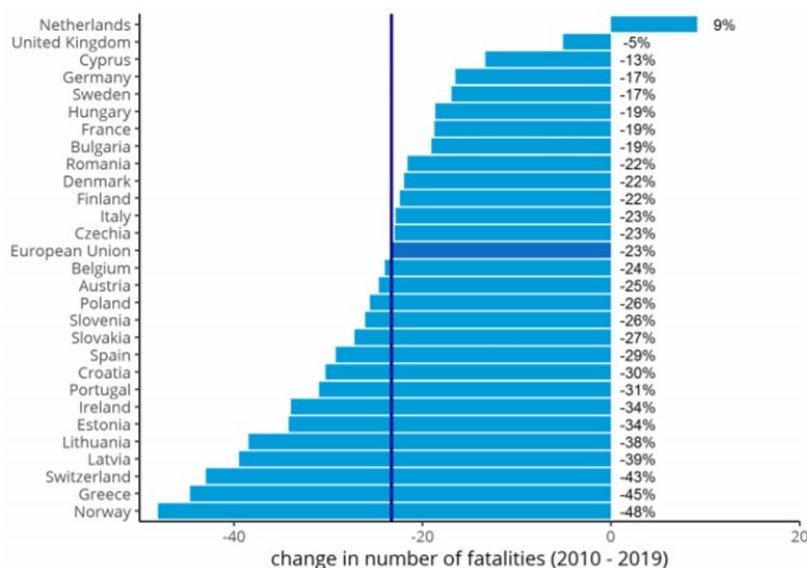
1.1 Γενική Ανασκόπηση

Οι **μεταφορές** αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής των ανθρώπων και συμβάλλουν σημαντικά στην εξέλιξη των κοινωνιών. Ωστόσο συνοδεύονται με ανθρώπινες απώλειες και σοβαρούς τραυματισμούς σε ολόκληρο τον πλανήτη. Συγκεκριμένα τα οδικά ατυχήματα σύμφωνα με επίσημα στοιχεία των φορέων οδικής ασφάλειας, αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό ατυχημάτων στις μεταφορές και έχουν τεράστιο κοινωνικό και οικονομικό κόστος.

Κάθε χρόνο χάνονται οι ζωές περίπου 1,35 εκατομμυρίων ανθρώπων λόγω **οδικών ατυχημάτων**, ενώ μεταξύ 20 και 50 εκατομμυρίων ανθρώπων υφίστανται μη θανατηφόρα τραύματα, με πολλούς να υφίστανται αναπηρία ως αποτέλεσμα του τραυματισμού τους. Τα οδικά ατυχήματα είναι επίσης η κύρια αιτία θανάτου για παιδιά και νέους ηλικίας 5 με 29 χρονών (World Health Organization, 2020). Συνεπώς ο περιορισμός τους αποτελεί προτεραιότητα κάθε χώρας και ο τρόπος αντιμετώπισης ένα κρίσιμο αντικείμενο μελέτης που προσελκύει όλο και περισσότερη προσοχή από τους ερευνητές.

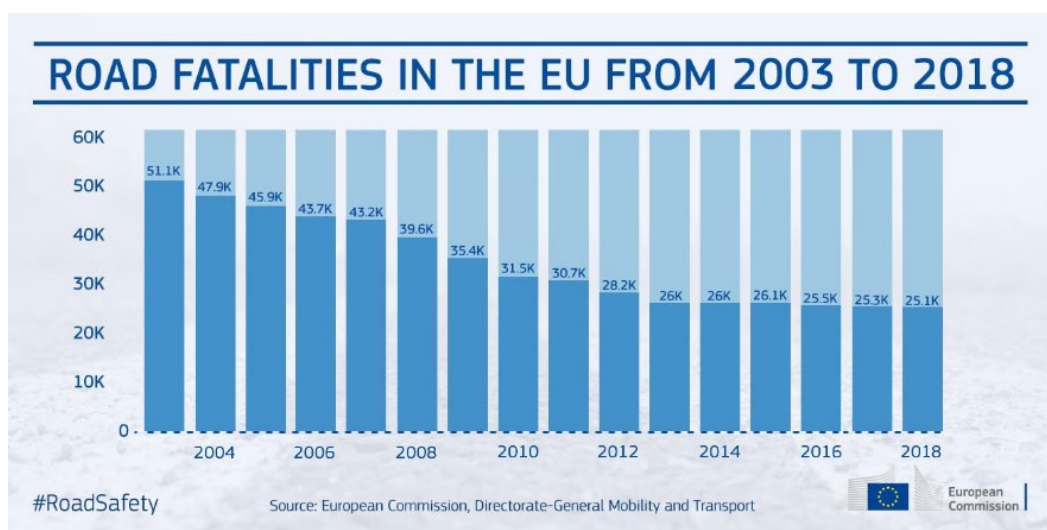
Στην **Ευρώπη** αν και τα τελευταία χρόνια η επίδοσή της σε θέματα **οδικής ασφάλειας** έχει σημειώσει σημαντική βελτίωση, συγκεκριμένα από το 2001 μέχρι το 2017 οι θάνατοι λόγω τροχαίων μειώθηκαν 57.5% ωστόσο η μείωση αυτή επιβραδύνεται και ο αριθμός των θυμάτων ανά έτος ξεπερνάει τις 25 χιλιάδες. Το 2018, οι χώρες της Ευρώπης με την υψηλότερη βαθμολογία σε θέματα οδικής ασφάλειας ήταν το Ηνωμένο Βασίλειο (28 θανάτους / εκατομμύριο κατοίκων), η Δανία (30 θανάτους / εκατομμύριο κατοίκων), η Ιρλανδία (31 θανάτους / εκατομμύριο κατοίκων) και η Σουηδία (32 θανάτους / εκατομμύριο κατοίκων), ενώ οι χώρες με την χαμηλότερη ήταν η Ρουμανία (96 θανάτους / εκατομμύριο κατοίκων), η Βουλγαρία (88 θανάτους / εκατομμύριο κατοίκων) και η Κροατία (77 θανάτους / εκατομμύριο κατοίκων) (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2019).

Η Επιρροή των Καιρικών Συνθηκών και της Πίεσης Χρόνου στην Οδική Ασφάλεια



Διάγραμμα 1.1: Διαφορά στους θανάτους λόγω οδικών ατυχημάτων στις χώρες της Ευρώπης από το 2010 έως το 2019. Πηγή: (European commission, 2020)

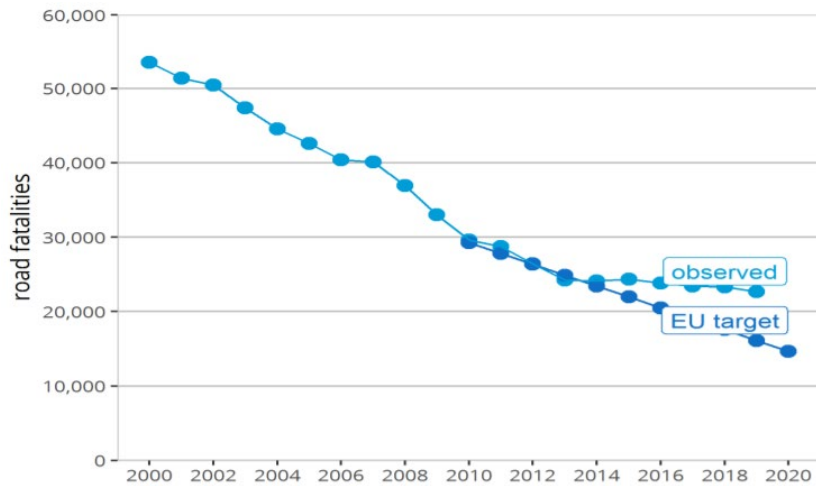
Η **Ελλάδα** έχει καταφέρει την τελευταία δεκαετία ένα από τα υψηλότερα ποσοστά μείωσης των θανάσιμων οδικών ατυχημάτων σε όλη την Ευρώπη συγκεκριμένα το δεύτερο μεγαλύτερο μετά την Νορβηγία.



Διάγραμμα 1.2: Θάνατοι από τροχαία ατυχήματα και σχετικές αλλαγές σε αυτούς από το 2010 μέχρι το 2018 Πηγή: (European commission, 2019)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση για τη **βελτίωση της οδικής ασφάλειας** έθεσε ως στόχο στην EU road safety policy framework (2021-2030) επιπλέον 50% μείωση των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων και των σοβαρών τραυματισμών στην Ευρώπη. Επίσης τον φιλόδοξο στόχο για το 2050 το μηδενισμό τους ('Vision Zero') (European Commission, 2019).

Η Επιρροή των Καιρικών Συνθηκών και της Πίεσης Χρόνου στην Οδική Ασφάλεια



Διάγραμμα 1.3: Θάνατοι λόγω οδικών ατυχημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το 2000 έως το 2019 σε σύγκριση με τον στόχο για το 2020. Πηγή: (European commission, 2020)

Αντίστοιχα στη χώρα μας, είχε εκπονηθεί 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 σχεδίου για τη βελτιωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα, 2011-2020, 2011)» (Κανελλαΐδης κ.α. 2011).



Διάγραμμα 1.4: Θάνατοι λόγω οδικών ατυχημάτων και θάνατοι λόγω οδικών ατυχημάτων ανά σύνολο κυκλοφορόντων οχημάτων στην Ελλάδα από το 2010 μέχρι το 2019. Πηγή: (ΕΛΣΤΑΤ, 2020)

Επίσης αν και το 2019 δεν υπήρξε καμία βελτίωση στους θανάτους από τροχαία ατυχήματα έχει επιτευχθεί σε σχέση με το 2010 μείωση 44% των θανάτων, 28% των τραυματισμών και 46% των θανάτων ανά σύνολο κυκλοφορόντων οχημάτων.

Η Επιρροή των Καιρικών Συνθηκών και της Πίεσης Χρόνου στην Οδική Ασφάλεια

Πίνακας 1.1: Τραυματισμοί, θάνατοι και αριθμός ατυχημάτων στην Ελλάδα λόγω τροχαίων από το 2010 μέχρι το 2019. Πηγή: (ΕΛΣΤΑΤ, 2020)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2019/2010
Injury Road accidents	15,032	13,849	12,398	12,109	11,690	11,440	11,318	10,848	10,737	10,762	-28%
Fatalities	1,258	1,141	988	879	795	793	824	731	700	699	-44%
Serious Injuries	1,709	1,626	1,399	1,212	1,016	999	879	706	727	636	-63%
Slight Injuries	17,399	15,633	14,241	13,963	13,548	13,097	12,946	12,565	12,422	12,059	-31%
Vehicle Fleet (x1000)	8,062	8,087	8,070	8,035	8,048	8,076	8,173	8,263	8,237	8,266	3%
Fatalities per million vehicles	156	141	122	109	99	98	101	88	85	85	-46%

Οι παράγοντες που επιδρούν στην οδική ασφάλεια κατά αυξανόμενη σειρά σπουδαιότητας είναι οι εξής (Φραντζεσκάκης & Γκόλιας, 1994):

➤ **Όχημα**

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

➤ **Οδός και περιβάλλον οδού**

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

➤ **Οι χρήστες της οδού**

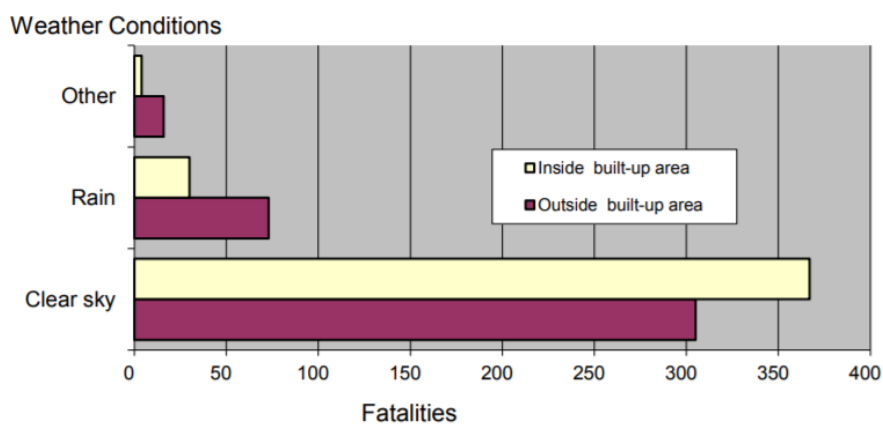
Ο άνθρωπος είτε ως οδηγός ή επιβάτης ενός οχήματος είτε πεζός αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα για τα οδικά ατυχήματα. Τα ατυχήματα που αποδίδονται στον χρήστη της οδού προκαλούνται κυρίως από την παράβαση των κανόνων οδικής κυκλοφορίας (λανθασμένη προσπέραση, στροφή ή στάση, απρόσεκτη οδήγηση, μέθη,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

Οι βασικότερες συνθήκες οδού και γενικότερα του οδικού περιβάλλοντος που θεωρείται ότι έχουν **επιρροή στην οδική ασφάλεια** είναι οι εξής:

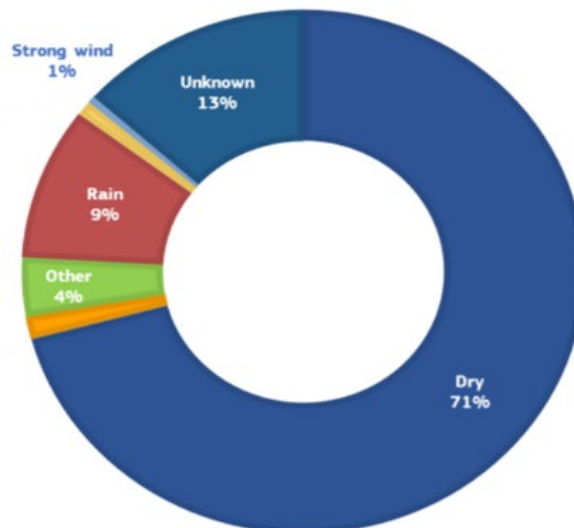
- **Ανεπαρκή γεωμετρικά χαρακτηριστικά**, όπως: λωρίδες κυκλοφορίας και ερείσματα με ανεπαρκές πλάτος, έλλειψη ή με μικρό πλάτος και ύψος μεσαίων διαχωριστικών νησίδων, ακατάλληλη διαμόρφωση κόμβων.
- **Χαμηλά πρότυπα κατασκευής**, που αφορούν ολισθηρά οδοστρώματα και ανεπαρκής αποστράγγιση υδάτων.
- **Κακή μελέτη, τοποθέτηση και κατασκευή παρόδιων στοιχείων** όπως: στύλων, στηθαίων, διαφημιστικών πινακίδων, δένδρων, αναχωμάτων κ.λπ.
- **Κακή οργάνωση της κυκλοφορίας** όπως: έλλειψη ή ανεπαρκής σήμανση, ανεπαρκής έλεγχος προσβάσεων (είσοδοι, έξοδοι) και στάθμευσης στην οδό.

- **Πλήρης έλλειψη ή ανεπάρκεια οδικού φωτισμού.**
- **Ανεπαρκής έλεγχος και σήμανση** κατά τη διάρκεια εργασιών στο οδόστρωμα.
- **Δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες**, όπως ομίχλη, βροχή, υγρές επιφάνειες, χιόνι και πάγος, σκόνη, καπνός κ.λπ.

Η αλληλεπίδραση των καιρικών συνθηκών και των υπόλοιπων παραγόντων οδικής ασφάλειας είναι σίγουρα ένα σύνθετο φαινόμενο, για αυτό το λόγο πολλές μελέτες περιλάμβαναν ή επικεντρώθηκαν στις επιπτώσεις τους στην εμφάνιση και σοβαρότητα των τροχαίων ατυχημάτων.



Διάγραμμα 1.4: Αριθμό θανατηφόρων ατυχημάτων με βάση τις καιρικές συνθήκες στην Ευρώπη το 2016 Πηγή: (CARE (EU road accidents database), 2016)



Διάγραμμα 1.5: Αριθμό θανατηφόρων ατυχημάτων με βάση τις καιρικές συνθήκες στην Ελλάδα εντός και εκτός κατοικημένης περιοχής το 2014 Πηγή: (ΕΛΣΤΑΤ, 2014)

Πίνακας 1.2: Τραυματισμοί, θάνατοι και θάνατοι ανά 100 ατυχήματα στην Ελλάδα λόγω τροχαίων με βάση τις καιρικές συνθήκες εντός και εκτός κατοικημένης περιοχής το 2014. Πηγή: (ΕΛΣΤΑΤ, 2014)

Weather Conditions	Fatalities				Road Accidents				Fatalities per 100 accidents		
	Inside built-up area	Outside built-up area	Total	%	Inside built-up area	Outside built-up area	Total	%	Inside built-up area	Outside built-up area	Total
Clear sky	367	305	672	85%	9,086	1,582	10,668	91%	4.0	19.3	6.3
Rain	30	73	103	13%	603	272	875	7%	5.0	26.8	11.8
Other	4	16	20	3%	97	50	147	1%	4.1	32.0	13.6
Total	401	394	795	100%	9,786	1,904	11,690	100%	4.1	20.7	6.8
%	50%	50%	100%		84%	16%	100%				

1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, **στόχο** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών και της πίεσης χρόνου στην οδική ασφάλεια σε αστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης.

Συγκεκριμένα θα **εξεταστούν** ο βαθμός στον οποίο η οδήγηση με διαφορετικές καιρικές συνθήκες (ευμενείς, με ομίχλη, με βροχή, με χιόνι) με και χωρίς πίεση χρόνου διατηρώντας τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του οδικού περιβάλλοντος σταθερά (αστική οδός, ίδια διαδρομή) σε συνάρτηση με ορισμένα χαρακτηριστικά του οδηγού (π.χ. οδηγική εμπειρία, ηλικία, φύλο κλπ.) και του τρόπου οδήγησης (π.χ. μέσος αριθμός στροφών κινητήρα) συμβάλλουν στη μεταβολή της ταχύτητας της διαδρομής, της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, της μέσης απόστασης από τα δεξιά, τη διακύμανση της σταθερότητας του τιμονιού, του μέσου χρόνου αντίδρασης, καθώς και της συνεπαγόμενης πιθανότητας εμπλοκής σε ατύχημα.

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 της διαδρομής, της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, της μέσης απόστασης από τα δεξιά, της διακύμανσης της σταθερότητας του τιμονιού, του μέσου χρόνου αντίδρασης, καθώς και της πιθανότητας να συμβεί ένα ατύχημα ως συνέπεια της οδήγησης με διαφορετικές καιρικές συνθήκες και με η χωρίς πίεση χρόνου.

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 η οδήγηση με διαφορετικές καιρικές συνθήκες με ή χωρίς πίεση χρόνου, σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του οδηγού, επηρεάζουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά της οδηγικής συμπεριφοράς του και την πιθανότητα να συμβεί κάποιο ατύχημα.

1.3 Μεθοδολογία

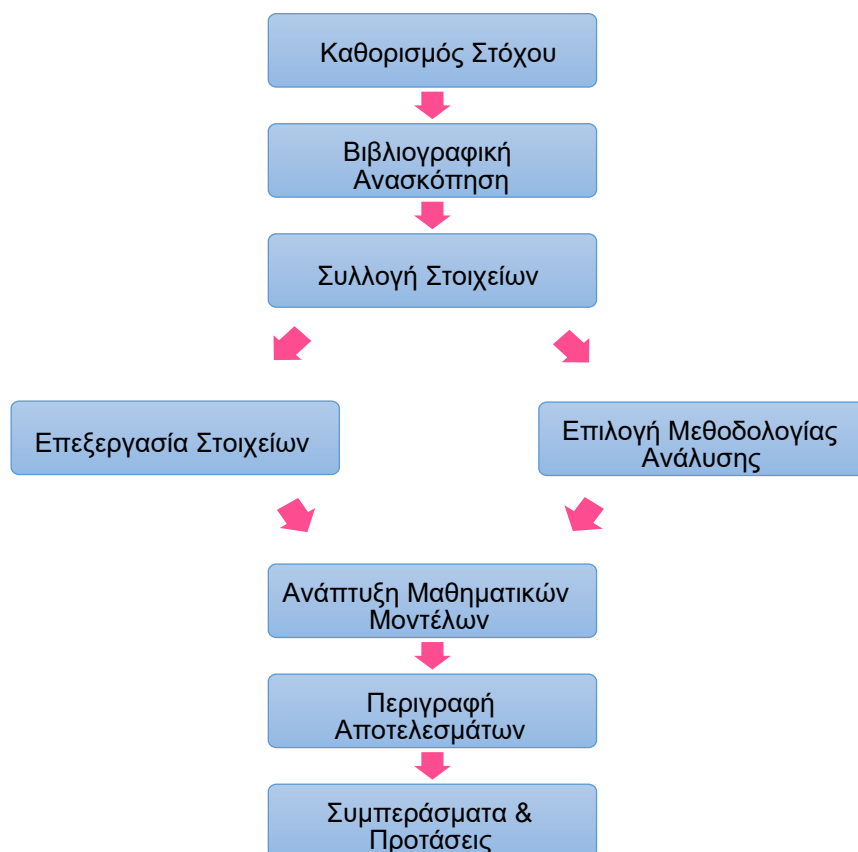
Για την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και την επίτευξη του τελικού στόχου, που παρατέθηκε στην προηγούμενη ενότητα, ακολουθήθηκε συγκεκριμένη μεθοδολογία, η οποία αναλύεται συνοπτικά παρακάτω.

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

Ακολούθησε η **συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων**. Στο σημείο αυτό αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί πείραμα στον προσομοιωτή που διαθέτει 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 17.0)

Την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου διαδέχτηκε η ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων και η **παρουσίαση των αποτελεσμάτων**, στο πλαίσιο της οποίας πραγματοποιήθηκε περιγραφή της επιρροής της οδήγησης σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες (ευμενείς καιρικές συνθήκες, ομίχλη, βροχή, χιόνι) και της πίεσης χρόνου στην ταχύτητα διαδρομής, στη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, στη μέση απόσταση από τα δεξιά, στη διακύμανση της σταθερότητας του τιμονιού, στο μέσο χρόνο αντίδρασης, καθώς και στην πιθανότητα να συμβεί ένα ατύχημα. Τέλος, προέκυψαν τα συμπεράσματα για τα συνολικά ερωτήματα της έρευνας.



Διάγραμμα 1.7: Διάγραμμα ροής των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας

Στη συνέχεια παρουσιάζονται υπό μορφή διαγράμματος ροής, τα διαδοχικά στάδια που ακολουθήθηκαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας (Διάγραμμα 1.7).

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Το **κεφάλαιο 1** αποτελεί την **εισαγωγή** της Διπλωματικής Εργασίας και έχει σκοπό να παρουσιάσει στον αναγνώστη το γενικότερο πλαίσιο του αντικειμένου με το οποίο ασχολείται. Αρχικά, αναφέρονται γενικά θέματα οδικής ασφάλειας όπως στατιστικά στοιχεία τροχαίων ατυχημάτων για όλο τον κόσμο, για την Ευρώπη και την Ελλάδα, αναλύονται οι παράγοντες που συμβάλλουν στα οδικά ατυχήματα δίνοντας ιδιαίτερη βάση στην επιρροή των καιρικών συνθηκών. Στη συνέχεια διευκρινίζεται ο στόχος που πρόκειται να επιτευχθεί με την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας και εν συνεχεία η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Και στο τέλος αναφέρεται το παρόν υποκεφάλαιο της δομής της Διπλωματικής Εργασίας.

Το **κεφάλαιο 2** περιλαμβάνει τη **βιβλιογραφική ανασκόπηση**. Δηλαδή παρουσιάζονται έρευνες που έχουν γίνει τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο με αντίστοιχο θέμα με την παρούσα διπλωματική εργασία. Καταγράφεται η επίδραση των καιρικών συνθηκών και

της πίεσης χρόνου στα οδικά ατυχήματα και γίνεται μια σύγκριση των αποτελεσμάτων και αξιολόγησή τους.

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

Στο **κεφάλαιο 4** περιγράφονται οι διαδικασίες της **συλλογής και επεξεργασίας** στοιχείων, στα οποία στηρίχτηκε η Διπλωματική Εργασία. Στην αρχή παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η εφαρμογή της πειραματικής διαδικασίας. Έν συνεχεία γίνεται αναφορά στον προσομοιωτή οδήγησης καθώς και στα πλεονεκτήματα και στα μειονεκτήματα της χρησιμοποίησής του. Επίσης αναλύεται η διαδικασία διαμόρφωσης της βάσης δεδομένων στο ειδικό στατιστικό λογισμικό. Τέλος επισημαίνονται τα κρίσιμα σημεία στη λειτουργία του λογισμικού και παρατίθενται οι διαδοχικές οθόνες εκτέλεσης της επεξεργασίας των στοιχείων.

Το **κεφάλαιο 5** περιλαμβάνει την αναλυτική **περιγραφή της μεθοδολογίας** που εφαρμόστηκε ως την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων και αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά κεφάλαια της διπλωματικής. Περιγράφονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας και η διαδικασία ανάπτυξης των μαθηματικών μοντέλων.

Στο **κεφάλαιο 6** παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που έχουν προκύψει από τα παραπάνω μαθηματικά μοντέλα. Επιπρόσθετα περιγράφονται προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας και για περαιτέρω έρευνα.

Το **κεφάλαιο 7** αποτελεί η βιβλιογραφία της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όπου περιλαμβάνει όλες τις πηγές που χρησιμοποιήθηκαν.

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνονται έρευνες με συναφή θέματα με την παρούσα διπλωματική εργασία, όπως και συναφείς μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν. Συγκεκριμένα **έρευνες για την επίδραση των καιρικών συνθηκών στην οδική ασφάλεια**, καθώς και **για την επιρροή της πίεσης χρόνου**. Η αναζήτηση τους πραγματοποιείται με σκοπό τη σύγκριση των αποτελεσμάτων τους και τον προσδιορισμό της καταλληλότερης μεθόδου που θα ακολουθηθεί για την ανάλυση σε επόμενο κεφάλαιο.

2.2 Συναφείς Έρευνες για την Επίδραση των Καιρικών Συνθηκών στην Οδική Ασφάλεια

2.2.1 Καιρικές συνθήκες

Ο καιρός είναι ένας περιβαλλοντικός **παράγοντας κινδύνου** που επηρεάζει τα ποσοστά σύγκρουσης και ατυχημάτων. Οι καιρικές συνθήκες καθορίζουν εν μέρει τις συνθήκες του δρόμου και τη συμπεριφορά του οδηγού. Ο κακός καιρός περιλαμβάνει: ομίχλη, βροχή, χιόνι, χιονόνερο, χαλάζι, ισχυρό άνεμο και υψηλές θερμοκρασίες. Στην Ευρώπη, το 1,4% των συνολικών θανάτων οφείλεται σε ομίχλη ή ομίχλη, 8,6% από βροχή, 0,8% από χιόνι, χιονόνερο ή χαλάζι, 0,6% από ισχυρό άνεμο (European Commission, 2018).

2.2.2 Βροχή

Πλήθος μελετών παρουσιάζουν ότι η αυξημένη βροχόπτωση συχνά συνδέεται με **αυξημένες συχνότητες ατυχημάτων** (Θεοφιλάτος & Γιαννής, 2014), (Chang & Chen, 2005), (Shankar, Mannering, & Barfield, 1995), (Keay & Simmonds, 2006), (Aguero-Valverde & Jovanis, 2006), (Andrey, Mills, Leahy, & Suggett, 2003)). Μάλιστα οι Brodsky & Hakkert (1988) ανέλυσαν ότι η βροχή θεωρείται ο σημαντικότερος παράγοντας καιρού που συμβάλλει στα τροχαία ατυχήματα. Μελέτη δείχνει ότι ο δείκτης των ατυχημάτων σε υγρό οδόστρωμα είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο σε στεγνό οδόστρωμα σε ποσοστό που κυμαίνεται από 50%-300%. (Φραντζεσκάκης & Γκόλιας , 1994). Επίσης οι Fridstrom κ.α. (1995) διαπίστωσαν ότι η βροχή συνδέεται και με αύξηση των τραυματιών από οδικά ατυχήματα.

Διάφορες έρευνες επικεντρώνονται στη σύνδεση της **συχνότητας** της βροχής με την οδική ασφάλεια. Ο Kauffman κ.α. (2012) διαπίστωσε ότι η καθημερινή βροχόπτωση σχετίζεται με χαμηλότερες συνολικές συγκρούσεις και θανάτους. Όπως και ο Eisenberg (2004) που έδειξε

ότι οι επιπτώσεις της βροχόπτωσης σε μια δεδομένη ημέρα μειώνονται όταν έχουν παρατηρηθεί κατακρημνίσεις τις προηγούμενες ημέρες, γεγονός που πιθανώς οφείλεται στην προσαρμογή του οδηγού.

Η εργασία «Weather Effects on Daily Traffic Accidents and Fatalities: A Time Series Count Data Approach» (Γιαννής & Καρλάφτης, 2010) επανεξέτασε το πρόβλημα των επιπτώσεων του καιρού σε ατυχήματα οχημάτων, θανάσιμα οχήματα, ατυχήματα πεζών και θανάτους πεζών και το αποτέλεσμα δείχνει οι αυξήσεις της βροχόπτωσης μειώνουν όλα τύπους συμβάντων το οποίο φαίνεται αντίθετο στη λογική μπορεί να αποδοθεί στην υπόθεση αντιστάθμισης ασφαλείας (με λιγότερη ταχύτητα κ.λπ.) και μπορεί επίσης να είναι χαρακτηριστικό των οδηγών της Νότιας Ευρώπης που δεν είναι εξοικειωμένοι με την οδήγηση σε υγρή κατάσταση συνθήκες.

Παρόμοιο αποτέλεσμα εξάχθηκε από «Explaining the road accident risk: Weather effects» ((Bergel-Hayat, Debbbarh, Yannis, & Antoniou, 2013)) όσον αφορά την Αθήνα ότι δηλαδή η βροχόπτωση μειώνει τον αριθμό των τροχαίων ατυχημάτων. Αυτό το εύρημα μπορεί να εξηγηθεί από τη μείωση της έκθεσης λόγω της μείωσης του όγκου κυκλοφορίας λόγω της βροχής. Η ίδια έρευνα δείχνει όμως θετική συσχέτιση της βροχόπτωσης με τον αριθμό των ατυχημάτων τραυματισμού (100 χιλιοστόμετρα επιπλέον βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια ενός μηνός αυξάνουν τον αριθμό των ατυχημάτων τραυματισμού τον μήνα αυτό κατά 0,2-0,3%) για ολόκληρη τη Γαλλία και τις Κάτω Χώρες.

Τα αποτελέσματα της μελέτης «Investigating the effects of monthly weather variations on Connecticut freeway crashes from 2011 to 2015» (Zhao, Wang, Liu, & Jackson, 2019) επιβεβαιώνουν ότι η υψηλή βροχόπτωση και η χαμηλή ορατότητα αυξάνουν την εμφάνιση συντριβής. Ωστόσο, είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι τα ατυχήματα ενός οχήματος φαίνεται να επηρεάζονται περισσότερο από τα καιρικά χαρακτηριστικά, ενώ τα ατυχήματα πολλαπλών οχημάτων συσχετίζονται περισσότερο με τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας. Μια πιθανή αιτία αποτελεί το γεγονός ότι οι λιγότερο ευνοϊκές καιρικές συνθήκες μπορεί να οδηγήσουν σε πιο προσεκτική συμπεριφορά οδήγησης, μείωση της κυκλοφορίας και άλλους παράγοντες που μπορεί να μειώσουν τα ατυχήματα.

2.2.3 Ομίχλη

Όσον αφορά την ομίχλη αρκετοί ερευνητές την συνδέουν με **αύξηση οδικών ατυχημάτων**, όπως οι Moore και Cooper ((1972) εκτιμούν ότι ο αριθμός των ατυχημάτων αυξήθηκε σε συνθήκες ομίχλης αν και ο όγκος κυκλοφορίας μειώθηκε κατά 20%. Επίσης η μελέτη «Investigating the effects of monthly weather variations on Connecticut freeway crashes from 2011 to 2015» (Zhao, Wang, Liu, & Jackson, 2019) επιβεβαιώνει τη συσχέτιση της

ομίχλης με την αύξηση των ατυχημάτων και παράλληλα τη συνδέει με τα θανατηφόρα ατυχήματα.

Επιπρόσθετα οι Abdel-Aty κ.α. (2011) μελέτησαν τις επιπτώσεις της χαμηλής ορατότητας λόγω ομίχλης και καπνού σε συγκρούσεις. Η **σοβαρότητα τραυματισμού** σε συνθήκες χαμηλής ορατότητας βρέθηκε να είναι υψηλότερη, ενώ οι επικείμενες συγκρούσεις ήταν μετωπικές. Ο Rosenfeld (1996) εκτιμά ότι ο αριθμός των ανθρώπων που πέθαναν σε οδικά ατυχήματα με την επίδραση ομίχλης ήταν περισσότερο από δύο φορές σε σύγκριση με τους συνολικούς θανάτους σε τυφώνες, κεραυνούς και ανεμοστρόβιλους στις ΗΠΑ κατά την περίοδο 1982-1991.

Ενδιαφέρον υπάρχει στις μελέτες που επικεντρώνονται στις **αιτίες οδικών ατυχημάτων** κατά τη διάρκεια ομίχλης. Αιτία βάσει των White & Jeffrey (1980) και Musk (1982) θεωρείται η διατήρηση της ταχύτητας του οχήματος χωρίς να αντιλαμβάνονται οι οδηγοί τον κίνδυνο λόγω της χαμηλής ορατότητας. Ο Miller (1967) με τη μελέτη του παρουσίασε μια ακόμη αιτία τη δυσκολία κατανόησης από τους οδηγούς της πραγματικής απόστασης από το προπορευόμενο όχημα.

Τέλος η ομίχλη αυξάνει και τον αριθμό των οχημάτων που εμπλέκονται στο ατύχημα. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια ομίχλης στο 50% των ατυχημάτων μπλέκονται περισσότερα από δύο οχήματα, ενώ υπό κανονικές συνθήκες το ποσοστό αυτό είναι της τάξης του 10% (Φραντζεσκάκης & Γκόλιας, 1994).

2.2.4 Χιόνι

Το χιόνι όπως δείχνουν και πολλές μελέτες αποτελεί μια **επικίνδυνη καιρική κατάσταση** που αυξάνει τον αριθμό και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων ((El-Basyouny & Kwon, 2012), (Fridstorm, 1999), (Andrey, Mills, Leahy, & Suggett, 2003), (Andreescu & Frost, 1998)).

Συγκεκριμένα ο **κίνδυνος ατυχήματος** είναι τέσσερις φορές υψηλότερος για χιονισμένη ή παγωμένη οδική επιφάνεια σε σύγκριση με την γυμνή επιφάνεια του οδοστρώματος (Salli, Lintusaari, Tiikkaja, & Pöllänen, 2008), ενώ βάσει άλλης μελέτης (COST Action 353, 2008) εκτιμάται πάνω από έξι φορές υψηλότερος. Έχει επίσης εκτιμηθεί ότι η επικινδυνότητα του χιονιού αυξάνεται ανάλογα με το πόσο σπάνια είναι η κατάσταση ((Bergström, 2003), (Sarjamo & Malmivuo, 2004), (Malmivuo & Kärki, 2002)).

Οι El-Basyouny & Kwon (2012) και Eisenberg & Warner (2005) κατέληξαν ότι η χιονόπτωση έχει ως αποτέλεσμα **περισσότερες συγκρούσεις** με υλικές ζημιές. Οι Fridstrøm, Ifver, Ingebrigtsen, Kulmala, & Thomsen (1995) διαπίστωσαν ότι η χιονόπτωση και οι παγετοί ενώ

αυξάνουν ορισμένα είδη συγκρούσεων φαίνεται να μειώνουν τις συγκρούσεις με τραυματισμούς.

2.2.5 Πίεση Χρόνου

Καταρχάς έχει διαπιστωθεί ότι τα χαρακτηριστικά που κατατάσσουν τη οδήγηση υπό πίεση χρόνου στις περισσότερες περιπτώσεις είναι η απόσταση μεταξύ των οχημάτων μετρημένη σε χρόνο (time headway), η ταχύτητα του οχήματος και η διαμήκης επιτάχυνση.

Σχετικά με την επιρροή της πίεσης χρόνου και της οδικής ασφάλειας δεν έχει διεξαχθεί πλήθος ερευνών όμως οι έρευνες που το έχουν μελετήσει δείχνουν **συσχέτιση** της βιασύνης **με τα οδικά ατυχήματα**.

Αναλυτικότερα η μελέτη «Hurried driving: Relationship to distress tolerance, driver anger, aggressive and risky driving in college students» (Beck, Daughters, & Ali, 2012) παρουσιάζει ότι οι οδηγοί που αναφέρουν ότι βιάζονται όταν οδηγούν τείνουν επίσης να είναι οδηγοί που αναφέρουν ότι εμπλέκονται σε μια ποικιλία επικίνδυνων οδηγικών δραστηριοτήτων. Επιπρόσθετα συνδέει την πίεση χρόνου στην οδήγηση και με την παραβίαση κίνησης. Συμπερασματικά η μελέτη συσχετίζει τη βιασύνη με ανοχή κινδύνου, επιθετική οδήγηση, **επικίνδυνη οδήγηση**, θυμό και συντριβές στις οδούς.

Παρόμοια αποτελέσματα έδειξαν και ο Dahlen κ.α. (2012) που διαπίστωσαν ότι σχετίζεται με την επιθετική οδήγηση και ότι η επιθετική οδήγηση σχετίζεται με ατυχήματα.

Τέλος ο Hotta κ.α. (2004) έχει αναφέρει ότι η βιαστική οδήγηση είναι **σοβαρός παράγοντας** της εμφάνισης τροχαίου ατυχήματος, καθώς υπάρχει μεγάλη συνάφεια μεταξύ της ψυχικής κατάστασης του οδηγού και των οδικών ατυχημάτων.

2.3 Προσομοιωτή οδήγησης

Οι προσομοιωτές οδήγησης επιτρέπουν την εξέταση μιας σειράς μέτρων απόδοσης οδήγησης σε **ελεγχόμενο**, σχετικά **ρεαλιστικό** και **ασφαλές περιβάλλον οδήγησης**. Πλήθος ερευνών παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματά τους.

Συγκεκριμένα βάσει Παπαντωνίου κ.α. (2013) οι προσομοιωτές οδήγησης παρέχουν ένα ασφαλές περιβάλλον για την εξέταση διαφόρων θεμάτων χρησιμοποιώντας **σενάρια πολλαπλών οχημάτων**, όπου ο οδηγός μπορεί να διαπραγματευτεί πολύ απαιτητικές καταστάσεις στο δρόμο.

Δεύτερον, μπορεί να εφαρμοστεί **μεγαλύτερος πειραματικός έλεγχος** σε προσομοιωτές οδήγησης σε σύγκριση με τις οδικές μελέτες, καθώς επιτρέπουν τον ακριβή προσδιορισμό του τύπου και της δυσκολίας των εργασιών οδήγησης και τυχόν εξουδετερωτικές μεταβλητές, όπως ο καιρός, για την εξάλειψη ή τον έλεγχο.

Επίσης το **κόστος τροποποίησης** του πιλοτηρίου ενός προσομοιωτή για την αξιολόγηση των νέων συστημάτων εντός του οχήματος μπορεί να είναι σημαντικά μικρότερο από την τροποποίηση ενός πραγματικού οχήματος.

Τέλος, ένας **μεγάλος αριθμός συνθηκών δοκιμής** (π.χ. νύχτα και μέρα, διαφορετικές καιρικές συνθήκες ή οδικά περιβάλλοντα) μπορεί να εφαρμοστεί στον προσομοιωτή με σχετική ευκολία και αυτές οι συνθήκες μπορεί να περιλαμβάνουν επικίνδυνες καταστάσεις οδήγησης που θα ήταν πολύ δύσκολες ή επικίνδυνες για δημιουργία κάτω από πραγματικές συνθήκες οδήγησης.

Ωστόσο διαφορετική μελέτη (Γκόλιας & Μπλάνα, 2002) παρουσιάζει ορισμένα **μειονεκτήματα** τους. Καταρχάς τα δεδομένα που συλλέγονται από έναν προσομοιωτή οδήγησης γενικά περιλαμβάνουν τα αποτελέσματα της εκμάθησης χρήσης του προσομοιωτή και μπορεί επίσης να περιλαμβάνουν τα αποτελέσματα της άμεσης παρακολούθησης από τον πειραματιστή. Δεύτερον, οι προσομοιωτές οδήγησης, ιδιαίτερα οι προσομοιωτές υψηλής πιστότητας, μπορεί να είναι πολύ ακριβοί στην εγκατάσταση.

Επιπρόσθετα η δυσφορία/ αδιαθεσία που μπορεί να προκαλέσει ο προσομοιωτής είναι ένα άλλο πρόβλημα και είναι ιδιαίτερα έντονο σε ηλικιωμένους οδηγούς (Παπαντωνίου, Παπαδημητρίου, & Γιαννής, 2013).

2.4 Σύνοψη

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η επιρροή των καιρικών συνθηκών στην οδική ασφάλεια έχει μελετηθεί αρκετά και οι περισσότερες μελέτες δείχνουν μεγάλη συσχέτιση του καιρού και της επικινδυνότητας των οδών.

Συγκεκριμένα συνοψίζοντας παρατηρείται ότι βάσει των περισσότερων μελετών η **βροχή** συνδέεται με **αύξηση των οδικών ατυχημάτων** και αύξηση των τραυματιών. Διαπιστώθηκε όμως ότι συνδέεται επίσης με πιο προσεκτική συμπεριφορά οδήγησης, **μείωση της κυκλοφορίας** και άλλους παράγοντες που μπορεί να μειώσουν τα ατυχήματα. Οπότε προκύπτει το συμπέρασμα ότι η **συχνότητα** της βροχής έχει άμεση σχέση με την οδική ασφάλεια, καθώς παρατηρείται ότι η ροή της κυκλοφορίας μειώνεται κατά τις πρώτες μέρες της βροχής, αλλά αυξάνεται και πάλι αργότερα στο σχεδόν κανονικό της επίπεδο. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι άνθρωποι ακύρωσαν αρχικά τις δραστηριότητές

τους, με αποτέλεσμα χαμηλότερη ροή. Ωστόσο, μετά από μερικές μέρες δεν ήταν πλέον σε θέση να συνεχίσουν να αναβάλλουν (μερικές) τις δραστηριότητές τους και αναγκάστηκαν να ταξιδέψουν.

Όσον αφορά την **ομίχλη** οι μελέτες δείχνουν ότι **αυξάνει** αρκετά τα **οδικά ατυχήματα**. Οι κύριες αιτίες εκτιμάται ότι είναι η διατήρηση της ταχύτητας του οχήματος χωρίς να αντιλαμβάνονται οι οδηγοί τον κίνδυνο λόγω της **χαμηλής ορατότητας** και η δυσκολία κατανόησης από τους οδηγούς της πραγματικής απόστασης από το προπορευόμενο όχημα.

Το **χιόνι** βάσει των μελετών θεωρείται από τις δυσμενέστερες συνθήκες, αφού ο κίνδυνος ατυχήματος για χιονισμένη ή παγωμένη οδική επιφάνεια είναι τουλάχιστον 4 φορές υψηλότερος σε σύγκριση με την γυμνή επιφάνεια του οδοστρώματος. Επιπλέον έχει εκτιμηθεί ότι η επικινδυνότητα του χιονιού αυξάνεται ανάλογα με το πόσο σπάνια είναι η κατάσταση.

Οι μελέτες δείχνουν ότι η **πίεση χρόνου** στην οδήγηση είναι σοβαρός παράγοντας της εμφάνισης οδικού ατυχήματος, καθώς συνδέεται άμεσα με επιθετική και **επικίνδυνη οδήγηση**.

Όμως επειδή δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες που να συγκρίνουν ταυτόχρονα βροχή, ομίχλη και χιόνι, όπως ακόμη λίγες μελέτες προσεγγίζουν την επίδραση της πίεσης χρόνου στα οδικά ατυχήματα χρειάζεται **περισσότερη ανάλυση**. Για να εξεταστούν οι διαφορετικές καιρικές συνθήκες και η βιασύνη επιλέχθηκε πείραμα στο **προσομοιωτή οδήγησης**, καθώς έτσι θα επιτραπεί η συλλογή μεγάλου πλήθους δεδομένων με μεγάλη ακρίβεια σε συνθήκες απόλυτης ασφάλειας για τον οδηγό. Η έρευνα θα συνδυαστεί με **χρήση ερωτηματολογίων** για τη συλλογή μερικών ακόμη στοιχείων, αφού τα ερωτηματολόγια επιτρέπουν την μεγάλη ποσότητα δεδομένων σε σύντομο χρονικό διάστημα. Τέλος επειδή η ομάδα του δείγματος πρέπει να είναι συμπαγής και με συγκεκριμένο μέγεθος η μελέτη θα εστιάσει σε νέους ηλικιακά οδηγούς στους οποίους κιάλας παρατηρείται αυξημένη πιθανότητα να εμπλακούν σε ατύχημα.

3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται το **θεωρητικό υπόβαθρο με βάση το οποίο θα πραγματοποιηθεί η στατιστική ανάλυση** της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Τα μαθηματικά πρότυπα που επιλέχθηκαν για να προκύψουν τα κατάλληλα αποτελέσματα είναι η γραμμική παλινδρόμηση (linear regression) που αποτελεί μια απλή και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο για τις συνεχείς εξαρτημένες μεταβλητές και η μέθοδος της διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης (binary logistic regression) για τις διακριτές εξαρτημένες μεταβλητές, καθώς λαμβάνουν μόνο δύο τιμές. Οι μεταβλητές αυτές συλλέγονται από την πειραματική διαδικασία του προσομοιωτή. Στη συνέχεια θα αναφερθούν ορισμένες βασικές στατιστικές έννοιες, κάποια επιπλέον θεωρητικά στοιχεία για τα προαναφερθέντα μαθηματικά πρότυπα και τα κριτήρια αποδοχής ενός προτύπου. Τέλος αναπτύσσονται κάποιες βασικές λειτουργίες του ειδικού στατιστικού λογισμικού το οποίο χρησιμοποιήθηκε (SPSS 21.0).

3.2 Μαθηματικά Πρότυπα

3.2.1 Γραμμικό μοντέλο

Η **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis) εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη της μιας από τις υπόλοιπες. 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. Η επιλογή της πιο κατάλληλης μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές ή διακριτό μέγεθος.

Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής και ακολουθεί κανονική κατανομή χρησιμοποιείται η μέθοδος της **γραμμικής παλινδρόμησης**. Την πιο απλή περίπτωση γραμμικής παλινδρόμησης αποτελεί 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 ο προσδιορισμός των παραμέτρων α και β ώστε να 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 .
- Ο όρος ϵ_i που λέγεται **σφάλμα παλινδρόμησης** (regression error) και αποτελεί τη διαφορά της τιμής y_i από τη δεσμευμένη μέση τιμή $E(Y|X= x_i)= \alpha+ \beta x_i$.

Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνονται οι εξής 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, $E(\epsilon_i)=0$ και $Var(\epsilon_i)= \sigma_\epsilon^2$

Οι υποθέσεις αυτές προσδιορίζουν χαρακτηριστικά πληθυσμών με κανονική κατανομή. Για αυτό και συνήθως σε προβλήματα γραμμικής παλινδρόμησης θεωρείται ότι η κατανομή της εξαρτημένης μεταβλητής y είναι κανονική.

Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή y εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία μεταβλητές x ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$), χρησιμοποιείται η **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** (multiple linear regression) και περιγράφεται ως εξής:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \epsilon_i.$$

Οι υποθέσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι ίδιες με εκείνες της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι απαραίτητο να ελεγχθεί αν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο. Επιπρόσθετα απαιτείται να εξασφαλιστεί **μηδενική συσχέτιση** των ανεξάρτητων μεταβλητών ($\rho(x_i, x_j) \forall i \neq j \rightarrow 0$).

3.2.2 Διωνυμικό λογιστικό μοντέλο

Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή (όπως το ενδεχόμενο να συμβεί κάποιο ατύχημα) χρησιμοποιείται η **λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης** για τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης και ταξινόμησης. 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 τύπο:

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

όπου:

- B_0 : η σταθερά του μοντέλου
- B_i : παραμετρικές εκτιμήτριες για τις ανεξάρτητες μεταβλητές ($\chi_i=1, \dots, n$ το σύνολο των εξαρτημένων μεταβλητών)

Η πιθανότητα κυμαίνεται από 0 έως 1, ενώ ο νεπέριος λογάριθμος $\ln(P/(1-P))$ κυμαίνεται από μείον άπειρο ως συν άπειρο. Τα μοντέλα λογισμικής 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 καταλήγουμε στην εξής νέα σχέση:

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

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

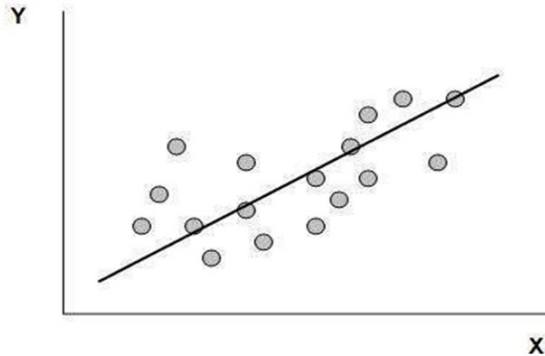
$$\frac{P_i}{1-P_i} = e^{B_0+B_i \chi_{i+1}} = e^{B_0} * e^{B_i \chi_i} * e^{B_i}$$

Άρα η πιθανότητα $P_i/(1-P_i)$ αυξάνεται κατά ένα συντελεστή e^{B_i} .

3.2.3 Εκτίμηση των παραμέτρων

Για να βρεθούν οι παραμέτροι του μοντέλου της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης χρησιμοποιείται η **μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων** (method of least squares). Ο προσδιορισμός των β_i , δίνει μια προσεγγιστική ευθεία, που συνδέει τις τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής y δοθεισών των τιμών της x . Η ευθεία που προκύπτει λέγεται **ευθεία παλινδρόμησης της y πάνω στη x** και στόχο έχει το άθροισμα των τετραγώνων των

κατακόρυφων αποστάσεων των σημείων (x,y) από την ευθεία να είναι ελάχιστο. Παρακάτω δίνεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα της ευθείας ελαχίστων τετραγώνων.



Διάγραμμα 3.1: Ευθεία ελαχίστων τετραγώνων

3.3 Διαδικασία Ανάπτυξης Και Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου

Η πρώτη από τις πιο **βασικές προϋποθέσεις** για τις τιμές της μεταβλητής Y που εξετάζονται πριν την ανάπτυξη ενός μοντέλου είναι η απαίτηση να ακολουθούν **κανονική κατανομή**.

Η **συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών** αποτελεί τη δεύτερη βασική προϋπόθεση. Δηλαδή οι ανεξάρτητες μεταβλητές θα πρέπει να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους, αλλιώς δεν είναι δυνατή η εξακρίβωση της επιρροής της κάθε μεταβλητής στο αποτέλεσμα. Αν, σε ένα μοντέλο για παράδειγμα εισαχθούν δύο μεταβλητές που σχετίζονται μεταξύ τους θα εμφανιστούν προβλήματα μεροληψίας και επάρκειας.

Μετά τη διαμόρφωσή του το μοντέλο αξιολογείται με κριτήρια: τα πρόσημα και τις τιμές των συντελεστών β της εξίσωσης, η στατιστική σημαντικότητα, η ποιότητα του μοντέλου και το σφάλμα της εξίσωσης.

Συγκεκριμένα για τους **συντελεστές της εξίσωσης**, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα λογικής ερμηνείας των πρόσημών τους. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντίθετα, αρνητικό πρόσημο συνεπάγεται μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που η ταχύτητα διαδρομής αποτελεί την ανεξάρτητη και οι χρονικοί διαχωρισμοί την εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου, θα πρέπει ο συντελεστής β της ταχύτητας να έχει αρνητικό πρόσημο. Η τιμή του συντελεστή θα πρέπει και αυτή να ερμηνεύεται λογικά, δεδομένου ότι αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής (x_i) κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά, τότε πρόκειται για την **ελαστικότητα** (elasticity). Η οποία 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:

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

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

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

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

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

Πίνακας 3.1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t

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

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 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 :

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

$$\text{Όπου: } R^2 = SSR/SST \quad \text{και} \quad SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από τη μεταβλητή X και 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 τις εξής τρεις προϋποθέσεις:

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

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 $L = \mathbf{\log(\text{likelihood})}$ αξίζει την αυξημένη πολυπλοκότητα και για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε το **Likelihood Ratio Test (LRT)** (κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας). Σύμφωνα με το κριτήριο του λόγου πιθανοφάνειών (LRT), εάν η διαφορά $LRT = -2 \times (L(b) - L(0))$, όπου $L(b)$

= L (μοντέλο με τις p μεταβλητές), ενώ $L(0)=L$ (μοντέλο χωρίς τις p μεταβλητές), είναι μεγαλύτερη από την τιμή του 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 και είναι ανάλογος του συντελεστή R^2 της απλής γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. 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), ενώ $L(0)=L$ (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 απορριπτή, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του ρ^2 .

Επίσης, το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης **ελέγχεται σε ποιο ποσοστό** 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.

3.4 Λειτουργία Του Ειδικού Στατιστικού Λογισμικού

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 όσες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο **Independent(s)** με τη σειρά που αναγράφονται εκεί.

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

➤ **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%.

4 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Αφού πραγματοποιήθηκε η βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αναπτύχθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο και οδήγησαν στην επιλογή των κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης, δηλαδή στην γραμμική και λογιστική παλινδρόμηση. Για την **πειραματική διαδικασία** με σκοπό τη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων επιλέχθηκε η χρήση **προσομοιωτή οδήγησης σε αστική οδό**. Με τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων αυτών θα επιτευχθεί ο στόχος της διπλωματικής, δηλαδή η επιρροή των καιρικών συνθηκών και της πίεσης χρόνου στη συμπεριφορά νέων οδηγών σε αστικές οδούς, με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης.

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται αρχικά το **πείραμα** και τα βασικά χαρακτηριστικά των στοιχείων που συλλέχθηκαν. Επιπρόσθετα αναφέρονται ορισμένα στοιχεία σχετικά με τη λειτουργία και τα χαρακτηριστικά του προσομοιωτή.

Ακολουθεί η **επεξεργασία των στοιχείων** δηλαδή η κωδικοποίηση των στοιχείων και ο τρόπος εισαγωγής τους στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διαδικασία η οποία οδήγησε στην τελική βάση δεδομένων. Τέλος δίνονται χαρακτηριστικά παραδείγματα του τρόπου επεξεργασίας των στοιχείων και των τρόπων αντιμετώπισης των διαφόρων προβλημάτων που προέκυψαν.

4.2 Το Πείραμα Στον Προσομοιωτή

4.2.1 Στόχος του πειράματος

Πειραματικά εξετάστηκε σε προσομοιωτή οδήγησης ο βαθμός στον οποίο η οδήγηση με διαφορετικές καιρικές συνθήκες και με πίεση χρόνου, σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του οδηγού και του οδικού περιβάλλοντος επιδρούν στη συμπεριφορά του οδηγού. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά του οδηγού, που εξετάστηκαν, αφορούν το φύλο, την ηλικία, την οδηγική εμπειρία κ.α.

4.2.2 Προσομοιωτής

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στον **προσομοιωτή οδήγησης** (Driving Simulation FPF) της γερμανικής εταιρείας Foerst που διαθέτει το Εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. για ερευνητικούς σκοπούς. Αποτελείται από τρεις οθόνες LCD40", θέση οδήγησης και βάση

υποστήριξης. Οι διαστάσεις σε πλήρη ανάπτυξη είναι 230 X 180 cm., ενώ το πλάτος βάσης 78cm.

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



Εικόνα 4.1, 4.2: Φωτογραφίες του προσομοιωτή οδήγησης

Μέσω υπολογιστή παράγεται το **εικονικό οδικό περιβάλλον** και απεικονίζει το οδόστρωμα και το οδικό περιβάλλον. Οι χρήστες πραγματοποιούν τη διαδρομή υπό συνθήκες που προσομοιώνουν ρεαλιστικά τις πραγματικές. Είναι προφανές ότι οι συνθήκες οδήγησης στον προσομοιωτή δεν μπορεί να είναι απολύτως όμοιες με εκείνες που αντιλαμβάνεται ο οδηγός σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας και ενδεχομένως να είναι περισσότερο έντονο στη βροχή, καθώς υπό πραγματικές συνθήκες ο οδηγός την αντιλαμβάνεται διαφορετικά σε σχέση με την οδήγηση στο προσομοιωμένο περιβάλλον. Ωστόσο, η αλλαγή συμπεριφοράς του οδηγού δεν επηρεάζει απαραίτητα τη σχετική επιρροή των διαφόρων παραμέτρων.

Επιπρόσθετα, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής μεταξύ πολλών οδικών συνθηκών, όσον αφορά: τον **τύπο της οδού** (υπεραστική οδός, αστική οδός, αυτοκινητόδρομος), τις **κυκλοφοριακές συνθήκες** (κανονικός κυκλοφοριακός φόρτος, αυξημένος κυκλοφοριακός

φόρτος) και το **περιβάλλον** (καλός καιρός, ομίχλη, βροχή, χιόνι, νύχτα). Παράλληλα, ανάλογα με τις απαιτήσεις του πειράματος, μπορεί να επιλεγεί η προσομοίωση διαφόρων **απρόοπτων συμβάντων**, όπως η εμφάνιση εμποδίου κατά τη διάρκεια της οδήγησης ή η μη αναμενόμενη πορεία κάποιου προπορευόμενου οχήματος σε προκαθορισμένα ή τυχαία σημεία της διαδρομής.



Εικόνα 4.3, 4.4: Εμφάνιση επικίνδυνων γεγονότων

Με το **ειδικό πληκτρολόγιο ελέγχου** ρυθμίζονται οι παραπάνω επιλογές στο λογισμικό του προσομοιωτή. Συγκεκριμένα για την περιήγηση στους διαφορετικούς καταλόγους επιλογών χρησιμοποιείται το πλήκτρο **Mode** και με το πλήκτρο **Line** γίνεται η περιήγηση εντός των επιλογών κάθε καταλόγου.



Εικόνα 4.5: Πληκτρολόγιο ελέγχου

Για την εκπόνηση του πειράματος, οι επιλογές καταλόγων που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

- ✦ Βασικός κατάλογος επιλογών (Free driving): επιλέχθηκε μια κυκλική διαδρομή εντός πόλης και έπειτα μια διαδρομή με ένα επικίνδυνο συμβάν
- ✦ Κατάλογος προκαθορισμένων σεναρίων: επιλεγόταν κάθε φορά το σενάριο οδήγησης που καλούταν να πραγματοποιήσει ο συμμετέχων

Κατά τη διάρκεια της οδήγησης καταγράφονται έως και 60 τιμές το δευτερόλεπτο για κάθε μεταβλητή. Τα δεδομένα αυτά **αποθηκεύονται αυτόματα** σε φάκελο στην επιφάνεια εργασίας(φάκελος D:\Logfiles).Για κάθε πείραμα δημιουργούνται δύο αρχεία. Τα αρχεία με την ονομασία Logfile περιέχουν τα δεδομένα που καταγράφηκαν σε κάθε διαδρομή και αυτά με την ονομασία ErrLog περιγράφουν ορισμένα χαρακτηριστικά της οδήγησης κατά τη διαδρομή αυτή.

Πίνακας 4.1: Πίνακας συλλεγόμενων μεταβλητών

Time	current real-time in milliseconds since start of the drive.
x-pos	x-position of the vehicle in m.
y-pos	y-position of the vehicle in m.
z-pos	z-position of the vehicle in m.
road	road number of the vehicle in [int].
richt	direction of the vehicle on the road in [BOOL] (0/1).
rdist	distance of the vehicle from the beginning of the drive in m.
rspur	track of the vehicle from the middle of the road in m.
ralpha	direction of the vehicle compared to the road direction in degrees.
dist	driven course in meters since begin of the drive.
speed	actual speed in km/h.
brk	brake pedal position in percent.
acc	gas pedal position in percent.
clutch	clutch pedal position in percent.
gear	chosen gear (0 = idle, 6 = reverse).

rpm	motor revolation in 1/min.
hway	headway, distance to the ahead driving vehicle in m.
dleft	Distance to the left road board in meter.
dright	Distance to the right road board in meter.
wheel	Steering wheel position in degrees.
thead	time to headway, i. e. to collision with the ahead driving vehicle, in seconds.
ttl	time to line crossing, time until the road border line is exceeded, in seconds.
ttc	time to collision (all obstacles), in seconds.
acclat	acceleration lateral, in m/s ²
acclon	acceleration longitudinal, in m/s ²
evvis	event-visible-flag/event-indication, 0 = no event, 1 = event.
evdist	event-distance in m.
errlno	number of the most important driving failure since the last data set
errlval	state date belonging to the failure, content varies according to type of failure.
err2no	number of the next driving failure (maybe empty).
err2val	additional date to failure 2.
err3no	number of a further driving failure (maybe empty).
err3val	additional date to failure 3.

4.2.3 Επιλογή σεναρίων οδήγησης

Ο προσομοιωτής ως εργαλείο για τη διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών και της πίεσης χρόνου στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού σε αστικές οδούς, παρέχει τη δυνατότητα επιλογής πλήθους σεναρίων οδήγησης 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 τέσσερα διαφορετικά σενάρια ως η πιο κατάλληλη λύση για την επίτευξη του στόχου αυτής της Διπλωματικής Εργασίας. Και τα τέσσερα αυτά σενάρια ουσιαστικά αποτελούνται από την ίδια διαδρομή, η οποία, όμως, θα παρουσιάζει διαφορές ανάλογα με το κάθε σενάριο. Η διαδρομή αυτή περιλαμβάνει οδήγηση σε **αστικό περιβάλλον μεγάλης πόλης** μήκους περίπου 1.5 χλμ. με όριο ταχύτητας 60χλμ/ώρα.

Το ψηφιακό αστικό περιβάλλον που παρέχεται από τον προσομοιωτή περιλαμβάνει σηματοδότες ελέγχου της κυκλοφορίας, κυκλικούς κόμβους, κινήσεις πεζών, καταστήματα με βιτρίνες και επερχόμενη κυκλοφορία. Συγκεκριμένα η διαδρομή περιείχε ακόμη έναν κυκλικό κόμβο, και 3 ακόμα διασταυρώσεις, ενώ δεν υπήρχε πουθενά κατά μήκος κλίση. Σε όλα τα σενάρια οι συνθήκες κυκλοφορίας ήταν οι ίδιες με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Ο διαχωρισμός στα σενάρια οδήγησης αφορά τις καιρικές συνθήκες και κάθε σενάριο αρχίζει χωρίς πίεση χρόνου και μετά το δεύτερο συμβάν υπάρχει πίεση χρόνου.

- ❖ Οδήγηση στο αστικό περιβάλλον με καλό καιρό χωρίς πίεση χρόνου αρχικά και στη συνέχεια με πίεση χρόνου



Εικόνα 4.6: Σενάριο πρώτο

- ❖ Οδήγηση στο αστικό περιβάλλον με ομίχλη χωρίς πίεση χρόνου αρχικά και στη συνέχεια με πίεση χρόνου



Εικόνα 4.7: Σενάριο δεύτερο

- ❖ Οδήγηση στο αστικό περιβάλλον με βροχή χωρίς πίεση χρόνου αρχικά και στη συνέχεια με πίεση χρόνου



Εικόνα 4.8: Σενάριο τρίτο

- ❖ Οδήγηση στο αστικό περιβάλλον με χιόνι χωρίς πίεση χρόνου αρχικά και στη συνέχεια με πίεση χρόνου



Εικόνα 4.9: Σενάριο τέταρτο

Αποφασίστηκε ότι ο ιδανικός αριθμός **επικίνδυνων γεγονότων** έτσι ώστε να υπάρχουν αρκετά δεδομένα και να μην συνηθίζει ο οδηγός, να είναι τρία, εκ των οποίων τα δύο πρώτα χωρίς πίεση χρόνου σε αντίθεση με το τρίτο συμβάν. Όλα τα συμβάντα πραγματοποιούνται σε συγκεκριμένα σημεία της διαδρομής τα οποία διαφέρουν ανά σενάριο. 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 και της πίεσης χρόνου στην οδηγική συμπεριφορά των συμμετεχόντων.

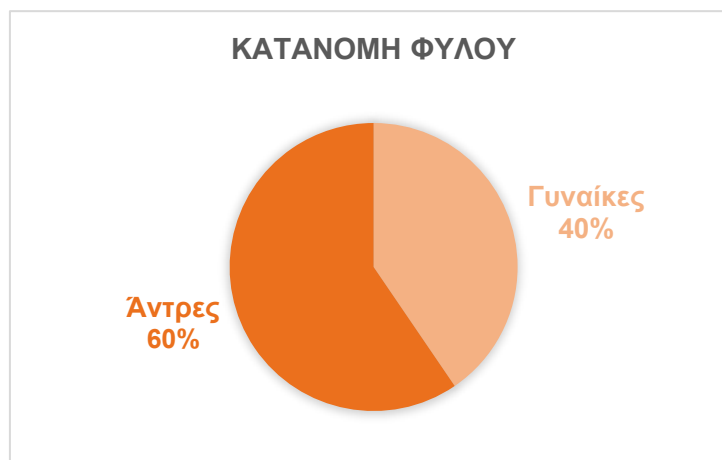
4.2.4 Συμμετέχοντες

Η **ομάδα δείγματος** πρέπει να είναι συμπαγής και με συγκεκριμένο μέγεθος και ήταν ευκολότερο να αποτελείται από **νέους οδηγούς** για αυτό και αποφασίστηκε η έρευνα μελετήσει τη συμπεριφορά νέων οδηγών. Επίσης στατιστικά στοιχεία δείχνουν ότι ο

κίνδυνος ατυχήματος σχετίζεται με την ηλικία του οδηγού. Οι νέοι ηλικιακά οδηγοί κατέχουν μικρότερη εμπειρία στην οδήγηση και έχουν την τάση να υπερεκτιμούν την προσωπική τους οδηγική ικανότητα. Για αυτούς τους λόγους, η επιλογή των συμμετεχόντων περιορίστηκε σε οδηγούς ηλικίας 20-30 ετών. Στο πείραμα έλαβαν μέρος 42 εθελοντές, 25 άντρες και 17 γυναίκες. Όλοι τους ήταν κάτοχοι διπλώματος οδήγησης, ενώ υπήρξε πληθώρα διαφορετικών ατόμων από άποψη προσωπικότητας και μορφώσεως, εκτός από τους φοιτητές του πολυτεχνείου, ώστε το πείραμα να είναι αντιπροσωπευτικό.



Γράφημα 4.1: Κατανομή ηλικιακής ομάδας των συμμετεχόντων



Γράφημα 4.2: Κατανομή φύλου των συμμετεχόντων

4.2.5 Υλοποίηση του πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε μεταξύ τέλη Οκτωβρίου και αρχές Δεκεμβρίου 2019. Οι 42 συμμετέχοντες πήραν μέρος στην έρευνα εθελοντικά και αφού συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο οδήγησαν τέσσερις φορές ο καθένας στον προσομοιωτή οδήγησης.

Οι προσομοιωτές οδήγησης δεν απεικονίζουν πλήρως ρεαλιστικά το περιβάλλον και τις συνθήκες οδήγησης (π.χ. βροχή, κρύο) και δεν λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με την πιθανή αλλαγή συμπεριφοράς του οδηγού. Με σκοπό τη μείωση των επιπτώσεων 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 δύο **δοκιμαστικές διαδρομές** πριν την έναρξη του πειράματος.

Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι τα σενάρια δεν εκτελούνταν με σταθερή σειρά, δηλαδή υιοθετήθηκε διαφορετικός συνδυασμός της αλληλουχίας των διαδρομών από τον κάθε ένα οδηγό. Η απόφαση αυτή βασίστηκε στο γεγονός ότι η εξοικείωση με τον προσομοιωτή κατά τη διάρκεια της εκπόνησης του πειράματος είναι πιθανό να αλλοιώνει τα αποτελέσματα, οδηγώντας για παράδειγμα σε αυξημένο αριθμό ατυχημάτων στο πρώτο σενάριο λόγω δυσκολίας προσαρμογής ή επικίνδυνη οδήγηση στο τελευταίο λόγω υπερεκτίμησης των προσωπικών δυνατοτήτων. Ο συντονιστής του πειράματος κατέγραφε την αλληλουχία των διαδρομών, καθώς και διάφορες παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Και στα τέσσερα σενάρια υπάρχουν δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση με δύο επικίνδυνα γεγονότα χωρίς χρονική πίεση, σε αντίθεση με τη δεύτερη φάση με ένα επικίνδυνο γεγονός και με χρονική πίεση.

4.3 Επεξεργασία Στοιχείων

4.2.6 Επεξεργασία ερωτηματολογίων

Αφού συμπλήρωσαν οι συμμετέχοντες τα **ερωτηματολόγια**, συλλέχθηκαν τα στοιχεία και κωδικοποιήθηκαν για να καταχωρηθούν στη βάση δεδομένων. Παρατίθεται το ερωτηματολόγιο με τις ονομασίες των μεταβλητών και τους κωδικούς των απαντήσεων σε παρένθεση με μπλε χρώμα.

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

1. Ημερομηνία πειράματος : _____
2. A/A συμμετέχοντα : _____
3. Ηλικία : _____ ετών (Age)
[Διαχωρισμός σε δύο ηλικιακές ομάδες(Age group) 18-23(1) 24-30(2)]
4. Φύλο : Άντρας Γυναίκα (Gender)
(0) (1)
5. Οδηγική εμπειρία (έτη) : 1 έως 3 4 έως 6 >7
(Exp) (1) (2) (3)
6. Τι _____ απόσταση διανύετε εβδομαδιαία με ι.χ. όχημα εντός πόλης;
(DURBANWEEKLY) χλμ
7. Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα με παθόντες;
(AccidentsWSuffers) (0)/(1)
8. Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα με υλικές ζημιές;
(AccidentsWDamages) (0)/(1)

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

	Με ομίχλη	Με βροχή	Με χιόνι
Περιορισμένη ορατότητα	(DangerousFogPoorVisibility) (0)/(1)	(DangerousRainPoorVisibility) (0)/(1)	(DangerousSnowPoorVisibility) (0)/(1)
Ολισθηρό οδόστρωμα	(DangerousFogSlipperyRoad) (0)/(1)	(DangerousRainSlipperyRoad) (0)/(1)	(DangerousSnowSlipperyRoad) (0)/(1)
Δυσκολία στο φρενάρισμα	(DangerousFogDifficultyInBraking) (0)/(1)	(DangerousRainDifficultyInBraking) (0)/(1)	(DangerousSnowDifficultyInBraking) (0)/(1)
Επικίνδυνη συμπεριφορά άλλων οδηγών	(DangerousFogOtherDriversDangerousBehavior) (0)/(1)	(DangerousRainOtherDriversDangerousBehavior) (0)/(1)	(DangerousSnowOtherDriversDangerousBehavior) (0)/(1)
Μειωμένος χρόνος αντίδρασης	(DangerousFogReducedReactionTime) (0)/(1)	(DangerousRainReducedReactionTime) (0)/(1)	(DangerousSnowReducedReactionTime) (0)/(1)
Πιθανή συγκέντρωση νερού στο οδόστρωμα	(DangerousFogPossibleConcentrationOfWaterOnThePavement) (0)/(1)	(DangerousRainPossibleConcentrationOfWaterOnThePavement) (0)/(1)	(DangerousSnowPossibleConcentrationOfWaterOnThePavement) (0)/(1)
Βλάβη στη μηχανή λόγω υγρασίας	(DangerousFogDamageToTheMachineDueToHumidity) (0)/(1)	(DangerousRainDamageToTheMachineDueToHumidity) (0)/(1)	(DangerousSnowDamageToTheMachineDueToHumidity) (0)/(1)

10. Πόσες φορές το χρόνο οδηγείτε με ομίχλη;

(TimesDrivingWithFogPerYear)

Καμία (0) 1 έως 4 (1) 5 έως 10 (2) >10 (3)

11. Πόσες φορές το χρόνο οδηγείτε με βροχή;

(TimesDrivingWithRainPerYear)

Καμία (0) 1 έως 4 (1) 5 έως 10 (2) >10 (3)

12. Πόσες φορές το χρόνο οδηγείτε με χιόνι;

(TimesDrivingWithSnowPerYear)

Καμία (0) 1 έως 4 (1) >4 (2)

13. Θα αποφεύγατε να οδηγήσετε:

	Ναι	Όχι	Ίσως
Με ομίχλη:(AvoidDrivingWithFog)	(2)	(0)	(1)
Με βροχή : (AvoidDrivingWithRain)	(2)	(0)	(1)
Με χιόνι : (AvoidDrivingWithSnow)	(2)	(0)	(1)

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

	Καθόλου	Λίγο	Μέτρια	Αρκετά	Πολύ
Με ομίχλη: (HowMuchChangeTheDrWFog)	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
Με βροχή : (HowMuchChangeTheDrWRain)	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
Με χιόνι : (HowMuchChangeTheDrWSnow)	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)

15. Κατά ποιόν τρόπο μεταβάλλετε την οδική σας συμπεριφορά όταν οδηγείτε με ομίχλη;
Και πόσο;

- Μειώνετε ταχύτητα και οδηγείτε πιο προσεκτικά
(FogReduceSpeedAndDriveMoreCarefully)
- Οδηγείτε στην άκρη του δρόμου
(FogDriveToTheEdgeOfTheRoad)

[καθόλου (0), λίγο (1),
αρκετά (2), πολύ (3)]

[καθόλου (0), λίγο (1),
αρκετά (2), πολύ (3)]

16. Κατά ποιόν τρόπο μεταβάλλετε την οδική σας συμπεριφορά όταν οδηγείτε με βροχή ;
Και πόσο;

- Μειώνετε ταχύτητα και οδηγείτε πιο προσεκτικά
(RainReduceSpeedAndDriveMoreCarefully)
- Οδηγείτε στην άκρη του δρόμου
(RainDriveToTheEdgeOfTheRoad)

[καθόλου (0), λίγο (1),
αρκετά (2), πολύ (3)]

[καθόλου (0), λίγο (1),
αρκετά (2), πολύ (3)]

17. Κατά ποιόν τρόπο μεταβάλλετε την οδική σας συμπεριφορά όταν οδηγείτε με χιόνι ;
Και πόσο;

- Μειώνετε ταχύτητα και οδηγείτε πιο προσεκτικά
(SnowReduceSpeedAndDriveMoreCarefully)
- Οδηγείτε στην άκρη του δρόμου
(SnowDriveToTheEdgeOfTheRoad)

[καθόλου (0), λίγο (1),
αρκετά (2), πολύ (3)]

[καθόλου (0), λίγο (1),
αρκετά (2), πολύ (3)]

18. Κατά πόσο μειώνετε την ταχύτητα σας όταν οδηγείτε :

Ταχύτητα (χλμ/ώρα)	Καθόλου	0-20	>20
Με ομίχλη : (ReduceSpeedWithFog)	(0)	(1)	(2)
Με βροχή : (ReduceSpeedWithRain)	(0)	(1)	(2)
Με χιόνι : (ReduceSpeedWithSnow)	(0)	(1)	(2)

19. Θεωρείτε την οδήγηση υπό ομίχλη επικίνδυνη ;

(DangerousFog) [όχι (0) ίσως (1) ναι (2)]

20. Θεωρείτε την οδήγηση υπό βροχή επικίνδυνη ;

(DangerousRain) [όχι (0), ίσως (1), ναι (2)]

21. Θεωρείτε την οδήγηση υπό χιόνι επικίνδυνη ;

(DangerousSnow) [όχι (0), ίσως (1), ναι (2)]

22. Θεωρείτε ότι γενικά οδηγείτε στην δεξιά άκρη του οδοστρώματος;

(DriveToTheEdgeOfTheRoad) (0)/(1)

23. Θεωρείτε ότι γενικά οδηγείτε άνω του ορίου κυκλοφορίας ;

(DriveUpTheLimits) (0)/(1)

24. Θεωρείτε ότι γενικά οδηγείτε προσεκτικά;

(DriveCarefully) (0)/(1)

25. Έχετε οδηγήσει υπό την πίεση του χρόνου ή κάποιου άλλου εξωτερικού παράγοντα;

Αν ναι πόσο συχνά;

(DriveUnderPressure) (0)/(1)

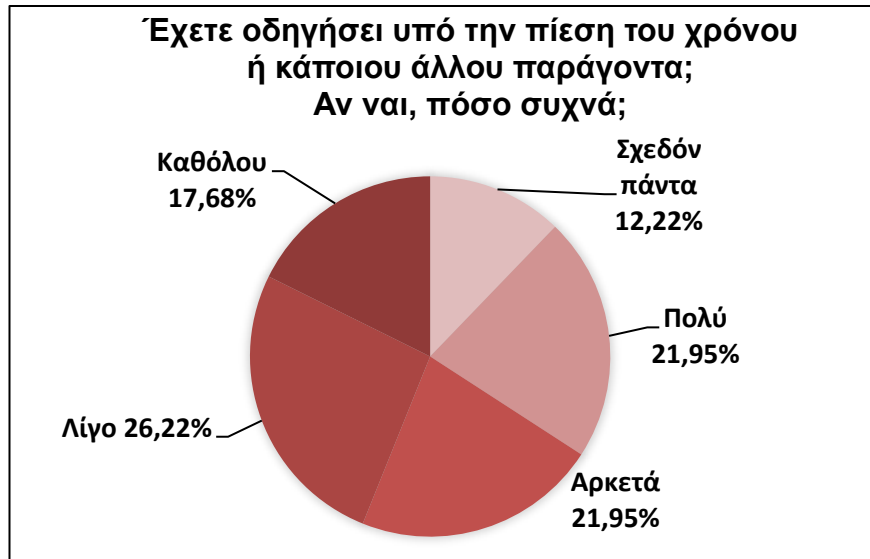
(IfYesHowOften) [Καθόλου (0), Λίγο (1), Αρκετά (2), Πολύ (3) Σχεδόν πάντα (4)]

Έπειτα από την κωδικοποίηση αυτή καταγράφηκαν τα στοιχεία και προστέθηκαν στη βάση δεδομένων.

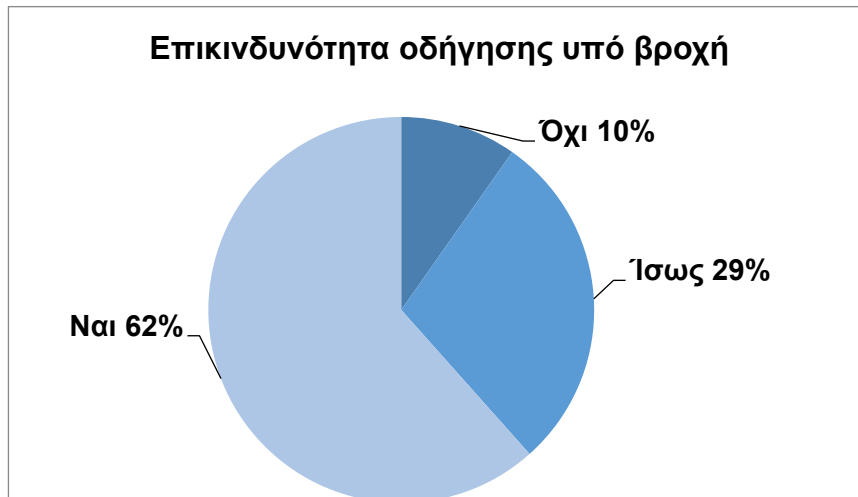
Person ID	Age	Age Group	Exp	GENDE R	DRIVE URBAN WEEKLY	ACCID ENTS WITH SUFFERERS	ACCID ENTS WITH DAMAGE	DANGE ROUS WFOG poor visibility	DANGE ROUS WFOG Slippery road
D01	24	2	2	0	350	0	1	1	1
D02	24	2	2	0	56	0	1	1	1
D03	22	1	1	0	1000	0	0	1	1
D04	20	1	1	0	300	0	1	1	1
D05	28	2	3	0	135	0	1	1	1
D06	26	2	1	0	800	0	0	1	1
D07	20	1	1	0	10	0	0	1	1
D08	24	2	1	0	10	0	0	1	1
D09	20	1	1	1	200	0	1	0	0
D10	24	2	2	1	30	0	0	1	1
D11	20	1	1	0	700	0	0	0	1
D12	23	1	1	0	30	0	0	0	1
D13	23	1	2	0	400	0	1	0	0
D14	20	1	1	0	60	0	1	1	1
D15	24	2	2	0	250	0	1	1	1
D16	26	2	3	0	1000	0	1	0	1
D17	26	2	2	1	2	0	0	0	1

Εικόνα 4.10: Απόσπασμα από την βάση δεδομένων από τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου

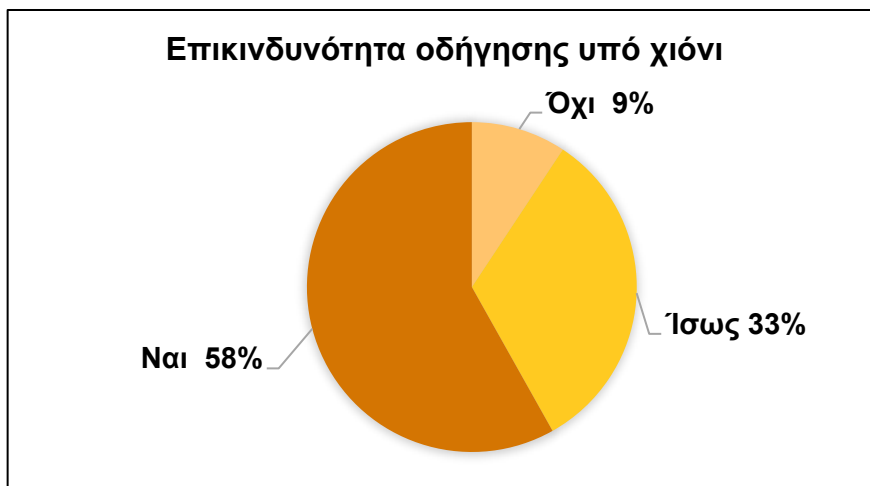
Βάση των στοιχείων που συλλέχθηκαν από τα ερωτηματολόγια παρουσιάζονται ενδεικτικά τα επόμενα γραφήματα. Παρατηρείται και από το γράφημα 4.3 ότι η μειοψηφία των συμμετεχόντων δεν οδηγεί υπό πίεση χρόνου. Αρκετό ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα διαγράμματα 4.4 και 4.5 καθώς η πλειοψηφία των συμμετεχόντων θεωρούν την οδήγηση με βροχή και την οδήγηση με χιόνι επικίνδυνες.



Γράφημα 4.3: Συχνότητα οδήγησης υπό πίεση χρόνου ή άλλου εξωτερικού παράγοντα



Γράφημα 4.4: Επικινδυνότητα οδήγησης υπό βροχή

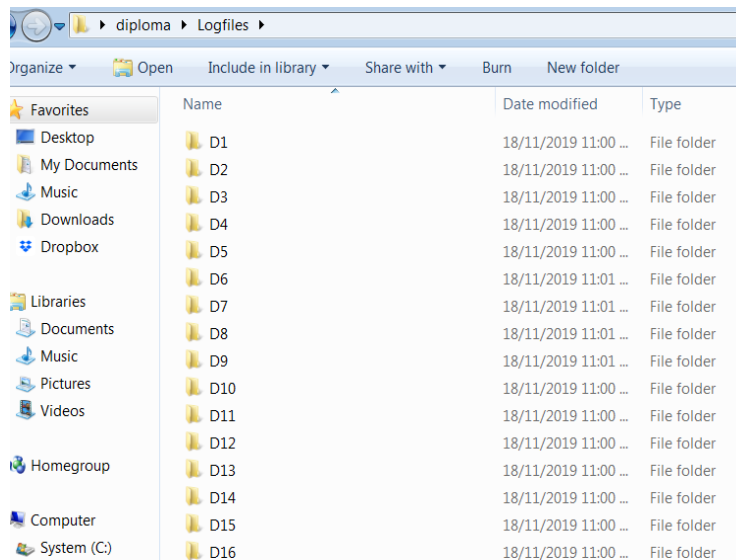


Γράφημα 4.5: Επικινδυνότητα οδήγησης υπό χιόνι

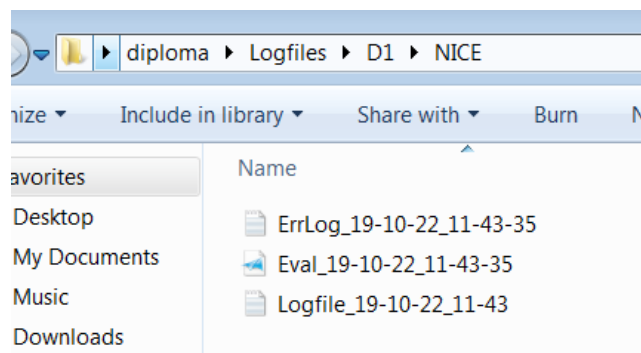
4.2.7 Επεξεργασία μετρήσεων προσομοιωτή

Κατά τη διάρκεια της οδήγησης, όπως έχει ήδη αναφερθεί, καταγράφονται έως και 60 τιμές το δευτερόλεπτο για κάθε μεταβλητή. Τα στοιχεία που καταγράφονται από το πείραμα **εξάγονται** σε μορφή κειμένου (*.txt) και για να γίνει δυνατή η επεξεργασία τους **μετατρέπονται** σε μορφή φύλλου εργασίας Excel.

Τα αρχεία **οργανώνονται** σε φακέλους ανά σενάριο και **ομαδοποιούνται** ανά συμμετέχοντα. (εικόνα 4.14) Στο κάθε φάκελο περιλαμβάνονται τα αρχεία διαδρομών Logfile*.txt και τα αρχεία με τα λάθη και τις παρατηρήσεις ErrLog*.txt. (εικόνα 4.15)



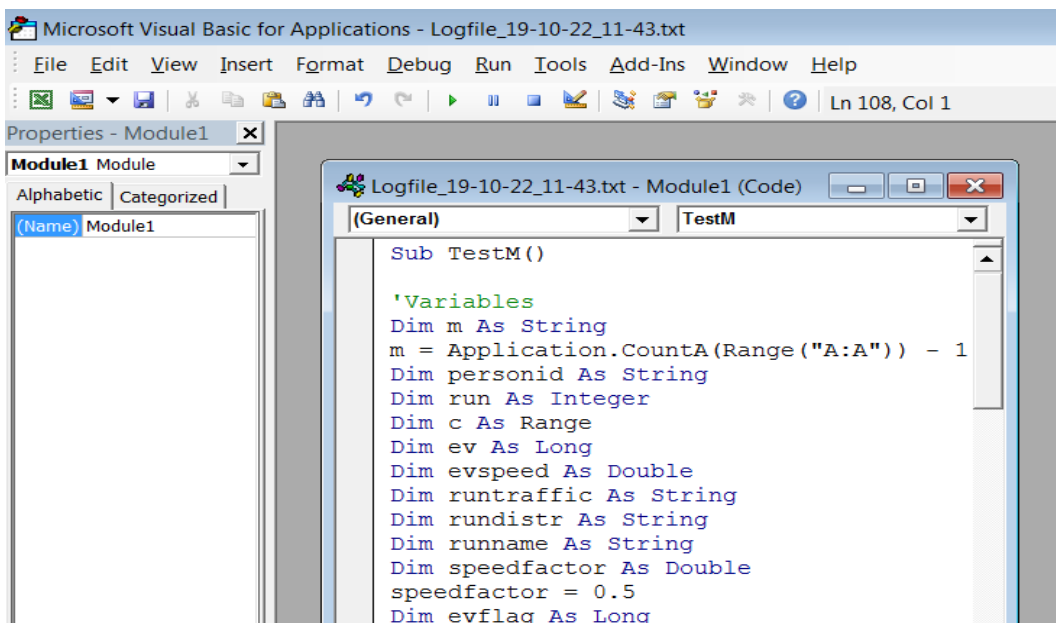
Εικόνα 4.14: Αρχεία οδηγιών από τις μετρήσεις του προσομοιωτή οδήγησης



Εικόνα 4.15: Αρχεία δεδομένων διαδρομών οδηγιών από τις μετρήσεις του προσομοιωτή οδήγησης

Αφού μετατραπούν σε φύλλο εργασίας Excel, χρησιμοποιείται **κώδικας** (εικόνα 4.16), μέσω του περιβάλλοντος ανάπτυξης Microsoft Visual Basic, λόγω του μεγάλου όγκου των καταγραφών. «Τρέχοντας» τον κώδικα προστέθηκαν πέντε νέες στήλες. Οι στήλες είναι οι παρακάτω και συμπληρώνονται όπως οι παρενθέσεις.

- PersonID : για την κωδικοποίηση των συμμετεχόντων (D01, D02,...,D42)
- Traffic : για την κωδικοποίηση του κυκλοφοριακού φόρτου όπου παντού είναι χαμηλός φόρτος (L)
- Distractor : για την κωδικοποίηση της οδήγησης με καλό καιρό (NICE), με ομίχλη (FOG), με βροχή (RAIN) και με χιόνι (SNOW).
- State : για την κωδικοποίηση των επικίνδυνων γεγονότων (Event 1, Event 2, Event 3), της μηδενικής ταχύτητας (SPEED 0), καθώς και όταν υπάρχει ταχύτητα χωρίς συμβάν(NO EVENT).
- Junction : για την κωδικοποίηση ύπαρξης διασταυρώσεων (Junction) ή μη (No Junction).



```
Microsoft Visual Basic for Applications - Logfile_19-10-22_11-43.txt
File Edit View Insert Format Debug Run Tools Add-Ins Window Help
Ln 108, Col 1
Properties - Module1
Module1 Module
Alphabetic Categorized
(Name) Module1
Logfile_19-10-22_11-43.txt - Module1 (Code)
TestM
Sub TestM()
'Variables
Dim m As String
m = Application.CountA(Range("A:A")) - 1
Dim personid As String
Dim run As Integer
Dim c As Range
Dim ev As Long
Dim evspeed As Double
Dim runtraffic As String
Dim rundistr As String
Dim runname As String
Dim speedfactor As Double
speedfactor = 0.5
Dim evflag As Long
```

Εικόνα 4.16: Απόσπασμα του κώδικα σε περιβάλλον ανάπτυξης Microsoft Visual Basic

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας που περιεγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο, δημιουργήθηκαν 4 αρχεία Excel για τον κάθε συμμετέχοντα, με το καθένα να αντιστοιχεί στις μετρήσεις του προσομοιωτή οδήγησης για το κάθε σενάριο ξεχωριστά, οπότε 168 συνολικά. Έπειτα για να δημιουργηθεί ένας **συγκεντρωτικός πίνακα με τις μετρήσεις** όλων των συμμετεχόντων εισήχθησαν όλα τα φύλλα εργασίας Excel στο σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων Microsoft Access με τη σειρά των συμμετεχόντων (Εικόνα 4.17).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	PersonID	Trial	Traffic	Distractor	State	Junction	Time	x-pos	y-pos	z-pos
2	D01	1	L	NICE	SPEED 0	No Junction	33	2.24	0	:
3	D01	1	L	NICE	SPEED 0	No Junction	50	2.24	0	:
4	D01	1	L	NICE	SPEED 0	No Junction	67	2.24	0	:
5	D01	1	L	NICE	SPEED 0	No Junction	83	802	0	:
6	D01	1	L	NICE	SPEED 0	No Junction	100	802	0	:
7	D01	1	L	NICE	SPEED 0	No Junction	117	802	0	:
8	D01	1	L	NICE	SPEED 0	No Junction	133	802	0	:
9	D01	1	L	NICE	SPEED 0	No Junction	167	802	0	:
10	D01	1	L	NICE	SPEED 0	No Junction	217	802	0	:
11	D01	1	L	NICE	SPEED 0	No Junction	233	802	0	:
12	D01	1	L	NICE	SPEED 0	No Junction	250	802	0	:
13	D01	1	L	NICE	SPEED 0	No Junction	267	802	0	:
14	D01	1	L	NICE	SPEED 0	No Junction	283	802	0	:
15	D01	1	L	NICE	SPEED 0	No Junction	300	802	0	:

Εικόνα 4.17: Απόσπασμα του φύλλου εργασίας Excel με τις μετρήσεις μετά την επεξεργασία του κώδικα

Με τη βοήθεια του εργαλείου «ερωτημάτων» δημιουργούνται τέσσερα **ερωτήματα**, με σκοπό την **επεξεργασία** του συγκεντρωτικού πίνακα. Τα δύο από αυτά, με τη βοήθεια των στηλών που αναφέρθηκαν προηγουμένως, υπολογίζουν μέσους όρους και τυπικές αποκλίσεις όλων των μεταβλητών που εξάγονται από τον προσομοιωτή οδήγησης εξαιρούμενων των μετρήσεων με μηδενικές ταχύτητες, επικίνδυνα συμβάντα και διασταυρώσεις.

Έτσι δημιουργούνται 4 γραμμές για κάθε συμμετέχοντα 4 για την οδήγηση χωρίς πίεση χρόνου και ακόμη 4 για την οδήγηση υπό πίεση χρόνου, από τις οποίες υπάρχει μία γραμμή για το κάθε σενάριο (NICE, FOG, RAIN, SNOW). Τα υπόλοιπα «ερωτήματα» έχουν σκοπό την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τα επικίνδυνα συμβάντα, τα οποία δε λήφθηκαν υπόψιν προηγουμένως. Έτσι, για το κάθε ένα συμβάν υπολογίζονται οι αντίστοιχοι μέσοι όροι και **δημιουργούνται οι στήλες με τον χρόνο αντίδρασης και αν συνέβη ατύχημα για κάθε επικίνδυνο συμβάν**. Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιείται δύο φορές, δηλαδή την πρώτη για την οδήγηση χωρίς πίεση χρόνου και τη δεύτερη με πίεση χρόνου που καταλήγουν σε δύο πίνακες.

4.4 Βάση Δεδομένων

Από τις παραπάνω διαδικασίες προκύπτουν δύο πίνακες λόγω διαφοροποίησης από την πίεση ή όχι του χρόνου, τους οποίους ενοποιούμε τοποθετώντας τους με τη σειρά των συμμετεχόντων πρώτα τις γραμμές χωρίς την πίεση χρόνου και ύστερα εκείνες με την πίεση χρόνου. Στη συνέχεια **κωδικοποιήθηκαν** στοιχεία που δεν είχαν αλφαριθμητική τιμή. Συγκεκριμένα Rush : χωρίς πίεση χρόνου σε 0 και με πίεση χρόνου σε 1. Επίσης η στήλη Expr2 που δήλωνε την εκάστοτε καιρική συνθήκη αντικαταστάθηκε με τέσσερις στήλες για τις διαφορετικές συνθήκες οι οποίες συμπληρώνονται με 1 όταν ικανοποιούνται, ενώ σε αντίθετη περίπτωση με 0 και είναι οι εξής:

- Nice : για τον καλό καιρό
- Fog : για την ομίχλη
- Rain : για την βροχή
- Snow : για το χιόνι

Person ID	Age	Age Group	Exp	Nice	Fog	Rain	Snow	Rush	TimeRun	Lateral Position
D01	24	2	2	1	0	0	0	0	02:47	2.25183
D01	24	2	2	0	1	0	0	0	02:57	1.18459
D01	24	2	2	0	0	1	0	0	02:37	2.03592
D01	24	2	2	0	0	0	1	0	03:07	2.42415
D01	24	2	2	1	0	0	0	1	00:56	4.89001
D01	24	2	2	0	1	0	0	1	01:02	5.00285
D01	24	2	2	0	0	1	0	1	00:58	3.32412
D01	24	2	2	0	0	0	1	1	01:32	2.08217
D02	24	2	2	1	0	0	0	0	02:28	2.45361
D02	24	2	2	0	1	0	0	0	03:00	1.90769
D02	24	2	2	0	0	1	0	0	02:47	2.21242
D02	24	2	2	0	0	0	1	0	04:01	2.59815
D02	24	2	2	1	0	0	0	1	00:45	5.16362
D02	24	2	2	0	1	0	0	1	00:38	4.79397
D02	24	2	2	0	0	1	0	1	01:03	5.272
D02	24	2	2	0	0	0	1	1	01:17	1.18092
D03	22	1	1	1	0	0	0	0	02:28	1.7522
D03	22	1	1	0	1	0	0	0	03:01	2.38486
D03	22	1	1	0	0	1	0	0	02:48	2.52116

Εικόνα 4.18: Απόσπασμα του φύλλου εργασίας Excel με την τελική βάση δεδομένων

4.5 Περιγραφικά Χαρακτηριστικά Δείγματος

Προκειμένου να επιλεγθούν οι καταλληλότερες μεταβλητές για τα μοντέλα πραγματοποιήθηκε μια βασική στατιστική ανάλυση των δεδομένων (Pivot Table). Με τον τρόπο αυτό αποκτήσαμε μια πρώτη εικόνα των συσχετίσεων μεταξύ ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών. Ενδεικτικά παρουσιάζονται ορισμένα περιγραφικά **χαρακτηριστικά του δείγματος** που προέκυψαν στους παρακάτω πίνακες.

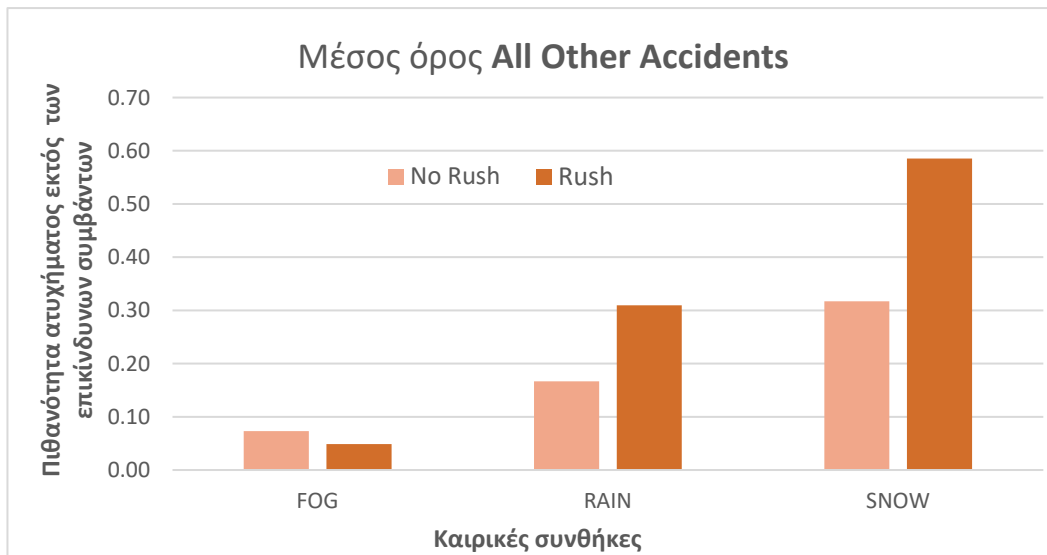
- Η **ταχύτητα οδήγησης** παρουσιάζει σημαντική μείωση υπό χιόνι σε σχέση με την οδήγηση υπό τις άλλες καιρικές συνθήκες, γεγονός που δείχνει ότι οι οδηγοί πιθανότατα καταλαβαίνουν την επικινδυνότητα της συγκεκριμένης καιρικής συνθήκης. (πίνακας 4.2)
- Η **απόσταση που διατηρείται από το προπορευόμενο όχημα** είναι μεγαλύτερη κατά την οδήγηση χωρίς πίεση χρόνου σε αντίθεση με την οδήγηση υπό χιόνι όπου η απόσταση μειοτοποιείται. (πίνακας 4.3)
- Η **πιθανότητα ατυχήματος** λόγω παραγόντων εκτός επικίνδυνων συμβάντων (π.χ. δυσκολία πέδησης ή κακό στρίψιμο σε απότομη στροφή) όταν δεν υπάρχει πίεση χρόνου αυξάνεται πολύ υπό βροχή, ενώ όταν δεν υπάρχει πίεση χρόνου αυξάνεται πολύ υπό χιόνι. (γράφημα 4.6)
- Η **πιθανότητα ατυχήματος** παρουσιάζει σημαντική αλλαγή με τις διαφορετικές καιρικές συνθήκες, με τη μεγαλύτερη αύξηση πιθανότητας ατυχήματος στην οδήγηση υπό χιόνι. (γράφημα 4.7)
- Η **μέση απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού** είναι ανάλογη της εμπειρίας οδήγησης. (γράφημα 4.8)

Πίνακας 4.2: Μέσος όρος ταχύτητας οδήγησης χωρίς και με πίεση χρόνου για όλες τις καιρικές συνθήκες

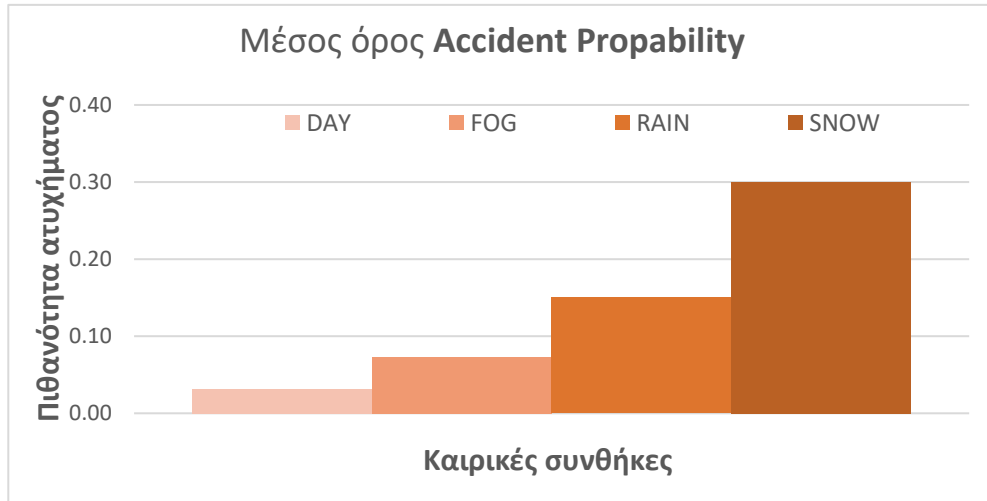
Μέσος όρος AverageSpeed(km/h)	No Rush	Rush
NICE	37.75	46.89
FOG	35.46	50.27
RAIN	35.13	44.43
SNOW	26.90	29.13
Γενικό Άθροισμα	33.79	42.67

Πίνακας 4.3: Μέσος όρος απόστασης από το προπορευόμενο όχημα χωρίς και με πίεση χρόνου

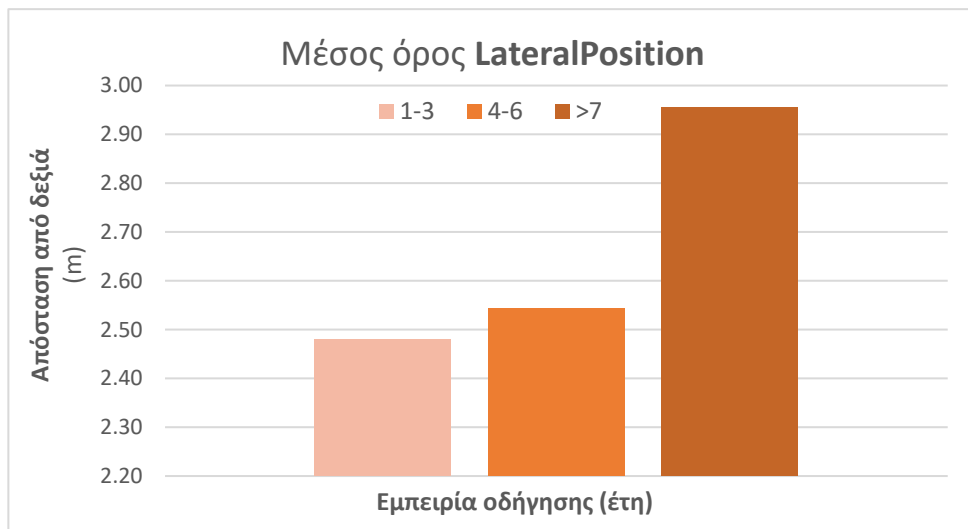
Μέσος όρος HWayAverage (m)	No Rush	Rush
NICE	121	67
FOG	97	80
RAIN	123	69
SNOW	168	70
Γενικό Άθροισμα	127	72



Γράφημα 4.6: Πιθανότητα ατυχήματος εκτός των επικίνδυνων συμβάντων για την κάθε καιρική συνθήκη με και χωρίς πίεση χρόνου



Γράφημα 4.7: Πιθανότητα ατυχήματος λόγω επικίνδυνων συμβάντων για την κάθε καιρική συνθήκη



Γράφημα 4.8: Απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού βάσει της εμπειρίας οδήγησης

5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται η μεθοδολογία της στατιστικής ανάλυσης που εφαρμόστηκε, καθώς και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτήν.

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης για τα μοντέλα της μέσης ταχύτητας οδήγησης, της μέσης απόστασης από τη δεξιά άκρη της οδού, της διακύμανσης της γωνίας στροφής του τιμονιού, του μέσου χρόνου αντίδρασης και της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, καθώς και με τη μέθοδο της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης για τα μοντέλα της πιθανότητας ατυχήματος εξαιτίας εμφάνισης επικίνδυνων γεγονότων και της πιθανότητας ατυχήματος λόγω άλλων παραγόντων. Έγινε προσπάθεια να προκύψουν στατιστικά σημαντικά μοντέλα τα οποία αναπτύχθηκαν μέσω του ειδικού στατιστικού πακέτου IBM SPSS 24 και μέσω πλήθους δοκιμών. Σε κάθε μοντέλο εξετάστηκε η επιρροή των **καιρικών συνθηκών** και στη πλειοψηφία των μοντέλων η επιρροή της πίεσης χρόνου.

Για κάθε μοντέλο παρουσιάζεται :

- Η μαθηματική σχέση (εξίσωσή) του
- Η εξήγηση των ανεξάρτητων μεταβλητών
- Η συσχέτιση και περιγραφική στατιστική των μεταβλητών
- Στοιχεία που αφορούν την ποιότητά του (συντελεστής προσδιορισμού ή έλεγχος κριτηρίου λογάριθμου πιθανοφάνειας)
- Στοιχεία που αφορούν την ελαστικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών
- Διαγράμματα από την ανάλυση ευαισθησίας
- Αποτελέσματα, περιγραφή και εξήγησή τους

5.2 Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στα μοντέλα

Οι **εξαρτημένες** μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στα μοντέλα που προέκυψαν είναι οι εξής:

- **Age:** Ηλικία (έτη) , (συνεχής μεταβλητή)
- **AgeGroup:** Ηλικιακή ομάδα [(18 έως 23 ετών) =1, (24 έως 30 ετών) =2] , (διακριτή μεταβλητή)
- **Exp:** Εμπειρία στην οδήγηση [(1 έως 3 έτη) =1, (4 έως 6 έτη) =2 (> 7 έτη) =3] , (διακριτή μεταβλητή)
- **Gender:** Φύλο (Άντρας =0, Γυναίκα =1) , (διακριτή μεταβλητή)
- **Rush:** Πίεση χρόνου (Ναι=1, Όχι=0) , (διακριτή μεταβλητή)
- **Fog:** Ομίχλη (Ναι=1, Όχι=0) , (διακριτή μεταβλητή)
- **Rain:** Βροχή (Ναι=1, Όχι=0), (διακριτή μεταβλητή)
- **Snow:** Χιόνι (Ναι=1, Όχι=0) , (διακριτή μεταβλητή)
- **TimesDrWRainPerYear:** Πόσες φορές ο συμμετέχων οδηγεί υπό βροχή στη διάρκεια ενός έτους [καμία =0, (1 έως 4 φορές) =1, (5 έως 10 φορές) =2, (>10 φορές) =3] , (διακριτή μεταβλητή)
- **FogDriveToTheEdgeOfTheRoad:** Πόσο κοντά στη δεξιά άκρη της οδού θεωρεί ο συμμετέχων ότι οδηγεί γενικά υπό ομίχλη [καθόλου =0, λίγο =1, αρκετά =2, πολύ =3] , (διακριτή μεταβλητή)
- **RainDriveToTheEdgeOfTheRoad:** Πόσο κοντά στη δεξιά άκρη της οδού θεωρεί ο συμμετέχων ότι οδηγεί γενικά υπό βροχή [καθόλου =0, λίγο =1, αρκετά =2, πολύ =3] , (διακριτή μεταβλητή)
- **SnowReduceSpeedAndDriveMoreCarefully:** Πόσο θεωρεί ο συμμετέχων ότι μειώνει ταχύτητα και οδηγεί πιο προσεχτικά γενικά υπό χιόνι [καθόλου =0, λίγο =1, αρκετά =2, πολύ =3], (διακριτή μεταβλητή)
- **SnowDriveToTheEdgeOfTheRoad:** Πόσο θεωρεί ο συμμετέχων ότι οδηγεί κοντά στη δεξιά άκρη της οδού γενικά υπό χιόνι [καθόλου =0, λίγο =1, αρκετά =2, πολύ =3], (διακριτή μεταβλητή)
- **DangerousSnowReducedReactionTime:** Αν θεωρεί ο συμμετέχων επικίνδυνο τυχόν μειωμένο χρόνο αντίδρασης υπό χιόνι [όχι =0, ναι =1], (διακριτή μεταβλητή)
- **AccidentsWDamage:** Αν ο συμμετέχων έχει εμπλακεί σε ατύχημα με υλικές ζημιές (Ναι=1, Όχι=0), (διακριτή μεταβλητή)
- **DriveUnderPressure:** Αν ο συμμετέχων θεωρεί ότι οδηγεί γενικά υπό πίεση χρόνου (Ναι=1, Όχι=0), (διακριτή μεταβλητή)
- **DriveUpTheLimits:** Αν ο συμμετέχων θεωρεί ότι γενικά οδηγεί πάνω από το όριο ταχύτητας (Ναι =1, Όχι =0) , (διακριτή μεταβλητή)

- **DriveCarefully:** Αν ο συμμετέχων θεωρεί ότι γενικά οδηγεί προσεχτικά (Ναι =1, Όχι =0) (διακριτή μεταβλητή)

5.3 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για τη Μέση Ταχύτητα Οδήγησης

5.3.1 Μαθηματικό Μοντέλο και Στατιστική Σημαντικότητα

Το γραμμικό μοντέλο για τη μέση ταχύτητα οδήγησης (km/h), το οποίο προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση ύστερα από πλήθος δοκιμών, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{AverageSpeed} = 40.563 - 2.716 \text{ Rain} - 14.465 \text{ Snow} + 8.896 \text{ Rush} + 1.090 \text{ Exp} - 3.710 \text{ Gender} + 2.472 \text{ DriveUpTheLimits} - 1.648 \text{ TimesDrWRainPerYear}$$

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα στοιχεία που εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. 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 και του Sig. μεγαλύτερο από 0,05 για να έχουν επίπεδο εμπιστοσύνης 95% . Επισημαίνεται ότι τα τελικά αποτελέσματα επελέγησαν έπειτα από **πολλές δοκιμές**.

Βάσει των στοιχείων των μεταβλητών του μοντέλου από τον Πίνακα 5.1, προκύπτουν κάποια σημαντικά αποτελέσματα. Ο παράγοντας της **βροχής** (Rain) και του **χιονιού** (Snow) έχουν αρνητικό πρόσημο. Αυτό συνεπάγεται ότι αύξηση της τιμής της μεταβλητής της βροχής ή του χιονιού έχει ως αποτέλεσμα μείωση της τιμής της ταχύτητας του οδηγού, διότι πιθανώς ο οδηγός να αναγνωρίζει την επικινδυνότητα της οδήγησης υπό τα καιρικά αυτά φαινόμενα και διατηρεί μικρότερες ταχύτητες για μείωση του κινδύνου.

Αντίθετα το θετικό πρόσημο της **εμπειρίας** (Exp), συνεπάγεται ότι αύξηση της τιμής της έχει ως αποτέλεσμα αύξηση της ταχύτητας. Αυτό λογικά συμβαίνει επειδή η μεγαλύτερη οδηγική εμπειρία δίνει μεγαλύτερη σιγουριά και ο οδηγός είναι πιο εξοικειωμένος να αναπτύσσει και μεγαλύτερες ταχύτητες.

Επίσης όσον αφορά στο **φύλο** (Gender) του οδηγού, όπου έχει αρνητικό πρόσημο δείχνει ότι οι γυναίκες συγκριτικά με τους άντρες διατηρούν μικρότερες ταχύτητες οδήγησης, το οποίο ήταν αναμενόμενο, αφού βάσει βιβλιογραφίας δείχνουν να είναι πιο προσεκτικές στην οδήγηση και να οδηγούν λιγότερο επικίνδυνα.

Όσον αφορά την παράμετρο από τα ερωτηματολόγια σχετικά με το **αν ο συμμετέχων θεωρεί ότι γενικά οδηγεί πάνω από το όριο ταχύτητας** (DriveUpTheLimits) παρατηρείται ότι όσοι απάντησαν θετικά οδηγούσαν με μεγαλύτερες ταχύτητες και στο πείραμα.

Τέλος από την παράμετρο του ερωτηματολογίου για τις **φορές που ο συμμετέχων οδηγεί υπό βροχή στη διάρκεια ενός έτους** (TimesDrWRainPerYear) συμπεραίνουμε ότι όσο αυξάνεται η τιμή της μειώνεται η ταχύτητα του οδηγού, το οποίο ίσως οφείλεται στην επίγνωση της επικινδυνότητας των μεγάλων ταχυτήτων.

Πίνακας 5.1: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	40.563	1.675		24.223	.000
Exp	1.090	.542	.072	2.011	.045
Gender	-3.710	.766	-.182	-4.845	.000
Rain	-2.716	.845	-.119	-3.215	.001
Snow	-14.456	.852	-.626	-16.973	.000
Rush	8.896	.694	.445	12.820	.000
DriveUpTheLimits	2.472	.741	.122	3.336	.001
TimesDrWRainPerYear	-1.648	.541	-.116	-3.047	.003

a. Dependent Variable: AverageSpeed

5.3.2 Ποιότητα μοντέλου

Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 του μοντέλου αποτελεί ένα κριτήριο για την ποιότητα του μοντέλου. Βάσει του πίνακα 5.2 δείχνει την ύπαρξη πολύ καλής προσαρμογής του μοντέλου, αφού έχει τιμή 0.616.

Πίνακας 5.2: Πίνακας ποιότητας μοντέλου

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,785 ^a	.616	.608	6.274
a. Predictors: (Constant), TimesDrWRainPerYear, Rain, Rush, Exp, DriveUpTheLimits, Snow, Gender				

5.3.3 Βαθμός επιρροής μεταβλητών

Για να γίνει αντιληπτός ο **βαθμός επιρροής** των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή υπολογίστηκε η ελαστικότητα e για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή και ο βαθμός e^* της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη.

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.3 το **χιόνι** έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στη ταχύτητα με -13,27 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την αντίστοιχη μεταβλητή της εμπειρίας του οδηγού, η οποία έχει τη πιο μικρή επιρροή. Το γεγονός αυτό θεωρείται λογικό, αφού το χιόνι θεωρείται η πιο επικίνδυνη καιρική συνθήκη και υπάρχει μικρότερη εμπειρία και μεγαλύτερος φόβος στην Ελλάδα όσον αφορά την οδήγηση υπό χιόνι άρα κατά συνέπεια και μικρότερες ταχύτητες.

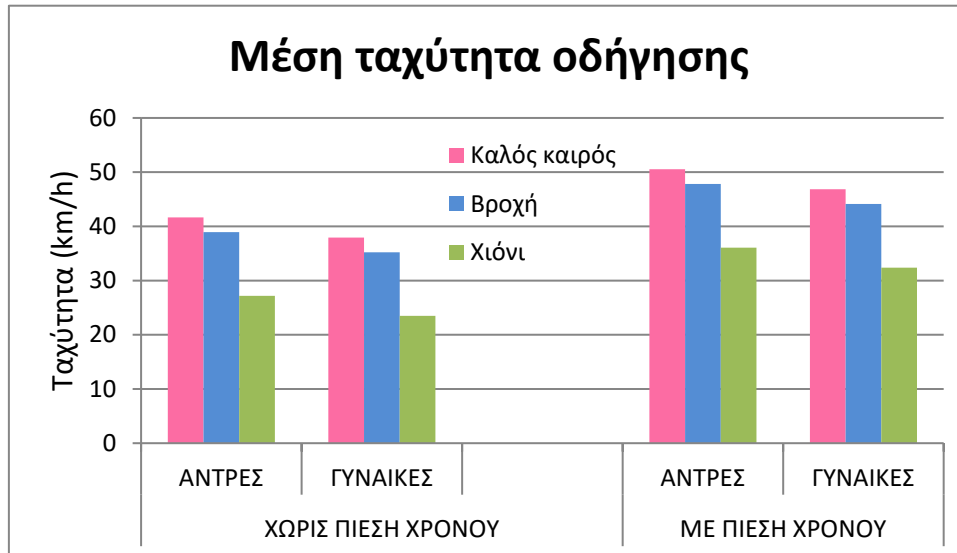
Η μεταβλητή της **πίεσης χρόνου** είναι η αμέσως επόμενη σε μέγεθος τιμή η οποία έχει 8,16 φορές μεγαλύτερη επιρροή. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο, αφού σύμφωνα και με τη βιβλιογραφία η πίεση χρόνου σχετίζεται άμεσα με την ταχύτητα.

Πίνακας 5.3: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών

	B	e	e*
(Constant)	40,563		
Rain	-2,716	-0,07	-2,49
Snow	-14,456	-0,36	-13,26
Rush	8,896	0,22	8,16
Gender	-3,710	-0,09	-3,40
Exp	1,090	0,03	1,00
DriveUpTheLimits	2,472	0,06	2,27
TimesDrWRainPerYear	-1,648	-0,04	-1,51

5.3.4 Ανάλυση ευαισθησίας

Για να γίνει πιο κατανοητή η επίδραση των διαφορετικών καιρικών συνθηκών αλλά και της πίεσης χρόνου για τα δύο φύλα στην μέση ταχύτητα οδήγησης χρησιμοποιήθηκε η **ανάλυση ευαισθησίας** και δημιουργήθηκε το διάγραμμα 5.1.



Διάγραμμα 5.1: Επίδραση των καιρικών συνθηκών και της πίεσης χρόνου για άντρες/γυναίκες οδηγούς (Exp=1, DriveUpTheLimits=0, TimesDrWRainPerYear=0)

Παρατηρείται λοιπόν ότι η **βροχή** και το **χιόνι** οδηγούν σε σημαντική μείωση της ταχύτητας οδήγησης. Αντίθετα η **πίεση χρόνου** αυξάνει για κάθε καιρική συνθήκη την ταχύτητα. Επίσης γίνεται κατανοητό ότι οι γυναίκες διατηρούν συνολικά μικρότερες ταχύτητες σε σύγκριση με τους άντρες οδηγούς.

5.4 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για τη Μέση Απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού

5.4.1 Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

Το γραμμικό μοντέλο για τη μέση απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού, το οποίο προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση ύστερα από πλήθος δοκιμών, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\begin{aligned} \text{LateralPosition} = & 5.286 - 0.273 \text{ Fog} - 0.301 \text{ Rain} - 1.182 \text{ Snow} + 1.401 \text{ Rush} + 0.444 \\ & \text{Exp} - 0.153 \text{ Age} - 0.816 \text{ RainDriveToTheEdgeOfTheRoad} - 0.425 \\ & \text{FogDriveToTheEdgeOfTheRoad} \end{aligned}$$

Στον πίνακα 5.4 παρουσιάζονται τα στοιχεία που εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Οι τιμές του t test για κάθε μεταβλητή είναι μεγαλύτερες από 1,7 οπότε έχουν επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, όμως από τις τιμές του Sig. εμφανίζεται και τιμή μεγαλύτερη από 0,05 με επίπεδο εμπιστοσύνης 90%. Επισημαίνεται ότι τα τελικά αποτελέσματα επελέγησαν έπειτα από πολλές δοκιμές.

Τα αποτελέσματα τα οποία προκύπτουν από το μαθηματικό μοντέλο παρουσιάζουν λογική ερμηνεία και κρίνεται χρήσιμο να αναλυθούν. Η **ομίχλη** (Fog) μειώνει την πλευρική απόσταση από δεξιά, γεγονός που πιθανώς οφείλεται στο αίσθημα του φόβου της οδήγησης υπό επικίνδυνες καιρικές συνθήκες. Όπως συμβαίνει και με τη **βροχή** (Rain) και το **χιόνι** (Snow).

Αντίθετα όσο αυξάνεται η **πίεση χρόνου** (Rush) αυξάνεται και η απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού, είναι εμφανές από το πρόσημο που είναι θετικό. Αυτό αποτελεί ένα λογικό συμπέρασμα αφού και βάσει βιβλιογραφίας η πίεση χρόνου συνδέεται με την έλλειψη προσοχής και την επιθετική οδήγηση.

Η μεταβλητή που αφορά την **εμπειρία** (Exp) του συμμετέχων στην οδήγηση έχει θετικό πρόσημο, γεγονός που ίσως οφείλεται στην αντίληψη σε υψηλότερο βαθμό της ασφάλειας κοντά στη δεξιά άκρη της οδού. Η **ηλικία** (Age) όμως είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης αυτής, πιθανότατα από τη μεγαλύτερη σιγουριά που αισθάνονται.

Ακόμη σχετικά με τις μεταβλητές από το ερωτηματολόγιο παρατηρείται ότι **όσο περισσότερο δηλώνει ο οδηγός ότι οδηγεί κοντά στο δεξιά οδόστρωμα υπό βροχή** (RainDriveToTheEdgeOfTheRoad) και **υπό ομίχλη** (FogDriveToTheEdgeOfTheRoad) τόσο μεγαλώνει η μέση απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού.

Πίνακας 5.4: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου με επίπεδο εμπιστοσύνης 90% και 95%

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	5.286	.718		7.366	.000**
Exp	.444	.114	.223	3.887	.000**
Fog	-.273	.154	-.090	-1.777	.077*
Rain	-.301	.153	-.100	-1.969	.050**
Snow	-1.182	.154	-.389	-7.693	.000**
Rush	1.401	.108	.533	12.982	.000**
RainDriveToTheEdgeOfTheRoad	-.816	.212	-.162	-3.847	.000**
FogDriveToTheEdgeOfTheRoad	-.425	.139	-.134	-3.053	.002**
Age	-.153	.035	-.258	-4.404	.000**

a. Dependent Variable: LateralPosition

* Επίπεδο εμπιστοσύνης 90%

** Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

5.4.2 Ποιότητα μοντέλου

Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 του μοντέλου αποτελεί ένα κριτήριο για την ποιότητα του μοντέλου. Βάσει του πίνακα 5.5 δείχνει την ύπαρξη καλής προσαρμογής του μοντέλου, αφού έχει τιμή 0.463.

Πίνακας 5.5: Πίνακας ποιότητας μοντέλου

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.680 ^a	.463	.449	.977

a. Predictors: (Constant), FogDriveToTheEdgeOfTheRoad, Rush, Snow, RainDriveToTheEdgeOfTheRoad, Exp, Fog, Rain, Age

5.4.3 Βαθμός επιρροής μεταβλητών

Για να γίνει αντιληπτός ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή υπολογίστηκε η ελαστικότητα e για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή και ο βαθμός e^* της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη.

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.6 η **πίεση χρόνου** έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στη μέση απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού με -9,16 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την αντίστοιχη μεταβλητή της εμπειρίας του οδηγού, η οποία έχει τη πιο μικρή επιρροή. Το αποτέλεσμα αυτό πιθανά οφείλεται στην άμεση συσχέτιση της πίεσης χρόνου με την επιθετική οδήγηση και την έλλειψη φόβου άρα διατήρηση μεγαλύτερων αποστάσεων από τη δεξιά άκρη της οδού.

Επιπρόσθετα η μεταβλητή του **χιονιού** είναι η αμέσως επόμενη σε μέγεθος τιμή, η οποία έχει 7,73 φορές μεγαλύτερη επιρροή. Ενδεχομένως οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει μικρότερη εμπειρία στην Ελλάδα όσον αφορά την οδήγηση υπό χιόνι συγκριτικά και με άλλες επικίνδυνες καιρικές συνθήκες όπως την ομίχλη και το χιόνι άρα κατά συνέπεια και μεγαλύτερος φόβος ο οποίος οδηγεί σε διατήρηση μικρότερων αποστάσεων από τη δεξιά άκρη της οδού.

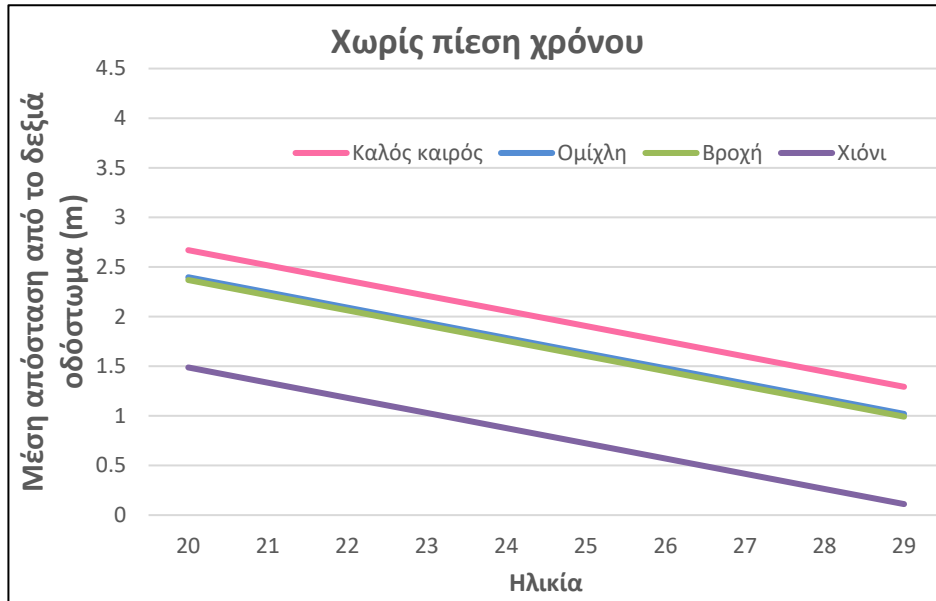
Πίνακας 5.6: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών

	B	e	e*
(Constant)	5,286		
Fog	-0,273	-0,07	1,78
Rain	-0,301	-0,08	1,97
Snow	-1,182	-0,32	7,73
Rush	1,401	0,38	-9,16
RainDriveToTheEdgeOfTheRoad	-0,816	-0,22	5,33
FogDriveToTheEdgeOfTheRoad	-0,425	-0,12	2,78
Exp	-0,153	-0,04	1,00
Age	-0,153	0,0068	-

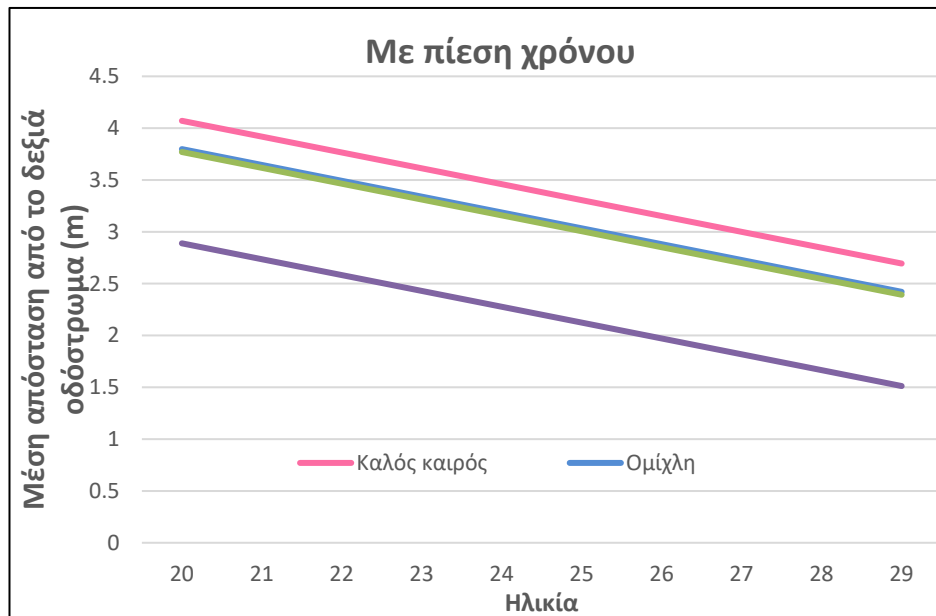
5.4.4 Ανάλυση ευαισθησίας

Για να γίνει πιο κατανοητή η επίδραση της ηλικίας του οδηγού σε συνδυασμό με τις διαφορετικές καιρικές συνθήκες για τις περιπτώσεις χωρίς και με πίεση χρόνου στην μέση απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού χρησιμοποιήσαμε την **ανάλυση ευαισθησίας** και δημιουργήσαμε το διάγραμμα 5.2 για την περίπτωση μη πίεσης χρόνου και 5.3 για την περίπτωση πίεσης χρόνου.

Η Επιρροή των Καιρικών Συνθηκών και της Πίεσης Χρόνου στην Οδική Ασφάλεια



Διάγραμμα 5.2: Επίδραση της ηλικίας για τις διαφορετικές καιρικές συνθήκες χωρίς πίεση χρόνου στην μέση απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού ($Exp=1$, $RainDriveToTheEdgeOfTheRoad=0$, $FogDriveToTheEdgeOfTheRoad=0$)



Διάγραμμα 5.3: Επίδραση της ηλικίας για τις διαφορετικές καιρικές συνθήκες με πίεση χρόνου στην μέση απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού ($Exp=1$, $RainDriveToTheEdgeOfTheRoad=0$, $FogDriveToTheEdgeOfTheRoad=0$)

Η **ηλικία** φαίνεται ότι επηρεάζει αρκετά σε κάθε περίπτωση, συγκεκριμένα είναι αντιστρόφως ανάλογη της μέσης απόστασης από τη δεξιά άκρη της οδού. Το **χιόνι** με αξιοσημείωτη διαφορά συνδέεται με μικρότερες αποστάσεις από τη δεξιά άκρη της οδού, ενώ η βροχή και η ομίχλη έχουν παρόμοια επιρροή. Η **πίεση χρόνου** έχει ως αποτέλεσμα σχεδόν διπλάσια μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα για κάθε καιρική συνθήκη σε σχέση με την έλλειψη πίεσης χρόνου για τις ίδιες ηλικίες.

5.5 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για τη Διακύμανση της Μέσης Γωνίας Στροφής του Τιμονιού

5.5.1 Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

Το γραμμικό μοντέλο για τη διακύμανση της γωνίας στροφής του τιμονιού, το οποίο προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση ύστερα από πλήθος δοκιμών, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{StdWheelAverage} = 26.552 + 15.871 \text{ Rain} + 43.995 \text{ Snow} + 25.603 \text{ Rush} - 0.153 \text{ Exp} + 9.880 \text{ AccidentsWDamage}$$

Στον πίνακα 5.7 παρουσιάζονται τα στοιχεία που εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Οι τιμές του t test για κάθε μεταβλητή είναι αρκετά μεγαλύτερες από 1,7 και του Sig. μεγαλύτερο από 0,05 άρα έχουν επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Βάσει του μοντέλου προκύπτουν αξιόλογα αποτελέσματα τα οποία αναλύονται παρακάτω. Η **βροχή** (Rain) προκαλεί αύξηση της διακύμανσης της στροφής του τιμονιού, αφού το οδόστρωμα είναι υγρό, η πέδηση δύσκολη οπότε δεν ελέγχεται πλήρως το όχημα. Στο **χιόνι** (Snow) ακόμη πιο έντονα ολισθαίνει το αυτοκίνητο, η πέδηση γίνεται περισσότερο δύσκολη με αποτέλεσμα να μην είναι σταθερό το τιμόνι.

Επιπλέον όσο αυξάνεται η **πίεση χρόνου** (Rush) τόσο προκαλείται αύξηση της διακύμανσης της μέσης γωνίας στροφής του τιμονιού. Το αποτέλεσμα αυτό είναι εύλογο, αφού η πίεση χρόνου συνδέεται με επιθετική οδήγηση και αντίστοιχα με λιγότερη σταθερότητα του τιμονιού του οχήματος.

Απεναντίας οι οδηγοί με μεγαλύτερη **εμπειρία** (Exp) είναι πιο εξοικειωμένοι και ταυτόχρονα είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν ένα περισσότερο ομαλό ελιγμό, οπότε και παρουσιάζουν μικρή διακύμανση της στροφής του τιμονιού.

Τέλος **όσοι έχουν εμπλακεί σε ατύχημα με υλικές ζημιές** (AccidentsWDamage) συνδέονται με αυξημένη διακύμανση, ενδεχομένως οι οδηγοί αυτοί να μην διαθέτουν την ικανότητα να ελέγξουν πλήρως το όχημα και τους ελιγμούς που πραγματοποιούν.

Πίνακας 5.7: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	26.552	5.276		5.033	.000
Rain	15.871	4.319	.177	3.674	.000
Snow	43.995	4.354	.487	10.105	.000
Rush	25.603	3.547	.328	7.218	.000
AccidentsWDamage	9.880	3.864	.125	2.557	.011
Exp	-7.822	2.885	-.132	-2.712	.007

a. Dependent Variable: StdWheelAverage

5.5.2 Ποιότητα μοντέλου

Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 του μοντέλου αποτελεί ένα κριτήριο για την ποιότητα του μοντέλου. Βάσει του πίνακα 5.8 δείχνει την ύπαρξη σχετικά καλής προσαρμογής του μοντέλου, αφού έχει τιμή 0.337.

Πίνακας 5.8: Πίνακας ποιότητας μοντέλου

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.580 ^a	.337	.327	32.12

a. Predictors: (Constant), AccidentsWDamage, Rush, Snow, Rain, Exp

5.5.3 Βαθμός επιρροής μεταβλητών

Για να γίνει αντιληπτός ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή υπολογίστηκε η **ελαστικότητα** e για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή και ο βαθμός e^* της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη.

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.9 το **χιόνι** έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στη διακύμανση της μέσης γωνίας στροφής του τιμονιού με -5,62 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την αντίστοιχη μεταβλητή της εμπειρίας του οδηγού, η οποία έχει τη πιο μικρή επιρροή. Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνει τη δυσκολία διατήρησης σταθερού τιμονιού στην οδήγηση υπό χιόνι, αφού το παγωμένο οδόστρωμα προκαλεί μεγαλύτερη ολίσθηση και δυσκολία στην πέδηση.

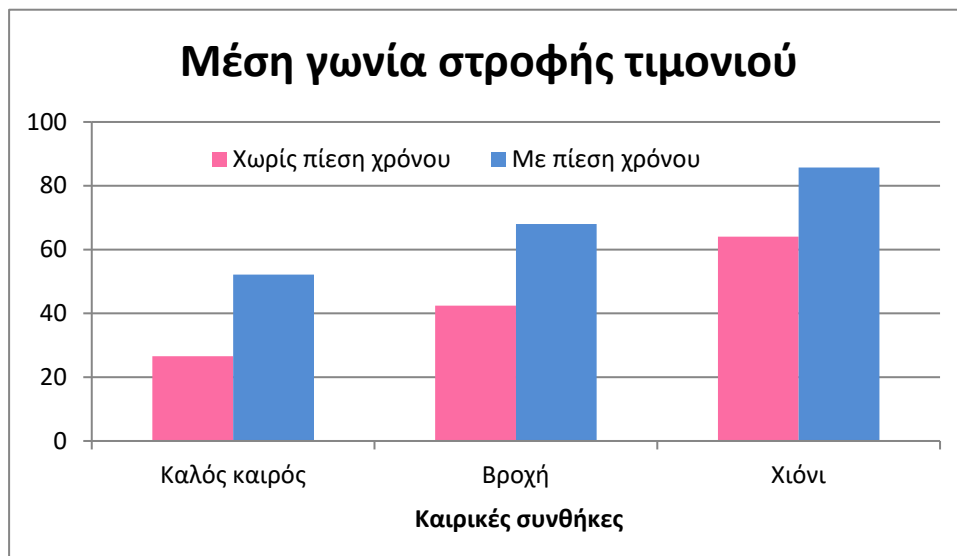
Η μεταβλητή της **πίεσης χρόνου** είναι η αμέσως επόμενη σε μέγεθος τιμή η οποία έχει - 3,27 φορές μεγαλύτερη επιρροή, αφού όπως αναφέρθηκε ήδη η πίεση χρόνου συνδέεται άμεσα με επιθετική οδήγηση και αντίστοιχα με λιγότερη σταθερότητα του τιμονιού του οχήματος.

Πίνακας 5.9: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών

	B	e	e*
(Constant)	26,552		
Rain	15,871	0,60	-2,03
Snow	43,995	1,66	-5,62
Rush	25,603	0,96	-3,27
AccidentsWDamage	9,880	0,37	-1,26
Exp	-7,822	-0,29	1,00

5.5.4 Ανάλυση ευαισθησίας

Για να γίνει πιο κατανοητή η επίδραση των διαφορετικών καιρικών συνθηκών, συγκεκριμένα της βροχής και του χιονιού για τις περιπτώσεις χωρίς και με πίεση χρόνου στη διακύμανση της μέσης γωνίας στροφής του τιμονιού χρησιμοποιήσαμε την ανάλυση ευαισθησίας και δημιουργήσαμε το διάγραμμα 5.4.



Διάγραμμα 5.4: Επίδραση της βροχής και του χιονιού χωρίς και με πίεση χρόνου στην διακύμανση της μέσης γωνίας στροφής του τιμονιού (Exp=1, AccidentsWDamage=0)

Από το διάγραμμα διαπιστώνεται ότι η **πίεση χρόνου** έχει μεγαλύτερη επιρροή όταν επικρατούν καλές καιρικές συνθήκες στη μέση γωνία στροφής του τιμονιού το οποίο ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι υπό βροχή και υπό χιόνι ανεξάρτητα από την πίεση χρόνου σημειώνεται μεγάλη διακύμανση στη μέση γωνία στροφής του τιμονιού.

5.6 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για το Μέσο Χρόνο Αντίδρασης σε Απρόοπτο Συμβάν

5.6.1 Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

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

$$\text{RT} = 879.154 + 30.630 \text{ Age} + 126.734 \text{ Gender} + 534.134 \text{ Fog} + 398.605 \text{ Rain} + 349.001 \text{ Snow} - 442.896 \text{ SnowReduceSpeedAndDriveMoreCarefully} + 151.521 \text{ DriveUnderPressure} + 9.880 \text{ AccidentsWDamage}$$

Στον πίνακα 5.10 παρουσιάζονται τα στοιχεία που εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Οι τιμές του t test για κάθε μεταβλητή είναι μεγαλύτερες από 1,7 και του Sig. μεγαλύτερο από 0,05 για να έχουν επίπεδο εμπιστοσύνης 95% .

Από τον Πίνακα 5.10 προκύπτουν τα αποτελέσματα του μαθηματικού μοντέλου, τα οποία κρίνονται ιδιαίτερης σημασίας. Η **ηλικία** (Age) έχει θετικό πρόσημο, άρα είναι ανάλογη του χρόνου αντίδρασης. Αυτό αποτελεί ένα εύλογο συμπέρασμα καθώς οδηγοί με περισσότερα χρόνια εμπειρίας έχουν καλύτερη επίγνωση των ικανοτήτων τους για το χειρισμό του οχήματος, άρα πιθανά και μικρότερο χρόνο αντίδρασης.

Σχετικά με το **φύλο** (Gender) παρατηρείται ότι οι γυναίκες (τιμή 1 της μεταβλητής) παρουσιάζουν μεγαλύτερο χρόνο αντίδρασης από εκείνο των ανδρών (τιμή 0 της μεταβλητής), το οποίο ενδεχομένως οφείλεται στη γενικότερη αντίθεση που παρατηρείται ανάμεσα στα δύο φύλα ως προς την οδηγική τους συμπεριφορά σύμφωνα και με τη διεθνή βιβλιογραφία. Δηλαδή οι άνδρες εμφανίζονται με γρηγορότερα αντανάκλαστικά και κατ'επέκταση με χαμηλότερους χρόνους αντίδρασης σε απρόοπτα συμβάντα.

Παρατηρείται ότι το πρόσημο της μεταβλητής της **ομίχλης** (Fog) είναι θετικό. Αυτό συνεπάγεται ότι αύξηση της μεταβλητής αυτής, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του μέσου χρόνου αντίδρασης. Το συγκεκριμένο συμπέρασμα ενδεχομένως να εξηγείται από το ότι, η

ορατότητα είναι μειωμένη με αποτέλεσμα οι οδηγοί να μη βλέπουν έγκαιρα τα απρόοπτα συμβάντα.

Επιπρόσθετα όσο μεγαλύτερες τιμές λαμβάνουν οι μεταβλητές της **βροχής** (Rain) και του **χιονιού** (Snow) τόσο αυξάνεται ο χρόνος αντίδρασης. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα είναι αναμενόμενα, αφού όσον αφορά τη βροχή πέρα από την έλλειψη ορατότητας συνοδεύεται και από υγρό οδόστρωμα, και όπως και στο χιονισμένο οδόστρωμα η δυσκολία κατά την πέδηση πιθανώς να καθιστά τους οδηγούς περισσότερο επιφυλακτικούς.

Η μεταβλητή από το ερωτηματολόγιο που δείχνει κατά **πόσο οι συμμετέχοντες θεωρούν ότι οδηγούν με μικρότερη ταχύτητα και πιο προσεχτικά υπό χιόνι** (SnowReduceSpeedAndDriveMoreCarefully) είναι αντιστρόφως ανάλογο του χρόνου αντίδρασης. Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί ενδεχομένως από το ότι οι οδηγοί που μεταβάλλουν την ταχύτητά τους και συνολικά τον τρόπο οδήγησής τους στο χιόνι είναι ίσως περισσότερο συνειδητοποιημένοι και κατά επέκταση έχουν μειωμένους χρόνους αντίδρασης.

Αντίθετα η μεταβλητή που αφορά το **αν ο συμμετέχων οδηγεί γενικά υπό πίεση χρόνου** (DriveUnderPressure) αυξάνει τον χρόνο αντίδρασης σε απρόοπτο συμβάν όσο αυξάνεται η τιμή της. Το οποίο σημαίνει ότι οι οδηγοί που πιέζονται συνήθως χρονικά είναι σε μεγαλύτερη σύγχυση και με λιγότερη συγκέντρωση στο δρόμο και πιθανώς να αντιδρούν πιο αργά σε ένα απρόοπτο συμβάν.

Επίσης στο ερωτηματολόγιο είχαν κληθεί να απαντήσουν **αν έχουν εμπλακεί σε ατύχημα με υλικές ζημιές** (AccidentsWDamage). Όσοι έχουν εμπλακεί σε ατύχημα δείχνει να έχουν μεγαλύτερους χρόνους αντίδρασης. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευθεί λαμβάνοντας υπόψη ότι η οδήγησή αυτών που έχουν εμπλακεί φαίνεται να είναι λιγότερο προσεχτική και συνδεδεμένη με μεγαλύτερους χρόνους αντίδρασης στη πραγματική ζωή όπως και στη προσομοίωση.

Πίνακας 5.10: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	879.154	377.927		2.326	.021
Age	30.360	13.812	.119	2.198	.029
Gender	126.734	62.862	.111	2.016	.045
Fog	534.134	85.854	.409	6.221	.000
Rain	398.605	85.294	.308	4.673	.000
Snow	349.001	86.190	.266	4.049	.000
SnowReduceSpeedAndDriveMoreCarefully	-442.896	204.877	-.120	-2.162	.031
DriveUnderPressure	151.521	85.608	.098	1.770	.078
AccidentsWDamage	114.457	64.026	.100	1.788	.075

a. Dependent Variable: RT

5.6.2 Ποιότητα μοντέλου

Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 του μοντέλου αποτελεί ένα κριτήριο για την ποιότητα του μοντέλου. Βάσει του πίνακα 5.11 δείχνει την ύπαρξη σχετικά καλής προσαρμογής του μοντέλου, αφού έχει τιμή 0.368.

Πίνακας 5.11: Πίνακας ποιότητας μοντέλου

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.410 ^a	.368	.145	521.89

a. Predictors: (Constant), AccidentsWDamage, Fog, Age, Gender, SnowReduceSpeedAndDriveMoreCarefully, DriveUnderPressure, Snow, Rain

5.6.3 Βαθμός επιρροής μεταβλητών

Για να γίνει αντιληπτός ο **βαθμός επιρροής** των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή υπολογίστηκε η ελαστικότητα e για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή και ο βαθμός e^* της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.12.

Η **ομίχλη** έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στο χρόνο αντίδρασης με 4,67 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την αντίστοιχη μεταβλητή της εμπλοκής του οδηγού σε ατύχημα με υλικές ζημιές, η οποία έχει τη πιο μικρή επιρροή. Επειδή η ομίχλη δυσχεραίνει πολύ την ορατότητα

και μάλιστα περισσότερο από κάθε άλλη καιρική συνθήκη είναι λογικό να επηρεάζεται περισσότερο ο χρόνος από τη στιγμή εμφάνισης του εμποδίου μέχρι την αντίδραση του οδηγού.

Η μεταβλητή από το ερωτηματολόγιο που αφορά το αν **ο συμμετέχων μειώνει την ταχύτητα του και οδηγεί πιο προσεχτικά υπό χιόνι** είναι η αμέσως επόμενη σε μέγεθος τιμή, η οποία έχει -3,87 φορές μεγαλύτερη επιρροή. Η μεταβλητή αυτή είναι ένας δείκτης επιφυλακτικότητας, συγκέντρωσης και αλλαγής ταχύτητας των οδηγών υπό χιόνι, εφόσον έχουν καλή αντίληψη για την συμπεριφορά τους στην οδό. Το γεγονός ότι επηρεάζει αρκετά το χρόνο αντίδρασης δείχνει ότι έχουν καλή αντίληψη και θα μπορούσε να εξηγηθεί από το η προσοχή και η συγκέντρωση στην οδό συνδέεται με μειωμένους χρόνους αντίδρασης

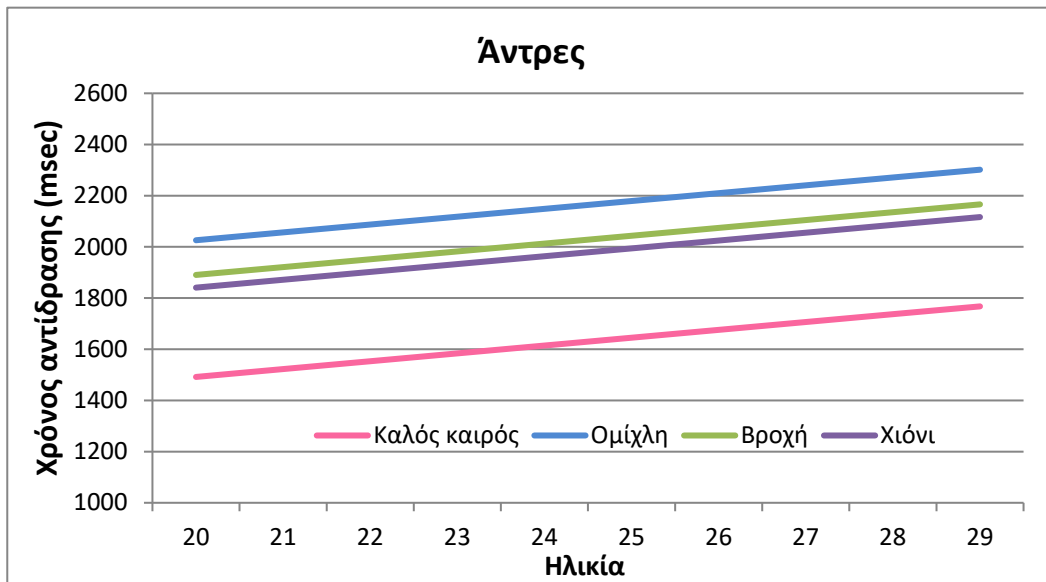
Έπειτα η μεταβλητή της **βροχής** αντιστοιχεί σε 3,48 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την αντίστοιχη μεταβλητή με τη πιο μικρή επιρροή. Το οποίο είναι αναμενόμενο, αφού και η βροχή έχει χαμηλή ορατότητα οπότε και σε αυτή την συνθήκη οι οδηγοί δυσκολεύονται να εντοπίσουν τα τυχόν εμπόδια και κατά συνέπεια έχουν μεγαλύτερους χρόνους αντίδρασης.

Πίνακας 5.12: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών

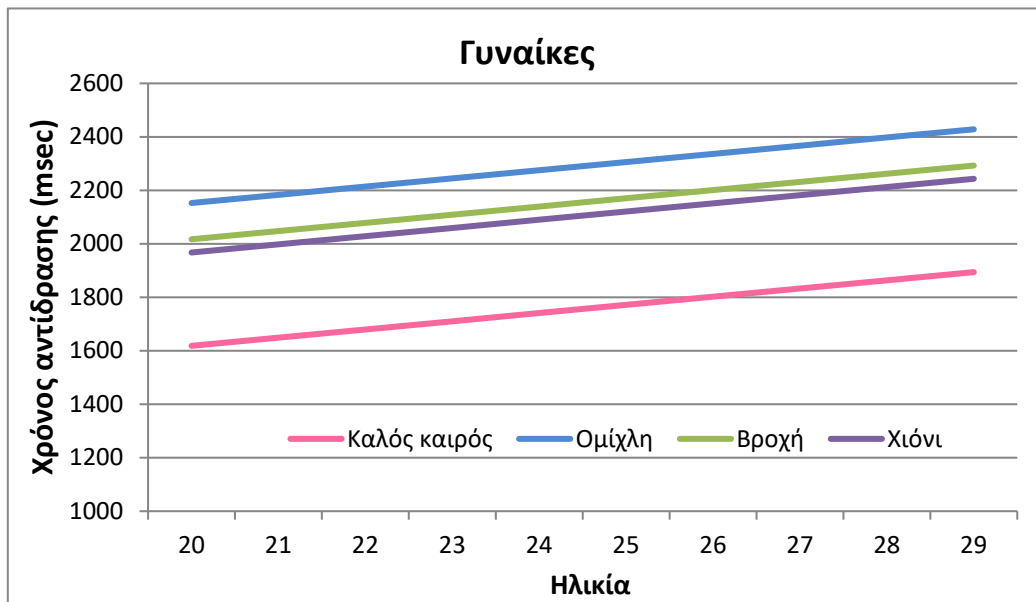
	B	e	e*
(Constant)	879,154		
Gender	126,734	0,06	1,11
Fog	534,134	0,25	4,67
Rain	398,605	0,19	3,48
Snow	349,001	0,16	3,05
SnowReduceSpeedAndDriveMoreCarefully	-442,896	-0,21	-3,87
DriveUnderPressure	151,521	0,07	1,32
AccidentsWDamage	114,457	0,05	1,00
Age	30,360	0,0001	-

5.6.4 Ανάλυση ευαισθησίας

Για να γίνει πιο κατανοητή η επίδραση της ηλικίας σε συνδυασμό με τις διαφορετικές καιρικές συνθήκες για τα δύο φύλα στον χρόνο αντίδρασης χρησιμοποιήσαμε την ανάλυση ευαισθησίας και δημιουργήσαμε το διάγραμμα 5.5 για τους άντρες και το διάγραμμα 5.6 για τις γυναίκες.



Διάγραμμα 5.5: Επίδραση της ηλικίας για τις διαφορετικές καιρικές συνθήκες για τους άντρες στον χρόνο αντίδρασης (SnowReduceSpeedAndDriveMoreCarefully=0, DriveUnderPressure=0, AccidentsWDamage=0)



Διάγραμμα 5.6: Επίδραση της ηλικίας για τις διαφορετικές καιρικές συνθήκες για τις γυναίκες στον χρόνο αντίδρασης (SnowReduceSpeedAndDriveMoreCarefully=0, DriveUnderPressure=0, AccidentsWDamage=0)

Παρατηρείται ότι η **ηλικία** επηρεάζει αρκετά σε κάθε περίπτωση, συγκεκριμένα είναι ανάλογη του χρόνου αντίδρασης. Η ομίχλη με διαφορά συνδέεται όπως αναφέρθηκε ήδη με μεγαλύτερους χρόνους αντίδρασης, έπειτα η βροχή και στη συνέχεια το χιόνι. Γίνεται αντιληπτό επίσης ότι οι άντρες για κάθε διαφορετική συνθήκη και ηλικία κατέχουν μικρότερους χρόνους αντίδρασης.

5.7 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για τη Μέση Απόσταση από το Προπορευόμενο Όχημα

5.7.1 Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

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

$$\begin{aligned} \text{HWayAverage} &= 93.907 + 19.425 \text{ Gender} + 27.939 \text{ Snow} - 56.086 \text{ Rush} \\ &+ 25.029 \text{ SnowDriveToTheEdgeOfTheRoad} \\ &+ 22.970 \text{ DangerousSnowReducedReactionTime} \end{aligned}$$

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον πίνακα 5.14 και κρίνονται ενδιαφέροντα και σημαντικά. Η μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα βάσει του μοντέλου δεν επηρεάζεται από τον παράγοντα της βροχής και της ομίχλης σε αντίθεση με το **χιόνι** (Snow) το οποίο προκαλεί αύξηση της. Η αύξηση αυτή πιθανότατα οφείλεται στο αίσθημα του φόβου για αυτό και προσπαθούν να έχουν ασφαλή απόσταση από το προπορευόμενο όχημα.

Οι μεταβλητές από το ερωτηματολόγιο δηλαδή **πόσο θεωρεί ο συμμετέχων ότι οδηγεί κοντά στο δεξί οδόστρωμα γενικά υπό χιόνι** (SnowDriveToTheEdgeOfTheRoad) και **αν θεωρεί ο συμμετέχων επικίνδυνο τυχόν μειωμένο χρόνο αντίδρασης υπό χιόνι** (DangerousSnowReducedReactionTime) δείχνουν επίσης φόβο για την οδήγηση υπό χιόνι. Αυτό ίσως να οφείλεται στη λιγότερη εμπειρία οδήγησης υπό χιόνι στη χώρα μας με αποτέλεσμα να διατηρούν μεγαλύτερες αποστάσεις από το προπορευόμενο όχημα.

Η **πίεση χρόνου** (Rush) σχετίζεται με την ταχύτητα, την επιθετική και επικίνδυνη οδήγηση καθώς και την έλλειψη φόβου με αποτέλεσμα οι αποστάσεις από το προπορευόμενο όχημα να είναι μικρές. Τέλος σχετικά με το **φύλο** (Gender) του οδηγού, οι άντρες οδηγοί διατηρούν μικρότερες αποστάσεις σε σχέση με τις γυναίκες που βάσει βιβλιογραφίας οδηγούν πιο προσεκτικά.

Πίνακας 5.13: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	93.907	8.891		10.562	.000
Gender	19.425	8.026	.128	2.420	.016
Snow	27.939	8.639	.164	3.234	.001
Rush	-56.086	7.535	-.377	-7.444	.000
SnowDriveToTheEdgeOfTheRoad	25.029	9.538	.134	2.624	.009
DangerousSnowReducedReactionTime	22.970	8.055	.151	2.852	.005

a. Dependent Variable: HWayAverage

5.7.2 Ποιότητα μοντέλου

Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 του μοντέλου αποτελεί ένα κριτήριο για την ποιότητα του μοντέλου. Βάσει του πίνακα 5.14 δείχνει την ύπαρξη μέτριας προσαρμογής του μοντέλου, αφού έχει τιμή 0.310.

Πίνακας 5.14: Πίνακας ποιότητας μοντέλου

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.458 ^a	.310	.197	66,679

a. Predictors: (Constant), DangerousSnowReducedReactionTime, Rush, Snow, SnowDriveToTheEdgeOfTheRoad, Gender

5.7.3 Βαθμός επιρροής μεταβλητών

Για να γίνει αντιληπτός ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή υπολογίστηκε η ελαστικότητα e για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή και ο βαθμός e^* της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη.

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.15 η **πίεση χρόνου** έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην απόσταση από το προπορευόμενο όχημα με 2,89 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την

αντίστοιχη μεταβλητή του φύλου, η οποία έχει τη πιο μικρή επιρροή. Το αποτέλεσμα αυτό πιθανά οφείλεται στη μεγάλη σύνδεση της πίεσης χρόνου με τις μεγάλες ταχύτητες και την επιθετική οδήγηση άρα και μικρότερες αποστάσεις από το προπορευόμενο όχημα.

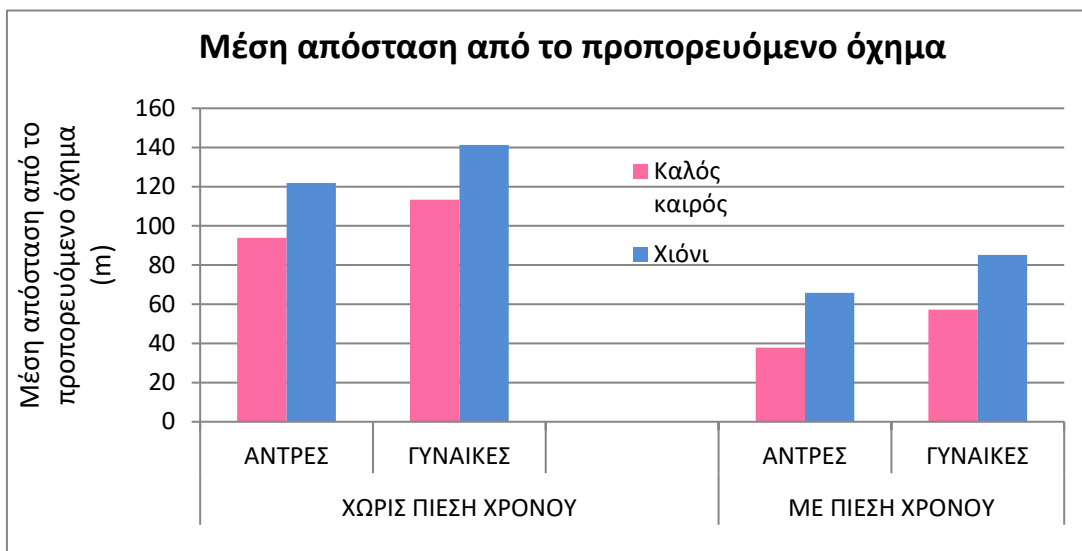
Η μεταβλητή του **χιονιού** είναι η αμέσως επόμενη σε μέγεθος τιμή, η οποία έχει 1,44 φορές μεγαλύτερη επιρροή. Αυτό οφείλεται ενδεχομένως στο μεγάλο φόβο της οδήγησης υπό χιόνι λόγω της μικρής εμπειρίας στη συγκεκριμένη συνθήκη στην Ελλάδα, καθώς και της επικινδυνότητας που έχει ούτως η άλλως η συγκεκριμένη καιρική συνθήκη.

Πίνακας 5.15: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών

	B	e	e*
(Constant)	93,907		
Gender	19,425	0,21	1,00
Snow	27,939	0,30	1,44
Rush	-56,085	0,60	-2,89
SnowDriveToTheEdgeOfTheRoad	25,029	0,27	1,29
SnowReduseReactionTime	22,970	0,24	1,18

5.7.4 Ανάλυση ευαισθησίας

Για να γίνει πιο κατανοητή η επίδραση του χιονιού σε συνδυασμό με την πίεση χρόνου για τα δύο φύλα στη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα χρησιμοποιήσαμε την ανάλυση ευαισθησίας και δημιουργήσαμε το διάγραμμα 5.7.



Διάγραμμα 5.7: Επίδραση του χιονιού χωρίς και με πίεση χρόνου για τους άντρες και τις γυναίκες στη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα ($SnowDriveToTheEdgeOfTheRoad=0$, $DangerousSnowReducedReactionTime=0$)

Από το διάγραμμα παρατηρείται η αξιοσημείωτη διαφορά για τη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα της οδήγησης χωρίς πίεση χρόνου, όπου ισοδυναμεί με περίπου διπλάσια τιμή σε σχέση με την οδήγηση υπό πίεση χρόνου. Είναι εμφανής επίσης από το διάγραμμα η μεγαλύτερη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα για τις γυναίκες συγκριτικά με τους άντρες. Διακρίνεται επιπλέον η διατήρηση μεγαλύτερων αποστάσεων στην οδήγηση υπό χιόνι.

5.8 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για τη Πιθανότητα Ατυχήματος λόγω Εμφάνισης Επικίνδυνων Γεγονότων

5.8.1 Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

Το διωνυμικό μοντέλο για τη πιθανότητας ατυχήματος εξαιτίας εμφάνισης επικίνδυνων γεγονότων, το οποίο προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση εφαρμόζοντας τη λογιστική παλινδρόμηση ύστερα από πλήθος δοκιμών, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{Accident Probability} = e_{AP} / (e_{AP} + 1)$$

$$AP = - 0.951 \text{ AgeGroup} + 0.793 \text{ Fog} + 2.084 \text{ Rain} + 2.897 \text{ Snow} - 0.777 \text{ DriveUpTheLimits} - 0.727 \text{ DriveCarefully}$$

Στον πίνακα 5.16 παρουσιάζονται τα στοιχεία που εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Οι τιμές του z test (Wald) για κάθε μεταβλητή είναι αρκετά μεγαλύτερες από 1,7 και του Sig. μικρότερες από 0.05 με εξαίρεση την εμφάνιση μιας τιμής ίσης με 0.077 άρα έχουν επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 90% αντίστοιχα.

Βάσει των στοιχείων των μεταβλητών του μοντέλου από τον Πίνακα 5., προκύπτουν αξιολογικά αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζουν λογική ερμηνεία. Η **ηλικιακή ομάδα** (AgeGroup) του οδηγού είναι αντιστρόφως ανάλογη της πιθανότητας ατυχήματος, το οποίο είναι αναμενόμενο αποτέλεσμα, αφού οι μεγαλύτεροι οδηγοί συνήθως διαθέτουν μεγαλύτερη εμπειρία και διακρίνονται από μεγαλύτερη υπευθυνότητα και αντίληψη όσον αφορά την οδήγηση.

Η **ομίχλη** (Fog), η **βροχή** (Rain) και το **χιόνι** (Snow) όπως είναι λογικό αυξάνουν την πιθανότητα συμμετοχής σε σύγκρουση, καθώς έχουν αυξημένη επικινδυνότητα. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο σε χαμηλή ορατότητα, ολισθηρό οδόστρωμα, δυσκολία στην πέδηση κ.α.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι οι οδηγοί που απάντησαν στο ερωτηματολόγιο ότι **οδηγούν συνήθως πάνω από το όριο ταχύτητας** (DriveUpTheLimits) φαίνεται να

εμπλέκονται λιγότερο σε ατυχήματα, αυτό ίσως οφείλεται ότι πιθανώς βρίσκονται σε αυξημένη εγρήγορση ή ότι έχουν συνηθίσει τις μεγαλύτερες ταχύτητες άρα και έχουν μεγαλύτερη άνεση και εμπειρία σε επικίνδυνα συμβάντα. Επιπρόσθετα όσοι **θεωρούν ότι γενικά οδηγούν προσεχτικά** (DriveCarefully) έχουν μικρότερη πιθανότητα να προκαλέσουν ατύχημα, το οποίο είναι πολύ εύλογο αποτέλεσμα.

Πίνακας 5.16: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου με επίπεδο εμπιστοσύνης 90% και 95%

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	AgeGroup	-.951	.230	17.078	1	.000**	.386
	Fog	.793	.448	3.131	1	.077*	2.209
	Rain	2.084	.424	24.190	1	.000**	8.036
	Snow	2.897	.438	43.700	1	.000**	18.117
	DriveUpTheLimits	-.777	.259	9.023	1	.003**	.460
	DriveCarefully	-.727	.338	4.617	1	.032**	.484

a. Variable(s) entered on step 1: AgeGroup, Fog, Rain, Snow, DriveUpTheLimits, DriveCarefully.

* Επίπεδο εμπιστοσύνης 90%

** Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

5.8.2 Ποιότητα μοντέλου

Όσον αφορά τον έλεγχο της ποιότητας του μοντέλου από τον πίνακα 5.17 φαίνεται ότι η τιμή της πιθανοφάνειας -2LL έχει τιμή $-2*(325.560 - 451.932) = 252.744$, το οποίο δείχνει πολύ καλή προσαρμογή μοντέλου, καθώς είναι πολύ μεγαλύτερη από τη θεωρητική τιμή χ^2 που ισούται με 11,07 για 5 βαθμούς ελευθερίας και επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Πίνακας 5.17: Πίνακας ποιότητας μοντέλου

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	325,560 ^a	.321	.428

a. Estimation terminated at iteration number 5 because parameter estimates changed by less than ,001.
b. Initial Log-likelihood Function: -2 Log Likelihood = 451,932

Επίσης τα ποσοστά για την πραγματοποίηση ή μη ατυχήματος έχουν μεγάλο ποσοστό επιτυχημένης πρόβλεψης για την περίπτωση ατυχήματος ίσο με 55%, όπως και πολύ υψηλό μέσο όρο 75.5%.

Πίνακας 5.18: Ποσοστό πρόβλεψης μοντέλου

Classification Table ^a					
Observed		Predicted			Percentage Correct
		AP			
		,0	1,0		
Step 1	AP	,0	1,0		
			191	35	84.5
			45	55	55.0
	Overall Percentage				75.5

a. The cut value is ,500

5.8.3 Βαθμός επιρροής μεταβλητών

Για να γίνει αντιληπτός ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή υπολογίστηκε η ελαστικότητα e για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή και ο βαθμός e^* της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη.

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.19 μεγαλύτερη επιρροή στην πιθανότητα ατυχήματος λόγω απρόοπτου γεγονότος έχει το **χιόνι** με μεγάλη διαφορά, όπου παρουσιάζει 195 φορές μεγαλύτερη επιρροή από τη μεταβλητή του ερωτηματολογίου για το αν οδηγεί προσεχτικά ο συμμετέχων, η οποία έχει τη μικρότερη. Ο βαθμός επιρροής του χιονιού είναι τόσο αυξημένος πιθανά διότι το χιόνι αποτελεί την λιγότερο συχνή καιρική συνθήκη στην Ελλάδα και ίσως την πιο επικίνδυνη καιρική συνθήκη συνολικά.

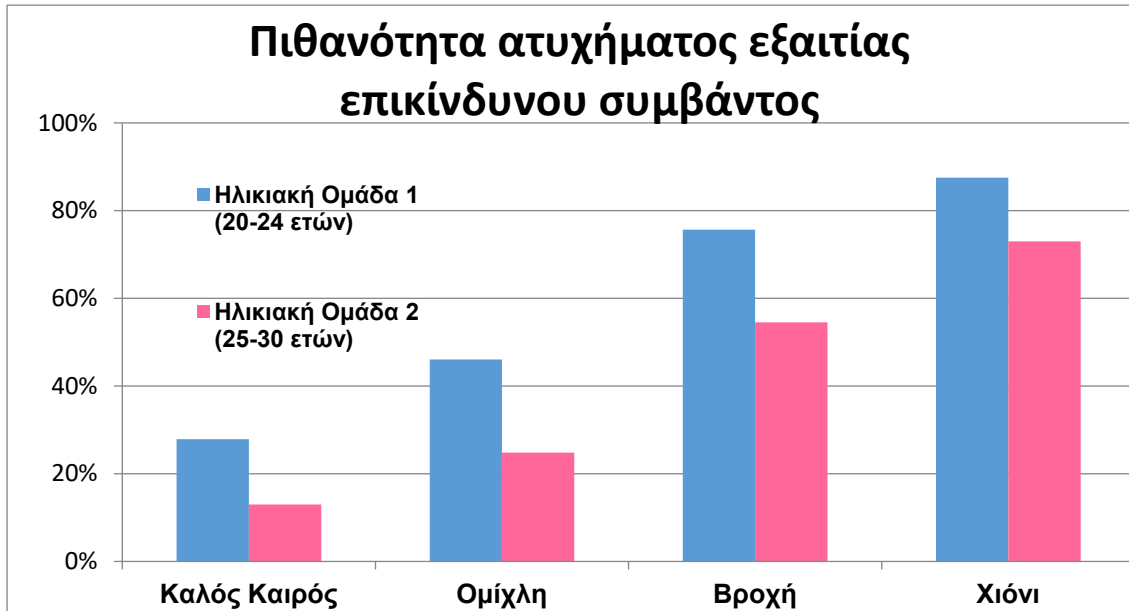
Η μεταβλητή της **βροχής** είναι η αμέσως επόμενη σε μέγεθος τιμή, η οποία έχει 77 φορές μεγαλύτερη επιρροή. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να εξηγηθεί από την επικινδυνότητα της βροχής λόγω της χαμηλής ορατότητας και της ολισθηρότητας.

Πίνακας 5.19: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών

	B	Wald	e	e*
Age Group	-0,951	17,018	-0,31	1,56
Fog	0,793	3,131	0,54	-2,74
Rain	2,084	24,190	15,15	-76,92
Snow	2,897	43,700	38,32	-194,57
DriveUpTheLimits	-0,777	9,023	-0,26	1,33
DriveCarefully	-0,727	4,617	-0,20	1,00

5.8.4 Ανάλυση ευαισθησίας

Για να γίνει πιο κατανοητή η επίδραση των διαφορετικών καιρικών συνθηκών για τις δύο ηλικιακές ομάδες (20-24 και 25-30) στη πιθανότητα ατυχήματος εξαιτίας επικίνδυνου συμβάντος χρησιμοποιήσαμε την ανάλυση ευαισθησίας και δημιουργήσαμε το διάγραμμα 5.8.



Διάγραμμα 5.8: Επίδραση των καιρικών συνθηκών για τις δύο ηλικιακές ομάδες στη πιθανότητα ατυχήματος εξαιτίας επικίνδυνου συμβάντος (DriveUpTheLimits=0, DriveCarefully=0)

Βάσει του διαγράμματος η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα εξαιτίας επικίνδυνου συμβάντος είναι τριπλάσια στην οδήγηση υπό χιόνι και σχεδόν τριπλάσια στην οδήγηση υπό βροχή σε σχέση με την οδήγηση υπό καλές καιρικές συνθήκες για οδηγούς 20 έως 24 ετών, ενώ για οδηγούς 25 έως 30 ετών η πιθανότητα είναι περισσότερο από πενταπλάσια στην οδήγηση υπό χιόνι και τετραπλάσια στην οδήγηση υπό βροχή σε σχέση με την οδήγηση υπό καλές καιρικές συνθήκες. Παρατηρείται δηλαδή μεγαλύτερη διαφορά στις πιθανότητες να συμβεί ατύχημα υπό χιόνι και υπό βροχή σε σχέση με καλές καιρικές συνθήκες για οδηγούς 25 έως 30 ετών σε σχέση με οδηγούς 20 έως 24 ετών, ενώ συνολικά οι οδηγοί 20-24 ετών έχουν σε κάθε περίπτωση μεγαλύτερες πιθανότητες ατυχήματος συγκριτικά με τους οδηγούς 25 έως 30 ετών. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στο γεγονός ότι οι πιο έμπειροι οδηγοί μπορούν να περιορίσουν σημαντικά τα ατυχήματα υπό καλές καιρικές συνθήκες, ενώ είτε υπό βροχή είτε υπό χιόνι αδυνατούν. Συνεπώς είναι αρκετά εμφανής η **επικινδυνότητα της βροχής** και του **χιονιού** ακόμη και για τους μεγαλύτερους σε ηλικία οδηγούς.

5.9 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για τη Πιθανότητα Ατυχήματος εξαιτίας άλλων Παραγόντων εκτός των Επικίνδυνων Συμβάντων

5.9.1 Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

Το διωνυμικό μοντέλο για τη πιθανότητας ατυχήματος εξαιτίας άλλων παραγόντων εκτός της εμφάνισης επικίνδυνων γεγονότων, το οποίο προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση εφαρμόζοντας τη λογιστική παλινδρόμηση ύστερα από πλήθος δοκιμών, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{Accident Probability} = e^{\text{ALLOTHERRACCIDENTS}} / (e^{\text{ALLOTHERRACCIDENTS}} + 1)$$

$$\text{ALLOTHERRACCIDENTS} = - 1.020 \text{ Exp} - 0.539 \text{ Gender} + 1.705 \text{ Rain} + 2.811 \text{ Snow} + 0.553 \text{ Rush} + 1.393 \text{ AccidentsWDamage} - 0.815 \text{ TimesDrWRainPerYear}$$

Στον πίνακα 5.20 παρουσιάζονται τα στοιχεία που εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Οι τιμές του z test (Wald) για κάθε μεταβλητή είναι αρκετά μεγαλύτερες από 1,7 και του Sig. μικρότερες από 0.05 άρα έχουν επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με εξαίρεση την εμφάνιση δύο τιμών που ισοδυναμούν με 0.090 και 0.078 οπότε έχουν επίπεδο εμπιστοσύνης 90%.

Η πιθανότητα ατυχήματος λόγω άλλων αιτιών εκτός των επικίνδυνων συμβάντων αυξάνεται στην οδήγηση υπό **βροχή** (Rain) και υπό **χιόνι** (Snow) όπως και για τις περιπτώσεις επικίνδυνων συμβάντων σε αντίθεση με την οδήγηση υπό ομίχλη όπου επηρεάζει μόνο τα ατυχήματα από απρόοπτα γεγονότα. Πιθανότατα αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ομίχλη καθίσταται επικίνδυνη εξαιτίας της χαμηλής ορατότητας άρα αν δεν εμφανιστεί εμπόδιο οι πιθανότητες ατυχήματος δεν επηρεάζονται, ενώ η βροχή και το χιόνι συνοδεύονται από ολισθηρό οδόστρωμα και δυσκολία στην πέδηση. Μάλιστα τα περισσότερα ατυχήματα εκτός των επικίνδυνων γεγονότων συνέβησαν είτε στον κυκλικό κόμβο είτε σε στροφή με υγρό ή παγωμένο οδόστρωμα.

Ακόμη η **πίεση χρόνου** (Rush) δείχνει να αυξάνει τα τυχαία ατυχήματα, όπου είναι αναμενόμενο αποτέλεσμα αφού υπό πίεση χρόνου αυξάνεται η ταχύτητα και βάσει ερευνών συνδέεται με την επιθετική οδήγηση. Η **εμπειρία** (Exp) όπως ήταν αναμενόμενο όσο αυξάνεται τόσο μικραίνει η πιθανότητα σύγκρουσης.

Το γεγονός ότι **οι συμμετέχοντες που έχουν εμπλακεί σε ατύχημα με υλικές ζημιές** (AccidentsWDamage) έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες σύγκρουσης δείχνει ότι όπως σε πραγματικές συνθήκες έτσι και στην προσομοίωση μάλλον έχουν μια λιγότερο προσεχτική οδηγική συμπεριφορά. Επίσης **οι φορές που ο συμμετέχων οδηγεί υπό βροχή το χρόνο**

(TimesDrWRainPerYear) είναι αντιστρόφως ανάλογες της πιθανότητας ατυχήματος, αφού και αυτός είναι ένας δείκτης εμπειρίας του οδηγού. Τέλος σχετικά με το φύλο φαίνεται ότι οι άντρες έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να εμπλακούν σε ατύχημα, αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι οι γυναίκες και βάσει βιβλιογραφίας οδηγούν πιο προσεχτικά και με χαμηλότερες ταχύτητες.

Πίνακας 5.20: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου με επίπεδο εμπιστοσύνης 90% και 95%

		Variables in the Equation					
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step	Exp	-1,020	,266	14,691	1	,000**	,361
1 ^a	Gender	-0,539	,318	2,872	1	,090*	,583
	Rain	1,705	,420	16,482	1	,000**	5,503
	Snow	2,811	,418	45,232	1	,000**	16,631
	Rush	0,553	,314	3,100	1	,078*	1,738
	AccidentsWDamages	1,393	,388	12,894	1	,000**	4,027
	TimesDrWRainPerYear	-0,815	,184	19,597	1	,000**	,443

a. Variable(s) entered on step 1: Exp, Gender, Rain, Snow, Rush, AccidentsWDamages, TimesDrWRainPerYear.

* Επίπεδο εμπιστοσύνης 90%

** Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

5.9.2 Ποιότητα μοντέλου

Όσον αφορά τον έλεγχο της ποιότητας του μοντέλου από τον πίνακα 5. φαίνεται ότι η τιμή της πιθανοφάνειας $-2LL$ έχει τιμή $-2*(251,926 - 454,705) = 405,558$, το οποίο δείχνει πολύ καλή προσαρμογή μοντέλου, καθώς είναι πολύ μεγαλύτερη από τη θεωρητική τιμή χ^2 που ισούται με 12,592 για 5 βαθμούς ελευθερίας και επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Πίνακας 5.21: Πίνακας ποιότητας μοντέλου

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	251,926 ^a	,461	,615

a. Estimation terminated at iteration number 6 because parameter estimates changed by less than ,001.

Επίσης τα ποσοστά για την πραγματοποίηση ή μη ατυχήματος έχουν σχετικά καλό ποσοστό επιτυχημένης πρόβλεψης για την περίπτωση ατυχήματος ίσο με 34.9%, όμως πολύ υψηλό μέσο όρο 82.6%.

Πίνακας 5.22: Πίνακας ποιότητας μοντέλου

Classification Table ^a					
Observed			Predicted		Percentage Correct
			ALLOTHERACCIDENTS		
			,0	1,0	
Step 1	ALLOTHERACCIDENTS	,0	249	16	94,0
		1,0	41	22	34,9
Overall Percentage					82,6
a. The cut value is ,500					

5.9.3 Βαθμός επιρροής μεταβλητών

Για να γίνει αντιληπτός ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή υπολογίστηκε η ελαστικότητα e για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή και ο βαθμός e^* της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη.

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.21 μεγαλύτερη επιρροή στην πιθανότητα ατυχήματος εξαιτίας άλλων παραγόντων εκτός των απρόοπτων γεγονότων έχει το **χιόνι** με μεγάλη διαφορά, όπου παρουσιάζει 211 φορές μεγαλύτερη επιρροή από τη μεταβλητή του ερωτηματολογίου για το πόσες φορές το χρόνο ο συμμετέχων οδηγεί υπό βροχή, η οποία έχει τη μικρότερη. Το οποίο είναι λογικό, αφού λόγω της ολισθηρότητας και της δυσκολίας της πέδησης στην οδήγηση υπό χιόνι, ειδικά σε στροφές όπου παρατηρήθηκαν τα περισσότερα ατυχήματα εκτός των απρόοπτων συμβάντων στο πείραμα, προκαλούνταν πιο εύκολα συγκρούσεις.

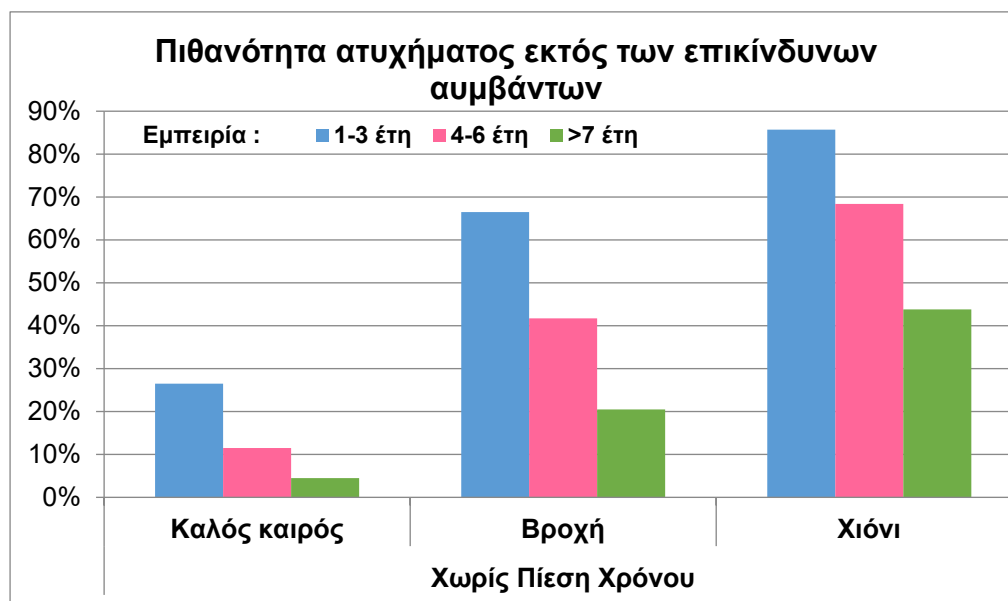
Η μεταβλητή της **βροχής** είναι η αμέσως επόμενη σε μέγεθος τιμή, η οποία έχει 60 φορές μεγαλύτερη επιρροή. Επίσης το αποτέλεσμα αυτό πιθανά οφείλεται στην ολισθηρότητα της οδού όπου επηρέασε σημαντικά τα ατυχήματα εκτός αυτών από επικίνδυνα συμβάντα.

Πίνακας 5.23: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών

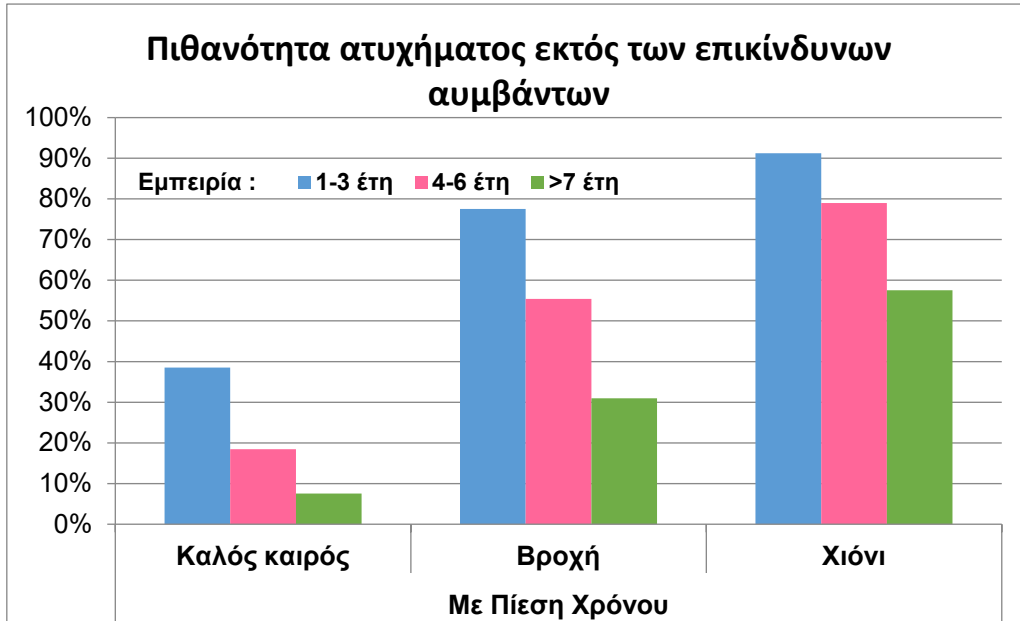
	B	Wald	e	e*
Exp	-1,020	14,891	-0,37	2,36
Gender	-0,539	2,872	-0,34	2,17
Rain	1,705	16,482	9,39	-59,72
Snow	2,811	45,232	33,21	-211,15
Rush	0,553	3,100	1,92	-12,24
AccidentsWDamage	1,393	12,894	7,57	-48,14
TimesDrWithRainPerYear	-0,815	19,597	-0,16	1,00

5.9.4 Ανάλυση ευαισθησίας

Για να γίνει πιο κατανοητή η επίδραση της βροχής και του χιονιού, χωρίς και με πίεση χρόνου για τα διαφορετικά έτη εμπειρίας στην οδήγηση στη πιθανότητα ατυχήματος εξαιτίας άλλων παραγόντων εκτός των επικίνδυνων συμβάντων χρησιμοποιήσαμε την ανάλυση ευαισθησίας και δημιουργήσαμε το διάγραμμα 5.9 για την οδήγηση χωρίς πίεση χρόνου και το διάγραμμα 5.10 για την οδήγηση υπό πίεση χρόνου.



Διάγραμμα 5.9: Επίδραση της βροχής και του χιονιού, για οδήγηση χωρίς πίεση χρόνου, για τα διαφορετικά έτη οδηγικής εμπειρίας στη πιθανότητα ατυχήματος εξαιτίας άλλων παραγόντων εκτός των επικίνδυνων συμβάντων (Gender=0, AccidentsWDamage=0, TimesDrWRainPerYear=0)



Διάγραμμα 5.10: Επίδραση της βροχής και του χιονιού, για οδήγηση υπό πίεση χρόνου, για τα διαφορετικά έτη οδηγικής εμπειρίας στη πιθανότητα ατυχήματος εξαιτίας άλλων παραγόντων εκτός των επικίνδυνων συμβάντων (Gender=0, AccidentsWDamage=0, TimesDrWRainPerYear=0)

Παρατηρείται από τα διαγράμματα η μεγάλη πιθανότητα ατυχήματος στην οδήγηση υπό χιόνι ειδικά στην οδήγηση υπό πίεση χρόνου όπου για οδηγούς με εμπειρία 1 έως 3 έτη αγγίζει το 90%, για οδηγούς με εμπειρία 4 έως 6 έτη πλησιάζει το 80% και για οδηγούς με εμπειρία μεγαλύτερη από 7 χρόνια πλησιάζει το 60%. Επίσης γίνεται αντιληπτή συνολικά η επίδραση της πίεσης χρόνου στην πιθανότητα ατυχήματος.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών και της πίεσης χρόνου στην οδική ασφάλεια** με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης.

Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε **πείραμα** στον προσομοιωτή οδήγησης του Εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και οι συμμετέχοντες ήταν 42 νέοι ηλικιακά οδηγοί από 20 έως 30 ετών. Επίσης συμπληρώθηκαν από τους συμμετέχοντες ερωτηματολόγια για τη **συλλογή δεδομένων δημογραφικών και των χαρακτηριστικών της κυκλοφορίας τους**.

Τη συλλογή των στοιχείων ακολούθησε η **επεξεργασία** τους, ώστε να δημιουργηθεί η κατάλληλη βάση δεδομένων για την πραγματοποίηση της στατιστικής ανάλυσης. Αφού μελετήθηκε το **θεωρητικό υπόβαθρο** επιλέχθηκαν οι μέθοδοι της γραμμικής και λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης για την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων.

Τα **τελικά μαθηματικά μοντέλα** προέκυψαν ύστερα από πλήθος δοκιμών με σκοπό να πληρούν επαρκώς τα κριτήρια ποιότητας και αποδοχής τους. Πιο συγκεκριμένα αναπτύχθηκαν μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης για τη μέση ταχύτητα οδήγησης, τη μέση απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού, τη διακύμανση της γωνίας στροφής του τιμονιού, το μέσο χρόνο αντίδρασης και τη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, καθώς και μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης για την πιθανότητα ατυχήματος εξαιτίας εμφάνισης επικίνδυνων γεγονότων και την πιθανότητα ατυχήματος λόγω άλλων παραγόντων.

Στους πίνακες 6.1 και 6.2 που ακολουθούν παρουσιάζονται συνοπτικά τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν, ώστε να προκύψουν από τη σύγκρισή τους σημαντικά συμπεράσματα.

Η Επιρροή των Καιρικών Συνθηκών και της Πίεσης Χρόνου στην Οδική Ασφάλεια

Πίνακας 6.1: Διωνυμικά λογιστικά μοντέλα πρόβλεψης πιθανότητας ατυχήματος

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Πιθανότητα ατυχήματος εξαιτίας επικίνδυνου συμβάντος				Πιθανότητα ατυχήματος λόγω άλλων παραγόντων εκτός των επικίνδυνων συμβάντων			
	B	Wald	e	e*	B	Wald	e	e*
Ηλικιακή ομάδα	-0,951	17,018	-0,31	1,56				
Εμπειρία					-1,020	14,891	-0,37	2,36
Φύλο					-0,539	2,872	-0,34	2,17
Ομίχλη	0,793	3,131	0,54	-2,74				
Βροχή	2,084	24,190	15,15	-76,92	1,705	16,482	9,39	-59,72
Χιόνι	2,897	43,700	38,32	-194,57	2,811	45,232	33,21	-211,15
Πίεση χρόνου					0,553	3,100	1,92	-12,24
Οδήγηση πάνω από όριο ταχύτητας	-0,777	9,023	-0,26	1,33				
Προσεκτική οδήγηση	-0,727	4,617	-0,20	1,00				
Συμμετοχή σε ατχ. με υλ.ζημιές					1,393	12,894	7,57	-48,14
Οδήγηση υπό βροχή ετησίως					-0,815	19,597	-0,16	1,00

Πίνακας 6.2: Γραμμικά μοντέλα πρόβλεψης οδηγικών χαρακτηριστικών

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Μέση ταχύτητα οδήγησης				Μέση απόσταση από τη δεξιά άκρη της οδού				Διακύμανση μέσης γωνίας στροφής του τιμονιού				Μέσος χρόνος αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν				Μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα			
	B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	t	e	e*
Ηλικία					-0.153	-4.404	0.0068	-					30.36	2.198	0.0001	-				
Ηλικιακή ομάδα																				
Εμπειρία	1.09	2.011	0.03	1.00	-0.153	3.887	-0.04	1.00	-7.822	-2.712	-0.29	1.00								
Φύλο	-3.71	-4.845	-0.09	-3.40									126.73	2.016	0.06	1.11	19.43	2.420	0.21	1.00
Ομίχλη					-0.273	-1.777	-0.07	1.78					534.13	6.221	0.25	4.67				
Βροχή	-2.716	-3.215	-0.07	-2.49	-0.301	-1.969	-0.08	1.97	15.871	3.674	0.60	-2.03	398.61	4.673	0.19	3.48				
Χιόνι	-14.456	-16.973	-0.36	-13.26	-1	-7.693	-0.32	7.73	43.995	10.105	1.66	-5.62	349.00	4.049	0.16	3.05	27.94	3.234	0.30	1.44
Πίεση χρόνου	8.896	12.820	0.22	8.16	1.401	12.982	0.38	-9.16	25.603	7.218	0.96	-3.27					-56.086	-7.444	0.60	-2.89
Οδήγηση πάνω από όριο ταχύτη	2.472	3.336	0.06	2.27																
Οδήγηση υπό πίεση χρόνου													151.521	1.770	0.07	1.32				
Συμμετοχή σε ατχ. με υλ. ζημιές									-7.822	2.557	-0.29	1	114.457	1.788	0.05	1				
Οδήγηση υπό βροχή ετησίως	-1.648	-3.047	-0.04	-1.51																
Οδήγηση υπό βροχή κοντά στο δεξιά οδόστ.					-0.816	-3.847	-0.22	5.33												
Οδήγηση υπό ομίχλη κοντά στο δεξιά οδόστ.					-0.425	-3.053	-0.12	2.78												
Οδήγηση υπό χιόνι κοντά στο δεξιά οδόστ.																	25.029	2.624	0.27	2.29
Οδήγηση υπό χιόνι με μειωμένη ταχύτητα και πιο προσεχτικά													-442.896	-2.162	-0.21	-3.87	22.97	2.852	0.24	2.18

6.2 Συνολικά συμπεράσματα

Αφού παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα και πραγματοποιήθηκε σύνοψη των μαθηματικών μοντέλων είναι εφικτό να διατυπωθούν τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

- Παρατηρείται ότι ενώ οι αντίξοες καιρικές συνθήκες οδηγούν σε σημαντική βελτίωση της συμπεριφοράς οδήγησης, **αυτή η βελτίωση φαίνεται να μην μπορεί να αντισταθμίσει τον κίνδυνο** λόγω της αύξησης της διακύμανσης της μέσης γωνίας στροφής του τιμονιού, των χρόνων αντίδρασης και τελικώς της πιθανότητας ατυχήματος.

Πιθανότητα ατυχήματος

- Το **χιόνι** έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην **πιθανότητα ατυχήματος** σε περίπτωση επικίνδυνου συμβάντος, καθώς επίσης και η **βροχή** και η **ομίχλη** έχουν αρκετά μεγάλη επιρροή. Το αποτέλεσμα αυτό ενδεχομένως οφείλεται στην μη εξοικείωση των Ελλήνων οδηγών με το χιόνι αλλά και στη δυσκολία πέδησης λόγω του ολισθηρού οδοστρώματος και στις δύο περιπτώσεις, καθώς και της χαμηλής ορατότητας.
- Όταν δεν υπάρχει επικίνδυνο συμβάν, η πιθανότητα ατυχήματος αυξάνεται σημαντικά από την **πίεση χρόνου** του οδηγού, διότι η συγκέντρωση του οδηγού, η ψυχολογική του κατάσταση και η ταχύτητα που διατηρεί είναι άρρηκτα συνδεδεμένες, ειδικά σε περιπτώσεις απότομης στροφής.
- Επίσης, όταν δεν υπάρχει επικίνδυνο συμβάν, η **πιθανότητα ατυχήματος** δεν επηρεάζεται από την ομίχλη, επειδή ενδεχομένως η επικινδυνότητα λόγω **ομίχλης** έγκειται στη χαμηλή ορατότητα. Αντίθετα η πιθανότητα ατυχήματος αυξάνεται σε συνθήκες χιονιού και βροχής ακόμη και στην περίπτωση χωρίς επικίνδυνο συμβάν.
- Οι οδηγοί που απάντησαν ότι οδηγούν συνήθως **πάνω από το όριο ταχύτητας** φαίνεται να εμπλέκονται λιγότερο σε ατυχήματα, αυτό πιθανώς οφείλεται στο ότι βρίσκονται σε αυξημένη εγρήγορση ή ότι έχουν συνηθίσει τις μεγαλύτερες ταχύτητες άρα και έχουν μεγαλύτερη άνεση και εμπειρία σε επικίνδυνα συμβάντα.

Χρόνος αντίδρασης

- Η **ομίχλη** έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στον **χρόνο αντίδρασης**, αφού με τη δυσκολία της ορατότητας του εκάστοτε εμποδίου αυξάνεται ο χρόνος αντίδρασης του οδηγού (αύξηση σχεδόν πενταπλάσια).

- Επιπρόσθετα, η **βροχή** και το **χιόνι** οδηγούν σε αύξηση του χρόνου αντίδρασης (η βροχή σε αύξηση σχεδόν τετραπλάσια και το χιόνι σε τριπλάσια). Παρατηρείται ότι όσο δυσχεραίνεται η ορατότητα τόσο αυξάνεται ο χρόνος αντίδρασης. Επίσης η πίεση χρόνου έχει αποτέλεσμα στατιστικά σημαντική αύξηση του χρόνου αντίδρασης και κατά συνέπεια της πιθανότητας ατυχήματος.
- Η **ηλικία** οδηγεί σε αύξηση του χρόνου αντίδρασης, καθώς οι μεγαλύτεροι ηλικιακά οδηγοί φαίνεται να διαθέτουν λιγότερο γρήγορα αντανακλαστικά αλλά και πιθανώς λόγω της μεγαλύτερης σιγουριάς να είναι λιγότερο σε εγρήγορση.

Μέση ταχύτητα

- Η μέση **ταχύτητα** του οχήματος μειώνεται σημαντικά υπό συνθήκες **χιονιού** (κατά μέσο όρο 15km/h λιγότερο) και αυξάνεται αρκετά υπό συνθήκες **πίεσης χρόνου** (κατά μέσο όρο 10 km/h περισσότερο), αποτελέσματα που επιβεβαιώνονται και από τη διεθνή βιβλιογραφία.
- Η **ομίχλη** δεν επηρεάζει την ταχύτητα, γεγονός που συμφωνεί επίσης με τη διεθνή βιβλιογραφία, καθώς ένας λόγος που θεωρείται επικίνδυνη συνθήκη είναι η διατήρηση της ταχύτητας χωρίς αντίληψη της δυσκολίας της χαμηλής ορατότητας.

Άλλοι παράγοντες

- Το **χιόνι** και η **πίεση χρόνου** έχουν παρόμοια επιρροή στη **διακύμανση της μέσης στροφής του τιμονιού**, αφού ενδεχομένως με το χιόνι η πέδηση δυσκολεύει και με τη πίεση χρόνου λόγω της συναισθηματικής κατάστασης του οδηγού ελαττώνεται η ικανότητα ελέγχου του οχήματος.
- Η **ομίχλη**, η **βροχή** και το **χιόνι** οδηγούν σε μείωση της **πλευρικής απόστασης από τη δεξιά άκρη της οδού**, πιθανότατα λόγω του αισθήματος φόβου και της συνειδητοποίησης της επικινδυνότητας. Αντίθετα η **πίεση χρόνου**, όπου συνδέεται με την έλλειψη προσοχής και την επιθετική οδήγηση αυξάνει την απόσταση και μάλιστα αποτελεί τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή (η τιμή είναι σχεδόν διπλάσια για κάθε καιρική συνθήκη για τις ίδιες ηλικιακές ομάδες)
- Στη **μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα** παρατηρείται σημαντική επιρροή από τη μεταβλητή της **πίεσης χρόνου**. Συγκεκριμένα η τιμή κατά μέσο όρο μειώθηκε κατά το ήμισυ δηλαδή περίπου 50m διαφορά για τους άντρες και 40m για τις γυναίκες.

Το **χιόνι** όμως αυξάνει την απόσταση αυτή ενδεχομένως λόγω της μικρής εμπειρίας στη συγκεκριμένη συνθήκη στην Ελλάδα, καθώς και της επικινδυνότητας που έχει ούτως ή άλλως η συγκεκριμένη καιρική συνθήκη.

6.3 Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας

Με βάση τα συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, διαμορφώνονται οι εξής προτάσεις για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας:

- **Κατάλληλη κατασκευή, επαρκής συντήρηση** και βελτίωση της οδικής υποδομής. Δηλαδή σωστή χάραξη και διαμόρφωση κλίσεων και επικλίσεων (τα περισσότερα ατυχήματα εκτός των επικίνδυνων γεγονότων έλαβαν χώρα σε απότομη αριστερή στροφή), κατάλληλο δίκτυο αποστράγγισης (αγωγοί όμβριων, οχετοί κ.λπ.) και βελτίωση της αντιολισθητικής ικανότητας του ασφαλτοτάπητα, ειδικά για τις συνθήκες βροχής και χιονιού.
- Ενημέρωση μέσω **φωτεινών πινακίδων** όσον αφορά τα απρόβλεπτα καιρικά φαινόμενα και συμβουλευτικές οδηγίες (π.χ. καταιγίδα σε ξηρή περίοδο) και μέσω **προειδοποιητικών πινακίδων** όσον αφορά τα σημεία όπου υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος εμφάνισης δυσμενών καιρικών φαινομένων (π.χ. ομίχλη).
- Θέσπιση **μεταβλητών ορίων ταχύτητας** ανάλογα με τις υπάρχουσες καιρικές συνθήκες. Έτσι θα μειωθούν ατυχήματα υπό επικίνδυνες καιρικές συνθήκες λόγω ολισθηρού οδοστρώματος ή χαμηλής ορατότητας που όπως αποδείχθηκε αυξάνουν τους χρόνους αντίδρασης των οδηγών.
- **Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση** του συνόλου της ελληνικής κοινωνίας, για την οδική ασφάλεια και συγκεκριμένα για την επικινδυνότητα της πίεσης χρόνου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα έχει παρόμοια επιρροή στα ατυχήματα με το χιόνι, για αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό να γνωρίζουν το μέγεθος του προβλήματος και να γίνεται εν τέλει προσπάθεια από τους οδηγούς για μεγαλύτερη συγκέντρωση και τήρηση των ορίων ταχύτητας.
- **Βελτίωση της εκπαίδευσης** και των **εξετάσεων** των υποψήφιων οδηγών. Με λίγα λόγια προετοιμασία για τις διαφορετικές καιρικές συνθήκες (π.χ. ομίχλη, βροχή, κ.λπ.), το οποίο θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με προσομοιωτή οδήγησης. Επίσης καλύτερος έλεγχος κατά τις εξετάσεις σχετικά με τις ικανότητες οδήγησης υπό επικίνδυνα καιρικά φαινόμενα.

- Ενδεχομένως να συμπεριληφθεί στην εκπαίδευση των οδηγών (πριν και μετά την απόκτηση του Διπλώματος Οδήγησης) και η **εκπαίδευση οδήγησης υπό πίεση χρόνου**, ώστε να μπορούν να αντιμετωπίζουν με ασφάλεια και τις καταστάσεις πίεσης χρόνου κατά την οδήγηση.
- **Αναβάθμιση του τεχνικού ελέγχου** των οχημάτων, καθώς και ειδικές ρυθμίσεις για σχολικά λεωφορεία, βαρέα οχήματα κ.λπ., ώστε να μπορούν να ανταπεξέρχονται επαρκώς και στις συνθήκες βροχής και χιονιού.
- **Παρακολούθηση της παραβατικότητας** και των οδικών ατυχημάτων και συσχέτισής τους, ειδικά σε συνθήκες βροχής, χιονιού και ομίχλης. Δηλαδή συστηματική καταγραφή της παραβατικότητας και βελτίωση καταγραφής των οδικών ατυχημάτων για τις διαφορετικές καιρικές συνθήκες.

6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η ανάγκη βελτίωσης της οδικής ασφάλειας καθιστά πολύ σημαντικές τις σχετικές έρευνες. Συγκεκριμένα η επίδραση των διαφορετικών καιρικών συνθηκών και πίεσης χρόνου στα οδικά ατυχήματα προέκυψε ότι χρειάζεται περισσότερη ανάλυση. Επομένως κρίνεται χρήσιμο να παρουσιαστούν οι παρακάτω προτάσεις για περαιτέρω έρευνα όσον αφορά το αντικείμενο αυτό.

- Διεξαγωγή του πειράματος με **μεγαλύτερο δείγμα συμμετεχόντων**. Όσο αυξάνεται το δείγμα τόσο πιο αξιόπιστα αποτελέσματα θα εξαχθούν.
- Εξέταση της επιρροής της πίεσης χρόνου σε **κάθε καιρική συνθήκη ξεχωριστά**.
- Εξέταση **επιπλέον ηλικιακών ομάδων**, έτσι ώστε να προκύψουν συμπεράσματα για το σύνολο των οδηγών και να καθίσταται εφικτή η σύγκριση ανάμεσα στις ηλικιακές ομάδες.
- Εφαρμογή **διαφορετικών στατιστικών μεθόδων ανάλυσης**, από εκείνες που χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα Διπλωματική Εργασία για περαιτέρω στατιστική ανάλυση και ανάπτυξη επιπλέον μοντέλων.
- Προσθήκη **διαφορετικών σεναρίων οδήγησης**, για παράδειγμα θα είχε ενδιαφέρον η εξέταση διαφορετικών συνθηκών κυκλοφορίας, άλλα οδικά περιβάλλοντα, οδήγηση τη νύχτα κ.λπ.

- Εξέταση και **άλλων συναισθηματικών καταστάσεων** των οδηγών όπως οδήγηση υπό θυμό ή οδήγηση ενώ ο συμμετέχων είναι εξαντλημένος.

7 Βιβλιογραφία

(n.d.).

- (1) Abdel-Aty, M., Ekrama, A.-A., Huang, H., & Choic, K. (2011). A study on crashes related to visibility obstruction due to fog and smoke. *Accident Analysis & Prevention*.
- (2) Aguero-Valverde, J., & Jovanis, P. (2006). Spatial Analysis of Fatal and Injury Crashes in Pennsylvania.
- (3) Andreescu, M.-P., & Frost, D. (1998). Weather and traffic accidents in Montreal.
- (4) Andrey, J., Mills, B., Leahy, M., & Suggett, J. (2003). Weather as a Chronic Hazard for Road Transportation in Canadian Cities.
- (5) Beck, K. H., Daughters, S. B., & Ali, B. (2012). Hurried driving: Relationship to distress tolerance, driver anger, aggressive and risky driving in college students.
- (6) Bergel-Hayat, R., Debarh, M., Yannis, G., & Antoniou, K. (2013). Explaining the road accident risk: weather effects.
- (7) Bergström, A. (2003). Accident risks during early, mid and end of winter.
- (8) Brodsky, H., & Hakkert, A. (1988). Risk of a Road Accident in Rainy Weather.
- (9) *CARE (EU road accidents database)*. (2016). Retrieved from https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/asr2018.pdf.
- (10) Chang, C., & Chen, C. (2005). The impact of weather on crop yield distribution in Taiwan: some new evidence from panel data models and implications for crop insurance.
- (11) COST Action 353. (2008). New Developments for Winter Service on European Roads. Final Report of COST Action 353: Winter Service Strategies for Increased European Road Safety. Technical Report.
- (12) Danhel, E., Edwards, B., Tubre, T., Zyphur, M., & Warren, C. (2012). Taking a look behind the wheel: an investigation into the personality predictors of aggressive.
- (13) Eisenberg, D. (2004). The mixed effects of precipitation on traffic crashes.

- (14) Eisenberg, D., & Warner, K. (2005). Effects of snowfalls on motor vehicle collisions, injuries, and fatalities.
- (15) El-Basyouny, K., & Kwon, D.-W. (2012). Assessing time and weather effects on collision frequency by severity in Edmonton using multivariate safety performance functions.
- (16) European commission. (2019). Retrieved from <https://ec.europa.eu/>.
- (17) European commission. (2020). Retrieved from <https://ec.europa.eu/>.
- (18) Fridstorm, L. (1999). Econometric models of road use, accidents, and road investments decisions.
- (19) Fridstrom, L., Ifver, J., Ingebrigtsen, S., Kulmala, R., & Krogsgard Thomsen, L. (1995). Measuring the contribution of randomness, exposure, weather, and daylight to the variation in road accident counts.
- (20) Hotta, Y., & Tanida, K. (2004). A Study of Driving Behaviour when Driver is Feeling Hurried and a Potential Method for their Detection.
- (21) Kauffman, R., Techatassanasoontorn, A., & Wang, B. (2012). Event history, spatial analysis and count data methods for empirical research in information systems.
- (22) Keay, K., & Simmonds, I. (2006). Road accidents and rainfall in a large Australian city.
- (23) Malmivuo, M., & Kärki, O. (2002). Winter road conditions and accident risk.
- (24) Miller, M. (1967). Study of some accidents on motorway M4 in fog.
- (25) Moore, R., & Cooper, L. (1972). Fog and road traffic. Crowthorne: Transport & Road Research Laboratory.
- (26) Musk, L. (1982). The local fog hazard as a factor in planning new roads and motorways.
- (27) Rosenfeld, J. (1996). Cars vs. the weather: a century of progress.

- (28) Salli, R., Lintusaari, M., Tiikkaja, H., & Pöllänen, M. (2008). Wintertime road conditions and accident risks in passenger car traffic.
- (29) Sarjamo, S., & Malmivuo, M. (2004). Wintertime traffic safety in Finland and Sweden.
- (30) Shankar, V., Mannering, F., & Barfield, W. (1995). Effect of roadway geometrics and environmental factors on rural freeway accident frequencies.
- (31) White, M., & Jeffrey, D. (1980). Some aspects of motorway traffic behaviour in fog.
- (32) *World Health Organization*. (2020). Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>.
- (33) Zhao, S., Wang, K., Liu, C., & Jackson, E. (2019). Investigating the effects of monthly weather variations on Connecticut freeway crashes from 2011 to 2015.
- (34) Γιαννής, Γ., & Καρλάφτης, Μ. (2010). Weather Effects on Daily Traffic Accidents and Fatalities: A Time Series Count Data Approach.
- (35) Γκόλιας, Γ., & Μπλάνα, Ε. (2002). Differences between vehicle lateral displacement on the road and in a fixed-base simulator.
- (36) *ΕΛΣΤΑΤ*. (2014). Ανάκτηση από <https://www.statistics.gr/>.
- (37) *ΕΛΣΤΑΤ*. (2020). Ανάκτηση από <https://www.statistics.gr/>.
- (38) Θεοφιλάτος, Α., & Γιαννής, Γ. (2014). A review of the effect of traffic and weather characteristics on road safety.
- (39) Κανελλαΐδης, Γ., Γιαννής, Γ., Βαρδάκη, Σ., & Λαΐου, Α. (2011). Ανάπτυξη σχεδίου για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα, 2011-2020.
- (40) Παπαντωνίου, Π., Παπαδημητρίου, Ε., & Γιαννής, Γ. (2013). Review of driving simulator studies on driver distraction.
- (41) Φραντζεσκάκης, Ι., & Γκόλιας, Ι. (1994). *Οδική Ασφάλεια*. Παπασωτηρίου.

Παράρτημα

Έντυπο 1: Ερωτηματολόγιο πειράματος

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



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

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

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

1. Ημερομηνία πειράματος : _____

2. Α/Α συμμετέχοντα : _____

3. Ηλικία : _____ ετών

4. Φύλο : Άντρας Γυναίκα

5. Οδηγική εμπειρία (έτη) : 1 έως 3 4 έως 6 >7

6. Τι απόσταση διανύετε εβδομαδιαία με Ι.Χ. όχημα εντός πόλης;
_____ χλμ.

7. Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα με παθόντες;

8. Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα με υλικές ζημιές;

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

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

10. Πόσες φορές το χρόνο οδηγείτε με ομίχλη;

Καμία 1 έως 4 5 έως 10 >10

11. Πόσες φορές το χρόνο οδηγείτε με βροχή;

Καμία 1 έως 4 5 έως 10 >10

12. Πόσες φορές το χρόνο οδηγείτε με χιόνι;

Καμία 1 έως 4 >4

13. Θα αποφεύγατε να οδηγήσετε:

	Ναι	Όχι	Ίσως
Με ομίχλη:			
Με βροχή :			
Με χιόνι :			

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

	Καθόλου	Λίγο	Μέτρια	Αρκετά	Πολύ
Με ομίχλη:					
Με βροχή :					
Με χιόνι :					

15. Κατά ποιόν τρόπο μεταβάλλετε την οδική σας συμπεριφορά όταν οδηγείτε με ομίχλη; Και πόσο;

- Μειώνετε ταχύτητα και οδηγείτε πιο προσεκτικά
- Οδηγείτε στην άκρη του δρόμου

16. Κατά ποιόν τρόπο μεταβάλλετε την οδική σας συμπεριφορά όταν οδηγείτε με βροχή ; Και πόσο;

- Μειώνετε ταχύτητα και οδηγείτε πιο προσεκτικά
- Οδηγείτε στην άκρη του δρόμου

17. Κατά ποιόν τρόπο μεταβάλλετε την οδική σας συμπεριφορά όταν οδηγείτε με χιόνι ;
Και πόσο;

- Μειώνετε ταχύτητα και οδηγείτε πιο προσεκτικά
- Οδηγείτε στην άκρη του δρόμου

18. Κατά πόσο μειώνετε την ταχύτητα σας όταν οδηγείτε :

Ταχύτητα (χλμ./ώρα)	Καθόλου	0-20	>20
Με ομίχλη :			
Με βροχή :			
Με χιόνι :			

19. Θεωρείτε την οδήγηση υπό ομίχλη επικίνδυνη ;

20. Θεωρείτε την οδήγηση υπό βροχή επικίνδυνη ;

21. Θεωρείτε την οδήγηση υπό χιόνι επικίνδυνη ;

22. Θεωρείτε ότι γενικά οδηγείτε στην δεξιά άκρη του οδοστρώματος;

23. Θεωρείτε ότι γενικά οδηγείτε άνω του ορίου κυκλοφορίας ;

24. Θεωρείτε ότι γενικά οδηγείτε προσεχτικά;

25. Έχετε οδηγήσει υπό την πίεση του χρόνου ή κάποιου άλλου εξωτερικού παράγοντα;
Αν ναι πόσο συχνά;