



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΗΛΩΘΕΙΣΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΘΕΙΣΑΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΟΔΗΓΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΕΞΥΠΝΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ



Κόκκαλη Κωνσταντίνα

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

Αθήνα, Μάρτιος 2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., για την καθοδήγηση του σε όλα τα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής μου Εργασίας, την υποστήριξη του καθώς επίσης και τις χρήσιμες συμβουλές που αφορούν όχι μόνο την παρούσα εργασία αλλά και την γενικότερη μου πορεία μου στον επαγγελματικό χώρο μετέπειτα ως μηχανικός και ως άνθρωπος.

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

Επίσης, ιδιαίτερες ευχαριστίες ανήκουν και στην εταιρεία τηλεματικής OSeven, η οποία παραχώρησε τα στοιχεία μέτρησης της συμπεριφοράς οδηγού που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής: κα. Ελένη Βλαχογιάννη, Επίκουρο Καθηγήτρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ και τον κ. Στέργιο Μαυρομάτη, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ για τις επικοινωνητικές παρατηρήσεις τους αλλά κυρίως για τις γνώσεις που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου στη σχολή.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου για την στήριξη και την συμπαράσταση τόσων χρόνων.

Αθήνα, Μάρτιος 2021
Κόκκαλη Κωνσταντίνα

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΗΛΩΘΕΙΣΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΘΕΙΣΑΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΟΔΗΓΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΕΞΥΠΝΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ

Κόκκαλη Κωνσταντίνα
Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Σύνοψη

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η συσχέτιση δηλωθείσας και παρατηρηθείσας συμπεριφοράς των οδηγών με χρήση αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης. Για αυτό το σκοπό, τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω εφαρμογής για τα κινητά τηλέφωνα και αφορούσαν στις απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις, στη μέση ταχύτητα και στα χιλιόμετρα που διένυσε ο κάθε οδηγός. Μέσω της εφαρμογής OSeven καταγράφηκαν οι διαδρομές 19 οδηγών, σε αυτοκινητόδρομος και αστικές και υπεραστικές, ενώ η δηλωθείσα συμπεριφορά τους αποτυπώθηκε μέσω ειδικού ερωτηματολογίου. Για την ανάλυση των στοιχείων των μετρήσεων και των απαντήσεων αναπτύχθηκαν δύο στατιστικά μοντέλα παλινδρόμησης poisson: ένα για τις απότομες επιταχύνσεις και ένα για τις απότομες επιβραδύνσεις. Τα αποτελέσματα και από τα δύο μοντέλα έδειξαν ότι η εμπειρία οδήγησης, η ηλικία του οδηγού, ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων, η ηλικία του οχήματος, τα πρόστιμα που έχει λάβει ο οδηγός τα τρία τελευταία χρόνια αποτελούν παράγοντες που οδηγούν σε αύξηση των απότομων συμβάντων. Από τη συγκριση με την κατά δήλωση συμπεριφορά τους προέκυψε σύγκλιση με την παρατηρηθείσα συμπεριφορά στις περισσότερες περιπτώσεις.

Λέξεις κλειδιά : δηλωθείσα-παρατηρηθείσα συμπεριφορά, αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων, απότομη επιτάχυνση, απότομη επιβράδυνση, poisson.

CORRELATION OF DECLARED AND REVEALED BEHAVIOUR USING SMARTPHONE SENSORS

Kokkali Konstantina
Supervisor: George Yannis, Professor, NTUA

Abstract

The aim of this study is the correlation of declared and revealed driver's behaviour with the use of smartphone sensors at a naturalistic driving experiment. To this purpose, data were collected from an innovative application for smartphones concerning harsh acceleration and braking, average speed and mileage travelled. OSeven Telematics smartphone application was used to monitor naturalistic driving trips of 19 drivers, whereas drivers' stated behaviour was investigated through a related questionnaire. Data analysis was carried out through two regression poisson statistical models: one model for harsh accelerations and one model for harsh breaks. Both models' results indicate that driving experience, driver age, number of injury accidents in which the driver was involved, vehicle age, fines received by the driver during the last 3 years are all variables associated with increased harsh events. In most of the cases, a convergence between stated and revealed behaviour was observed.

Keywords: declared and revealed behaviour, smartphone sensors, harsh acceleration, harsh braking, Poisson regression.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της συσχέτισης **δηλωθείσας και παρατηρηθείσας συμπεριφοράς των οδηγών με χρήση αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων**. Τα δεδομένα της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς του οδηγού προέρχονται από τη χρήση λεπτομερών δεδομένων φυσικής οδήγησης που έχουν συλλεχθεί από το έξυπνο κινητό τηλέφωνο του οδηγού. Η συλλογή των στοιχείων γίνεται μέσω αισθητήρων από μια εφαρμογή η οποία όποτε ο χρήστης οδηγεί καταγράφει μια σειρά στοιχείων για τον τρόπο οδήγησης του. Επιπροσθέτως, ο κάθε οδηγός κλήθηκε να συμπληρώσει ένα ερωτηματολόγιο, που περιελάμβανε γενικά στοιχεία οδήγησης του κάθε οδηγού, τις συνήθειες του απέναντι στην οδική ασφάλεια καθώς και τα δημογραφικά του στοιχεία.

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

Αφού μελετήθηκαν τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, σειρά είχε η ανάλυση της βάσης δεδομένων που συλλέχθηκαν από 19 οδηγούς σε **πείραμα σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης** μέσω των αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Η πειραματική διαδικασία υλοποιήθηκε με την **υποστήριξη της εταιρίας τηλεματικής OSeven**, η οποία παραχώρησε τα πολύ χρήσιμα στοιχεία μέτρησης της συμπεριφοράς οδηγού.

Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψαν τα **τελικά μαθηματικά μοντέλα** που αποτυπώνουν τη συσχέτιση των εξαρτημένων μεταβλητών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν. Επισημαίνεται ότι η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών κάθε μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της ελαστικότητας. Η σχετική επιρροή χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση της επιρροής της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου μοντέλου. Μετά από κατάλληλη επεξεργασία και μία σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν μαθηματικά μοντέλα με τη μέθοδο της **γραμμικής παλινδρόμησης** για τις **εξαρτημένες μεταβλητές**, από ένα μεγάλο αριθμό στοιχείων που συλλέχθηκαν από τους αισθητήρες των έξυπνων τηλεφώνων .

Μεταβλητές	Απότομες επιταχύνσεις			Απότομες επιβραδύνσεις		
	β_i	e_i	e_i^*	β_i	e_i	e_i^*
Χρόνια οδήγησης	0,511	0,006	1	0,283	0,009	1
Ηλικία	-0,522	-0,013	2,06	-0,182	-0,011	1,297
1 ατύχημα μέχρι σήμερα	6,226	0,426	36,624			
Ηλικία οχήματος (5-10 χρονών)	-6,599	-0,452	38,818			
Επάγγελμα: ιδιωτικός υπάλληλος	9,816	0,672	57,741			
Αρκετά προσεκτική οδήγηση	2,855	0,195	16,794			
Ενοικίαση οχήματος μέσω της διαδικασίας leased				-2,613	-0,437	4,298
Κανένα ατύχημα με τραυματίες				-1,002	-0,168	1,648
1 πρόστιμο για παράβαση ΚΟΚ τα τελευταία 3 χρόνια				7,596	1,27	12,493
Αρκετά ικανός οδηγός				-1,882	-0,315	3,095

Πίνακας 1. Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μαθηματικών μοντέλων

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των τεσσάρων προτύπων και περιλαμβάνει τους συντελεστές βί και τις τιμές της σχετικής επιρροής ει των ανεξαρτήτων μεταβλητών.

Συνολικά Συμπεράσματα

Κατά τα διάφορα στάδια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέκυψε μία **σειρά συμπερασμάτων** που συνδέεται άμεσα με τους αρχικούς στόχους και τα ερωτήματά της. Στο παρόν υποκεφάλαιο επιχειρείται να δοθεί απάντηση στα ερωτήματα αυτά, με τη σύνθεση των αποτελεσμάτων των προηγούμενων κεφαλαίων. Τα γενικά συμπεράσματα συνοψίζονται ως εξής:

- Στις έρευνες που έχουν διεξαχθεί έως τώρα παγκοσμίως αναφορικά με τη μελέτη για την συσχέτιση δηλωθείσας και την παρατηρηθείσας συμπεριφοράς των οδηγών, η συλλογή των δεδομένων γινόταν είτε μέσω του συστήματος διαγνωστικών του οχήματος (OBD) είτε μέσω άλλων πολύπλοκων συνδυασμών οργάνων καταγραφής που συνδέονταν με το όχημα (naturalistic driving, κλπ.) ή με προσομοιωτές οδήγησης και ερωτηματολόγια. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάζεται **για πρώτη φορά η παρακολούθηση της συμπεριφοράς των οδηγών με δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων** που αφορούν στον οδηγό και όχι στο όχημα και επιχειρείται η σύγκριση τους με τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από τα ερωτηματολόγια που έχουν συμπληρώσει οι ίδιοι οι οδηγοί που συμμετέχουν στην έρευνα.
- **Οι παράγοντες που επηρεάζουν την παρατηρηθείσα συμπεριφορά** του οδηγού είναι αρκετοί αλλά από τις αναλύσεις ελαστικότητας προκύπτει ότι οι πιο καθοριστικοί παράγοντες είναι το επάγγελμα του οδηγού, η ηλικία του οχήματος και ο αριθμός ατυχημάτων που έχει εμπλακεί ο οδηγός μέχρι σήμερα. Στην ιεράρχηση καθοριστικών παραγόντων ακολουθεί ο αριθμός παραβάσεων ΚΟΚ για τις οποίες έχει τιμωρηθεί τα τελευταία 3 χρόνια και αντίληψη του οδηγού ως προς τη συχνότητα που επιταχύνει απότομα. Μικρότερη επιρροή στην κυκλοφοριακή συμπεριφορά του οδηγού παρουσιάζει ο παράγοντας εμπλοκής του σε ατυχήματα με τραυματίες.
- Δεδομένου ότι ο αριθμός ατυχημάτων καθώς και ο αριθμός κλήσεων που έχει λάβει ένας οδηγός είναι ένας αντιπροσωπευτικός δείκτης του βαθμού στον οποίο είναι προσεκτικός παρατηρήθηκε ότι **όσο περισσότερα ατυχήματα έχει στο ιστορικό του ένας οδηγός τόσο λιγότερα γεγονότα κατά την οδήγηση καταγράφει**. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι οι οδηγοί με ατυχήματα έμαθαν ότι πρέπει να είναι προσεκτικοί για να μην εμπλακούν ξανά σε ατυχήματα.
- Η δηλωθείσα συμπεριφορά του οδηγού που αποτυπώνεται μέσω της ανεξάρτητης μεταβλητής της δεδηλωμένης συχνότητας απότομου φρεναρίσματος του οδηγού, η οποία **φαίνεται να επηρεάζει την παρατηρηθείσα συμπεριφορά του λιγότερο από τις άλλες μεταβλητές**. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι η ανθρώπινη αντίληψη εμπειριέχει εν δυνάμει σφάλματα εκτίμησης των δυνατοτήτων και ενδεχομένως αποκλίνει από την παρατηρηθείσα συμπεριφορά.
- Εξίσου σημαντική μεταβλητή είναι τα **χρόνια εμπειρίας** που έχει ο οδηγός. Οι οδηγοί που κάνουν **απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις** έχουν περισσότερα χρόνια εμπειρίας οδήγησης και αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι νιώθουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση από ότι οι νέοι οδηγοί.

- **Σημαντικό συμπέρασμα** είναι ότι οι ιδιωτικοί υπάλληλοι έχουν την τάση να πραγματοποιούν περισσότερες απότομες επιταχύνσεις σε σύγκριση με τους ελεύθερους επαγγελματίες και τους επιχειρηματίες. Αυτό ίσως θα μπορούσε να δικαιολογηθεί ότι οι ιδιωτικοί υπάλληλοι στην καθημερινή τους ρουτίνα έχουν περισσότερο άγχος από τους άλλους γιατί έχουν συγκεκριμένο χρόνο για τις μετακινήσεις τους.
- Η **ηλικία του οχήματος** είναι ανασταλτικός παράγοντας ώστε ο οδηγός να επιχειρήσει απότομες επιταχύνσεις, μια λογική συνέπεια εφόσον δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για την αξιοπιστία του οχήματος. Ενδεχομένως αυτό να εξηγείται με το γεγονός ότι ανάλογα την ηλικία που έχει το όχημα κάνει τον οδηγό να οδηγεί πιο συνετά και άρα δεν κάνει απότομες επιταχύνσεις.
- Η μέθοδος που επιλέχθηκε από τα γενικευμένα γραμμικά μοντέλα είναι η μέθοδος **poisson**, η οποία αποδείχθηκε κατάλληλη για την εξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Η ανάλυση των στοιχείων με αυτή τη μέθοδο οδήγησε στην ανάπτυξη χρήσιμων μαθηματικών μοντέλων διερεύνησης της συσχέτισης δηλωθείσας και της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς των οδηγών.
- Καταληκτικά, μπορεί να καταστεί δυνατή **η γενίκευση των αποτελεσμάτων** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ώστε να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες συναφείς έρευνες, μετά βέβαια από τις κατάλληλες προσαρμογές.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Γενική Ανασκόπηση	1
1.2	Η Οδική ασφάλεια σε παγκόσμιο επίπεδο	1
1.3	Στόχος της διπλωματικής εργασίας	4
1.4	Μεθοδολογία	4
1.5	Δομή της Διπλωματικής εργασίας.....	6
2.	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	8
2.1	Εισαγωγή	8
2.2	Έρευνες εστιασμένες στην οδηγική συμπεριφορά με τη χρήση αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων	8
2.3	Έρευνες εστιασμένες στην συσχέτιση δηλωθείσας και παρατηρηθείσας συμπεριφοράς οδηγών	8
2.4	Σύνοψη	14
3	Θεωρητικό υπόβαθρο	15
3.1	Εισαγωγή	15
3.2	Βασικές Κατανομές-Κατανομή Poisson	15
3.3	Μαθηματικά Μοντέλα	16
3.4	Γραμμική Παλινδρόμηση	16
3.5	Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση	17
3.6	Κριτήρια αποδοχής μοντέλου	17
3.7	Λογική ερμηνεία των προσήμων των συντελεστών	17
3.8	Ελαστικότητα.....	18
3.9	Στατιστική σημαντικότητα	18
3.10	Συντελεστής προσαρμογής R^2	19
3.11	Σφάλμα εξίσωσης μοντέλου	20
3.12	Λειτουργία του Ειδικού Στατιστικού Λογισμικού	20
4.	Συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων	22
4.2	Συλλογή δεδομένων	22
4.3	Δεδομένα Πειράματος Φυσικής Οδήγησης	22
4.4	Ειδικό Ερωτηματολόγιο	24
4.5	Επεξεργασία Δεδομένων	25
4.6	Συνοπτικά στατιστικά στοιχεία (Summary Statistics).....	26
4.7	Επεξεργασία των δεδομένων με το λογισμικό IBM SPSS 21.0.....	38
5.	Ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων.....	40
5.1	Εισαγωγή	40
5.2	Δεδομένα εισόδου - Καθορισμός μεταβλητών	40
5.3	Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών	41
5.4	Γενικευμένα Γραμμικά Μοντέλα	44
5.5	Ανάπτυξη μοντέλου πρόβλεψης συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων (HA) σε όλους τους τύπους οδού	47
5.6	Ποιότητα μοντέλου	48
5.7	Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου	49
5.8	Σχετική επιρροή των μεταβλητών στο Μοντέλο 1	50
5.9	Ανάλυση ευαισθησίας.....	51
5.10	Ανάπτυξη μοντέλου πρόβλεψης συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων (HB) σε όλους τους τύπους οδού	53
5.11	Ποιότητα μοντέλου	54
5.12	Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου	55
5.13	Σχετική επιρροή των μεταβλητών στο Μοντέλο 2	56
5.14	Ανάλυση ευαισθησίας.....	57
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	59
6.1	Σύνοψη Αποτελεσμάτων	59

6.2 Συνολικά Συμπεράσματα.....	60
6.3 Προτάσεις για βελτίωση της συμπεριφοράς του οδηγού	61
6.4 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα	62
7. Βιβλιογραφία.....	63

1 Εισαγωγή

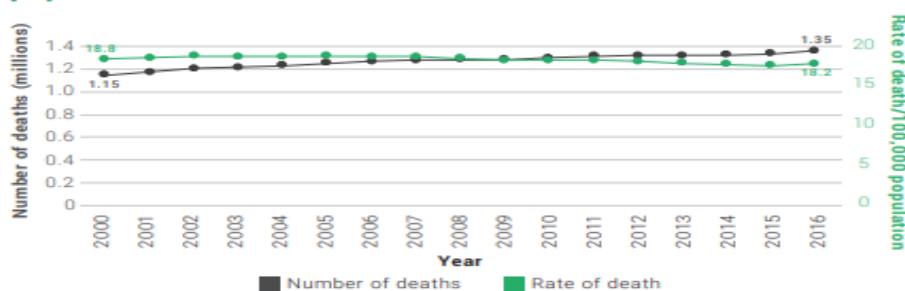
1.1 Γενική Ανασκόπηση

Οι **οδικές μεταφορές** αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι της ανθρώπινης δραστηριότητας στην καθημερινή ζωή. Η σημασία τους είναι πολύ μεγάλη τόσο για τον άνθρωπο, όσο και για την οικονομία κάθε χώρας, καθώς αποτελούν δείκτη της εξέλιξης των κοινωνιών και συμβάλλουν στην αναβάθμιση του βιοτικού επιπέδου. Η **οδική ασφάλεια** θεωρείται για κάθε χώρα, ένα μείζονος σημασίας ζήτημα δεδομένου ότι έχει αξιοσημείωτες κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές επιπτώσεις. Αναμφίβολα, αποτελεί ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα του σύγχρονου κόσμου, έχοντας μονοπωλήσει το ενδιαφέρον πολλών μελετητών σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες. Μάλιστα, αξίζει να αναφερθεί πως η οδική ασφάλεια συνιστά ένα από τα κυριότερα κεφάλαια της συγκοινωνιακής τεχνικής και ένα από τα σημαντικότερα αντικείμενα της επιστήμης του συγκοινωνιολόγου μηχανικού, μέσα στο γενικότερο πλαίσιο του, που είναι η μελέτη συστημάτων που να εξασφαλίζουν την ασφαλή, γρήγορη, οικονομική και άνετη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών.

1.2 Η Οδική ασφάλεια σε παγκόσμιο επίπεδο

Ένα από τα κυριότερα προβλήματα στη ζωή του ανθρώπου είναι τα οδικά ατυχήματα, τα οποία εκτιμάται ότι αποτελούν την τρίτη αιτία θανάτου, μετά τις καρδιοπάθειες και τον καρκίνο, ενώ αποτελούν και μια από τις βασικότερες αιτίες πρόκλησης μόνιμης αναπηρίας σε παγκόσμια κλίμακα. Μολονότι έγιναν αρκετές προσπάθειες για τη μείωση των οδικών ατυχημάτων, παρατηρήθηκε ανεπαρκής πρόοδος καθώς **ο αριθμός των ετήσιων θανάτων από τροχαία ατυχήματα έφθασε τα 1,35 εκατομμύρια**, σύμφωνα με μελέτη του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO, 2018), εκ των οποίων περίπου οι μισοί είναι «ευάλωτοι χρήστες του οδικού δικτύου» και συγκεκριμένα πεζοί, ποδηλάτες και μοτοσικλετιστές. Επισημαίνεται μάλιστα η συγκλονιστικό διαπίστωση ότι **κάθε 24 δευτερόλεπτα ένας χρήστης της οδού χάνει τη ζωή του**, γεγονός ιδιαίτερα ανησυχητικό και άκρως λυπηρό. Επιπλέον, κρίνεται σκόπιμο να τονιστεί ότι, σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία, τα οδικά ατυχήματα έχουν καταστεί η κύρια αιτία θανάτου σε νεαρά άτομα ηλικιών από 15 έως 29 ετών (WHO, 2018) και κατά συνέπεια οι απώλειες αυτές είναι περισσότερο οδυνηρές από οποιαδήποτε άλλη αιτία καθώς τα θύματα είναι κατά κανόνα άτομα υγιή και δραστήρια. Δεν είναι όμως μόνο οι θάνατοι που απειλούν σοβαρά την ευημερία των λαών. Εκτιμάται ότι οι μη θανατηφόροι τραυματισμοί ανέρχονται ετησίως στα 50 εκατομμύρια, οι επιπτώσεις των οποίων είναι ποικίλες και πολλές φορές υποτιμημένες.

Figure 1: Number and rate of road traffic death per 100,000 population: 2000–2016



Διάγραμμα: 1.1 Αριθμός και ποσοστό θανάτων από οδική κίνηση ανά 100.000 πληθυσμού: 2000-2016 Πηγή: WHO, 2019

Ειδικότερα για την Ελλάδα, **οι νεκροί εμφάνισαν σημαντική μείωση** της τάξεως του 10% που οφείλεται όχι μόνο στις συνεχιζόμενες συνέπειες της οικονομικής κρίσης αλλά και στα πεντακόσια (500) νέα χιλιόμετρα αυτοκινητόδρομων, που δόθηκαν στην κυκλοφορία στις αρχές του 2017 και αντικατέστησαν ιδιαίτερα επικίνδυνα οδικά τμήματα του οδικού δικτύου. Η Ελλάδα την τελευταία δεκαετία εμφανίζει την υψηλότερη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στην Ευρώπη (51%) παρόλα αυτά με 64 νεκρούς ανά εκ. πληθυσμού βρίσκεται στην 22^η θέση ανάμεσα στα 28 κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (NRSO, 2019) και απέχει από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο των 50 νεκρών ανά εκ. πληθυσμού, και ακόμα περισσότερο από τα κράτη με τις καλύτερες επιδόσεις (25 νεκροί ανά εκ. πληθυσμού).

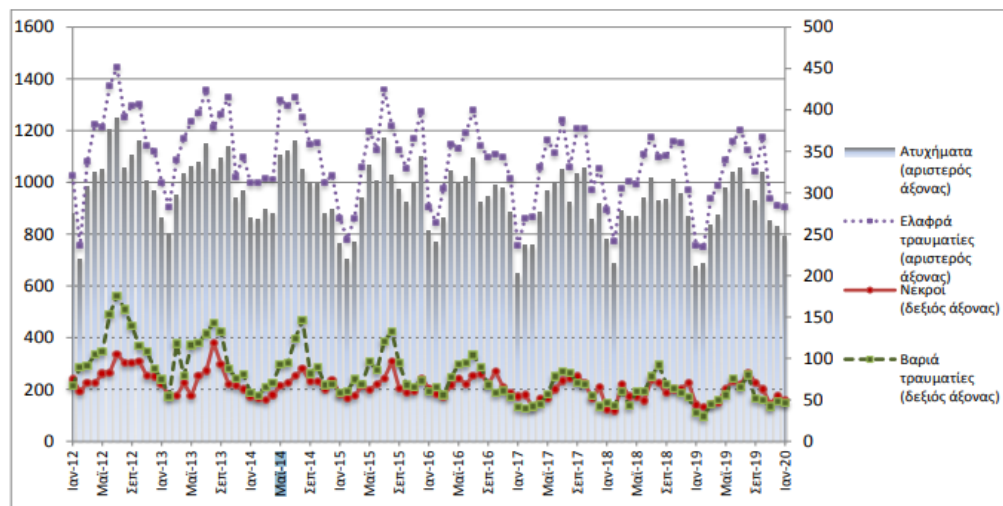


Διάγραμμα:1.2 Αριθμός νεκρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού στην Ευρώπη
 Πηγή: nrso, 2020

Αν κάνουμε μια μικρή αναδρομή των τελευταίων χρόνων θα δούμε ότι το 2014, ο ετήσιος αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανερχόταν σε περίπου 1,2 εκατομμύρια παγκοσμίως, σε 26.000 στην Ευρωπαϊκή Ένωση και σε 800 στην Ελλάδα καθιστώντας τα οδικά ατυχήματα ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της σύγχρονης κοινωνίας παγκοσμίως. Την τελευταία δεκαετία, ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα έχει μειωθεί σημαντικά κι ειδικά την περίοδο τη οικονομικής ύφεσης 2008-2014, η **Ελλάδα κατέγραψε εντυπωσιακή μείωση του αριθμού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα κατά 49%**, ενώ τα οδικά ατυχήματα μειώθηκαν κατά 21%.

Ο αριθμός των νεκρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού (74) επίσης μειώθηκε με την Ελλάδα να κάνει σημαντική πρόοδο ανάμεσα στις χώρες της Ε.Ε., φτάνοντας το 2015 για πρώτη φορά πιο κοντά στον μέσο όρο της Ε.Ε. (51) συγκριτικά με τις χώρες που έχουν τις χειρότερες επιδόσεις (80-100). Παρ' όλα αυτά, η τάση αυτή φαίνεται να ανακόπτεται **το 2015, καθώς για πρώτη φορά από το 2004 παρατηρείται αύξηση του αριθμού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα**. Σύμφωνα με προσωρινά στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ), ο αριθμός των νεκρών σε ατυχήματα το 2015 αυξάνεται ελαφρώς κατά 1.3%, ενώ ο αριθμός των ατυχημάτων εμφανίζει μια μικρή μείωση της τάξης του 1%.Επίσης σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) τον Ιανουάριο του 2018 τα οδικά ατυχήματα που συνέβησαν σε ολόκληρη τη χώρα και προκάλεσαν το θάνατο ή τον τραυματισμό ανθρώπων, **αυξήθηκαν κατά 18,8%** σε σύγκριση με τον αντίστοιχο του 2017. Στο διάγραμμα απεικονίζεται ο αριθμός των ατυχημάτων (νεκροί και τραυματίες) όπως εξελίχθηκε από τον Ιανουάριο του 2012 έως τον Ιανουάριο του 2020, στο οποίο διαπιστώνεται μείωση των θανατηφόρων ατυχημάτων με το πέρασμα του χρόνου.

Γράφημα 1: Οδικά τροχαία ατυχήματα και παθόντες, Ιανουάριος 2012 – Ιανουάριος 2020

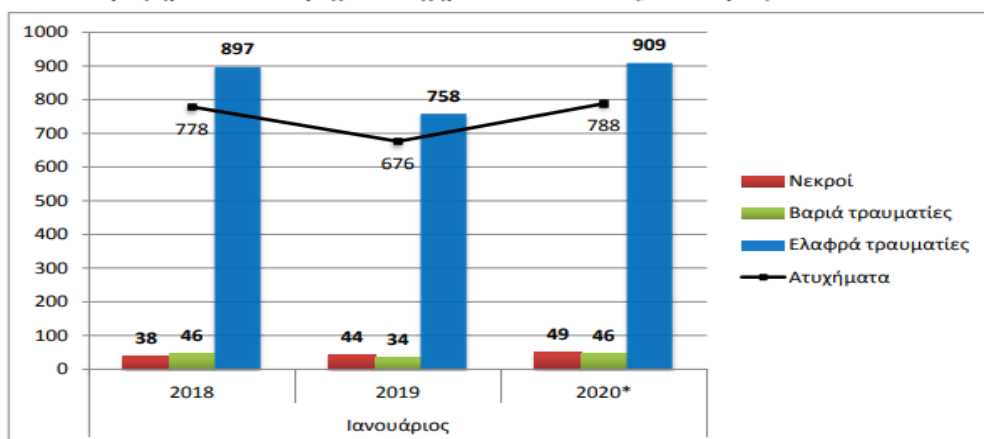


Προσωρινά στοιχεία για το διάστημα Φεβρουάριος 2019 - Ιανουάριος 2020

Διάγραμμα 1.3 Οδικά ατυχήματα και παθόντες
Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

Σύμφωνα με εκτιμήσεις των Συγκοινωνιολόγων, το οικονομικό και κοινωνικό κόστος των νεκρών, τραυματιών και υλικών ζημιών των καταγεγραμμένων οδικών ατυχημάτων με παθόντες στην Ελλάδα ξεπερνάει τα **2,5 δις ευρώ ετησίως** (και ενδεχομένως τριπλασιάζεται αν υπολογιστεί ο πραγματικός αριθμός των παθόντων αλλά και τα ατυχήματα με υλικές ζημιές μόνο). Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και το **European Transport Safety Council**, (www.etsc.eu) συγκριτικά με τις άλλες ευρωπαϊκές χώρες η Ελλάδα στο πέρασμα των χρόνων παρουσιάζει **σημαντική μείωση** των αριθμό των νεκρών από οδικά ατυχήματα.

Γράφημα 2: Οδικά τροχαία ατυχήματα και παθόντες, Ιανουάριος 2018 - 2020*



* Προσωρινά στοιχεία

Διάγραμμα:1.4 Οδικά τροχαία και παθόντες των 2 τελευταίων χρόνων
πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

Οι τρεις **βασικοί παράγοντες ενός οδικού ατυχήματος** (NRSO, 2019) είναι ο χρήστης της οδού, το οδικό περιβάλλον και το όχημα, με τη συμπεριφορά του οδηγού να αποτελεί την κύρια αιτία για ποσοστό 65 - 95% των οδικών ατυχημάτων. Η συμπεριφορά του οδηγού

περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων που μπορούν να αποτελούν αιτίες οδικών ατυχημάτων όπως:

- Επικίνδυνες ενέργειες (υψηλή ταχύτητα, παραβάσεις κώδικα οδικής κυκλοφορίας κ.α.)
- Οδηγικό λάθος ή αντίδραση (απώλεια ελέγχου οχήματος, αδυναμία τήρησης αποστάσεων ασφαλείας, απότομο φρενάρισμα κ.α.)
- Συμπεριφορά ή απειρία (επιθετική οδήγηση, νευρικότητα, αβεβαιότητα κ.α.)
- Απόσπαση προσοχής οδηγού
- Κούραση

Οι κρίσιμοι παράγοντες πρόκλησης οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα, κατά σειρά σημασίας είναι (NRSO, 2019): οι υψηλές ταχύτητες και η επιθετική οδήγηση, τα υψηλά ποσοστά κυκλοφορίας μοτοσικλετιστών, τα χαμηλά ποσοστά χρήσης ζώνης και κράνους, ιδίως στους συνεπιβάτες, η ανοργάνωτη - απροστάτευτη κυκλοφορία ευάλωτων χρηστών της οδού, η οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ και με χρήση κινητού τηλεφώνου.

Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι οι οδηγοί συχνά υπερεκτιμούν τις δυνάμεις τους και έχουν λανθασμένη αντίληψη της οδηγικής τους συμπεριφοράς, με αποτέλεσμα να είναι χρήσιμη η ανάλυση της οδηγικής συμπεριφοράς τους σε πραγματικούς χρόνους και πραγματικές συνθήκες και σύγκρισή της με την αντίληψη που έχουν οι ίδιοι για τον εαυτό τους.

1.3 Στόχος της διπλωματικής εργασίας

Σύμφωνα με τα παραπάνω, στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **συσχέτιση δηλωθείσας και την παρατηρηθείσας συμπεριφοράς των οδηγών**. Για την παρατηρηθείσα συμπεριφορά θα χρησιμοποιηθούν στοιχεία από πείραμα φυσικής οδήγησης με χρήση αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων, ενώ για τη δηλωθείσα συμπεριφορά θα χρησιμοποιηθούν απαντήσεις σε ειδικό ερωτηματολόγιο.

Συγκεκριμένα θα εξεταστεί ο βαθμός στον οποίο τα διάφορα στοιχεία που συνθέτουν τον τρόπο οδήγησης του οδηγού (απότομη επιτάχυνση, απότομη επιβράδυνση, διαδρομές ανά ημέρα, συνολικός αριθμός ατυχημάτων, μόρφωση κτλ.) αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και καθορίζουν την κυκλοφοριακή του συμπεριφορά. Ταυτόχρονα, θα εξεταστεί ο βαθμός στον οποίο ο οδηγός αντιλαμβάνεται σωστά την οδήγηση του συγκρίνοντας τις απαντήσεις που έχει δώσει ο χρήστης σε ερωτηματολόγια με τα αποτελέσματα του πειράματος φυσικής οδήγησης με τα στοιχεία από τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα.

Στη συνέχεια, επιμέρους στόχος της Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **επιλογή της κατάλληλης μεθόδου** για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου, που θα αποτυπώνει επαρκώς και με ακρίβεια τη σχέση μεταξύ εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών.

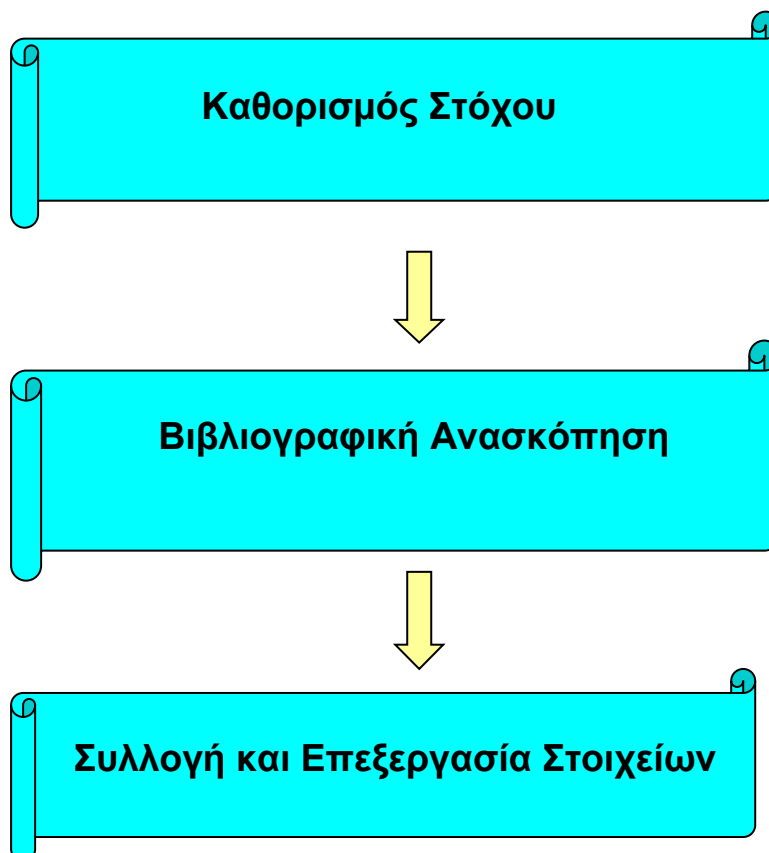
1.4 Μεθοδολογία

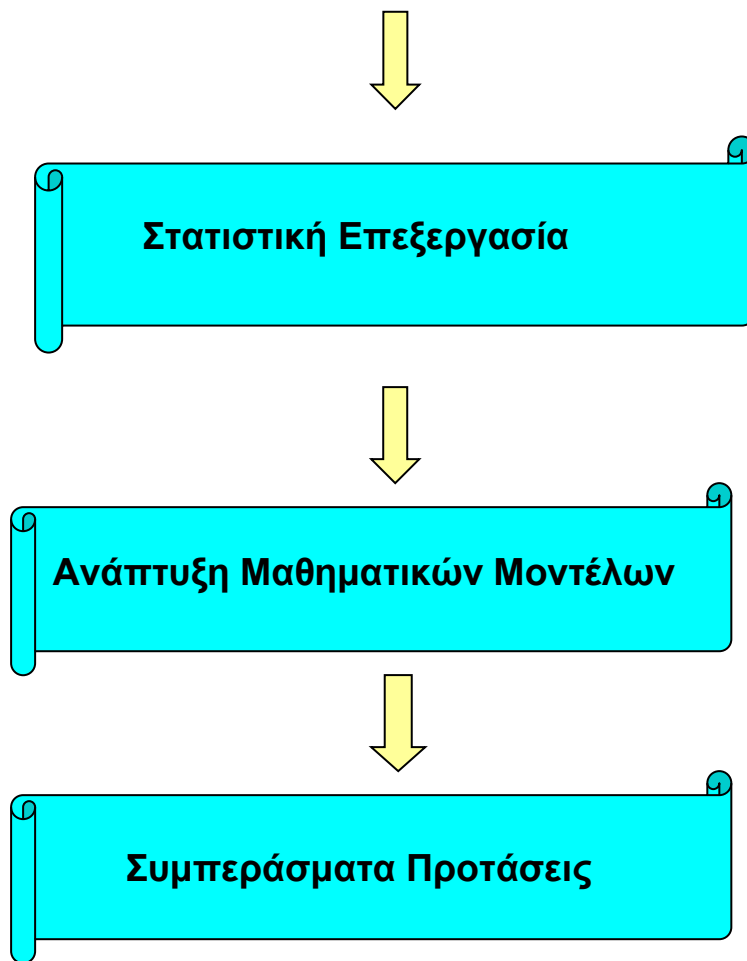
Στο υποκεφάλαιο αυτό περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά καθορίστηκε το **αντικείμενο** που θα εξέταζε η παρούσα Διπλωματική Εργασία καθώς και ο επιδιωκόμενος στόχος της. Για την υλοποίηση του στόχου πραγματοποιήθηκε ευρεία **βιβλιογραφική ανασκόπηση**. Αναζητήθηκαν, δηλαδή, έρευνες με θέμα συναφές με εκείνο της Διπλωματικής εργασίας, τόσο σε ελληνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Σε αυτό το στάδιο, πραγματοποιήθηκε

αναζήτηση παρεμφερών ερευνών, επιστημονικών άρθρων καθώς επίσης και γενικών πληροφοριών που συνδέονται με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Μέσω αυτής της διαδικασίας ανακτήθηκε σχετική εμπειρία η οποία συνέβαλε στην επιλογή μεθόδου σύμφωνα με την οποία θα πραγματοποιούντο η επεξεργασία των στοιχείων και θα επιτυγχανόταν ο επιδιωκόμενος στόχος.

Μετά την ολοκλήρωση της αναζήτησης βιβλιογραφικών αναφορών, ακολούθησε η **συλλογή στοιχείων**. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των χαρακτηριστικών της συμπεριφοράς των οδηγών μέσω ειδικής εφαρμογής τηλεματικής της εταιρία OSeven. Επιπλέον, συμπληρώθηκαν ειδικά ερωτηματολόγια από τους οδηγούς για την καταγραφή της κατά δήλωση συμπεριφοράς τους. Στη συνέχεια, τα στοιχεία καταχωρήθηκαν σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων (Microsoft Excel).

Ακολούθησε η **επιλογή της μεθόδου** στατιστικής επεξεργασίας των στοιχείων και η εισαγωγή της βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης (SPSS 21.0). Την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ακολούθησε η ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων και η **παρουσίαση των αποτελεσμάτων**, στο πλαίσιο της οποίας πραγματοποιήθηκε περιγραφή της επιρροής των ανθρωπινων χαρακτηριστικών-συνηθειών και προσωπικών στοιχείων στην κυκλοφοριακή συμπεριφορά του οδηγού καθώς και στην αντίληψη που έχει ο ίδιος για την οδήγησή του. Τέλος, προέκυψαν τα συμπεράσματα και οι απαντήσεις για τα συνολικά ερωτήματα της έρευνας καθώς επίσης προτάθηκαν λύσεις για την αποφυγή οδικών ατυχημάτων. Παρακάτω παρουσιάζονται υπό μορφή διαγράμματος ροής, τα διαδοχικά στάδια που ακολουθήθηκαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας.





1.5 Δομή της Διπλωματικής εργασίας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η δομή της Διπλωματικής Εργασίας, μέσω της συνοπτικής αναφοράς του περιεχομένου κάθε κεφαλαίου.

Στο **Κεφάλαιο 1**, που αποτελεί μια **εισαγωγή**, γίνεται αναφορά σε στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και ελληνικό επίπεδο. Έπειτα, περιγράφεται το αντικείμενο και ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας και τίθενται τα ερωτήματα προς διερεύνηση. Τέλος πραγματοποιείται συνοπτική περιγραφή της μεθοδολογίας καθώς και της δομής της Διπλωματικής Εργασίας.

Το **Κεφάλαιο 2** αποτελεί τη **βιβλιογραφική ανασκόπηση**, στο πλαίσιο της οποίας παρουσιάζονται μεθοδολογίες και αποτελέσματα ερευνών με αντικείμενο συναφές της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Παρατίθενται εργασίες από την Ελλάδα και το εξωτερικό, οι οποίες έχουν δημοσιευθεί σε συνέδρια, επιστημονικά περιοδικά, άρθρα ή συγγράμματα. Πραγματοποιείται σύνοψή της κάθε εργασίας που περιλαμβάνει το πλαίσιο της έρευνας, τη μεθοδολογία και τα βασικά αποτελέσματα, με έμφαση στα στοιχεία που παρουσιάζουν συνάφεια με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Στο τέλος του κεφαλαίου συνοψίζονται και αξιολογούνται κριτικά οι έρευνες ώστε να διαπιστωθεί ο βαθμός στον οποίο είναι ικανές να συμβάλουν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Στο **Κεφάλαιο 3**, παρουσιάζεται το **θεωρητικό υπόβαθρο** στο οποίο στηρίχτηκε η ανάλυση των στοιχείων. Αρχικά περιγράφονται βασικές μαθηματικές και στατιστικές έννοιες και στη συνέχεια αναλύονται οι προϋποθέσεις εφαρμογής και τα επιμέρους στοιχεία της γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression). Ακολούθως, παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης μοντέλου και οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβάλλεται. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μία σύντομη αναφορά στα βήματα που ακολουθούνται για την επεξεργασία δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης (SPSS 21.0).

Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζονται οι **διαδικασίες συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων**, στα οποία στηρίχτηκε η Διπλωματική Εργασία. Αρχικά γίνεται αναφορά την πηγή προέλευσης των στοιχείων και στην ειδική επεξεργασία τους στο Microsoft Excel ώστε να αποκτήσουν την τελική τους μορφή. Ακολουθεί ο τρόπος κωδικοποίησης των στοιχείων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Το **Κεφάλαιο 5** είναι από τα σημαντικότερα της Διπλωματικής Εργασίας καθώς περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε ως την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων. Αρχικά περιγράφονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης του μαθηματικού μοντέλου. Παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου κι εξόδου, με ιδιαίτερη έμφαση στους στατιστικούς ελέγχους αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, ενώ τα τελικά αποτελέσματα συνοδεύονται από τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις και την περιγραφή τους για την διευκόλυνση της κατανόησης τους.

Το **Κεφάλαιο 6** περιλαμβάνει τα **συμπεράσματα** που προέκυψαν από την ερμηνεία των τελικών μαθηματικών μοντέλων. Μέσω αυτών επιχειρείται να δοθεί απάντηση στο αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **Κεφάλαιο 7** παρατίθεται ο **κατάλογος των βιβλιογραφικών αναφορών**. Ο κατάλογος αυτός περιλαμβάνει αναφορές τόσο σε έρευνες όσο και σε στατιστικές έννοιες και μεθόδους που αναλύθηκαν στο θεωρητικό υπόβαθρο.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση και περιλαμβάνει έρευνες στον τομέα τη οδικής ασφάλειας, το αντικείμενο και η μεθοδολογία των οποίων παρουσιάζει συνάφεια με την παρούσα διπλωματική εργασία. Για κάθε επιστημονική εργασία παρουσιάζεται σύντομη σύνοψη, με έμφαση στη μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε και στα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα βασικά σημεία ερευνών οι οποίες σχετίζονται με τη μελέτη συμπεριφοράς οδηγών αυτοκινήτων ,στα οχήματα των οποίων έχουν εγκατασταθεί ειδικά διαγνωστικά συστήματα ,τα οποία μέσω αισθητήρων κινητών τηλεφώνων είναι σε θέση να αναγνωρίσουν τα χαρακτηριστικά, τις επιδεξιότητες αλλά και τις αδυναμίες του κάθε οδηγού. Οι έρευνες αυτές είναι δημοσιευμένες σε επιστημονικά περιοδικά και αποτελούν μέρος της διεθνούς βιβλιογραφίας γύρω από το συγκεκριμένο αντικείμενο της οδικής ασφάλειας. Σκοπός είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με άλλες εργασίες με παρεμφερές περιεχόμενο. Τέλος, μέσω της ανασκόπησης των μεθοδολογιών των ερευνών αυτών, επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός μιας κατάλληλης μεθόδου και ιδανικών παραμέτρων για την αντιμετώπιση του αντικειμένου της παρούσας εργασίας.

Οι έρευνες που παρατίθενται είναι οι εξής:

2.2 Έρευνες εστιασμένες στην οδηγική συμπεριφορά με τη χρήση αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων

1. Impact of texting on young drivers' behavior and safety on urban and rural roads through a simulation experiment (Yannis et al., 2014)
2. A Smartphone - based Sensing Platform to Model Aggressive Driving Behaviors (Hong et al., 2014)
3. Distracted driving and mobile phone use: Overview of impacts and countermeasures (Yannis et al., 2014)
4. Driving behavior and traffic safety: an acceleration-based safety evaluation procedure for smartphones (Vaiana et al., 2014)
5. Driver Characteristics and Speeding Behavior (Ellison et al., 2010)

2.3 Έρευνες εστιασμένες στην συσχέτιση δηλωθείσας και παρατηρηθείσας συμπεριφοράς οδηγών

6. TrafficView: traffic data dissemination using car-to-car communication. (Nadeem et al., 2004)
7. In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on drivers' behavior (Toledo et al., 2008)
8. Feedback by technology: Attitudes and opinions of truck drivers(Huang et al., 2005)
9. Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based (Zaldivar et al., 2011)

2.2 Έρευνες εστιασμένες στην οδηγική συμπεριφορά με τη χρήση αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων

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

Η παρούσα έρευνα αποσκοπεί στη διερεύνηση της αποστολής μηνυμάτων κατά τη διάρκεια της οδήγησης στη συμπεριφορά και την ασφάλεια των νέων οδηγών, τόσο σε αστικό όσο και σε υπεραστικό δίκτυο. Πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα προσομοίωσης, στο οποίο συμμετείχαν 34 νέοι οδηγοί, οι οποίοι κλήθηκαν να οδηγήσουν σε διαφορετικά σενάρια οδήγησης, και συγκεκριμένα υπό συνθήκες ηλιοφάνειας και βροχής, τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Χρησιμοποιήθηκαν διάφορες μέθοδοι κανονικής και δυαδικής λογιστικής παλινδρόμησης για να διερευνηθεί ο βαθμός στον οποίο η αποστολή μηνυμάτων επηρεάζει τη μέση ταχύτητα και το μέσο χρόνο αντίδρασης του οδηγού. Επίσης, εξετάστηκαν και άλλες παράμετροι που μπορούν να οδηγήσουν στην πιθανότητα ενός ατυχήματος, εξαιτίας της απόσπασης προσοχής του οδηγού. Από τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος, φαίνεται ότι η αποστολή μηνυμάτων οδηγεί σε στατιστικά σημαντική μείωση της μέσης ταχύτητας και αύξηση του μέσου όρου αντίδρασης στο αστικό και υπεραστικό οδικό δίκτυο.

Ταυτόχρονα, η χρήση κινητού τηλεφώνου οδηγεί σε αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος λόγω της διάσπασης της προσοχής του οδηγού και της καθυστερημένης αντίδρασης κατά τη στιγμή του συμβάντος. Αποδεικνύεται επίσης πως οι οδηγοί που χρησιμοποιούν κινητά τηλέφωνα με θόνη αφής παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά οδήγησης σε σχέση με την ταχύτητά τους, ωστόσο, είχαν ακόμη μεγαλύτερη πιθανότητα να εμπλακούν σε ατύχημα. Καταληκτικά, η ανάλυση των επιδόσεων των νέων οδηγών που προέκυψε από το πείραμα μπορεί να οδηγήσει στον εντοπισμό σημαντικών μέτρων για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και απόδοσης των χρηστών, όπως περιοριστικά μέτρα και ποινές, εκπαίδευση των νέων οδηγών αλλά και ενημερωτικές εκστρατείες.

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

Η εργασία αυτή εξετάζει τον προσδιορισμό της επιθετικής συμπεριφοράς του οδηγού, αξιοποιώντας δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων (SmartPhones). Η αξιολόγηση του τρόπου οδήγησης ενός ατόμου είναι ένας χρήσιμος τρόπος για τον εντοπισμό των αδυναμιών του καθενός και κατ' επέκταση τη βελτίωση της οδηγικής του συμπεριφοράς. Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι η κατασκευή ενός μοντέλου με τη χρήση αισθητήρων, το οποίο μπορεί να συλλέξει ουσιαστικές πληροφορίες σχετικά με την κίνηση του οχήματος, το τιμονιού αλλά και τους ελιγμούς και να αξιολογεί το στυλ οδήγησης και το βαθμό επιθετικότητας με βάση μια σειρά δεδομένων και χαρακτηριστικών. Για την υλοποίηση του παραπάνω στόχου, διεξήχθη ένα πείραμα στο οποίο συμμετείχαν 22 οδηγοί, 11 άνδρες και 11 γυναίκες, ηλικίας 21 – 34 ετών. Η πειραματική διαδικασία διήρκεσε 3 εβδομάδες, στο πέρας της οποίας συλλέχθηκαν τα δεδομένα οδήγησης μέσω της πλατφόρμας αισθητήρων και αναλύοντας τα χαρακτηριστικά των οδηγών, έγινε η διαφοροποίηση μεταξύ επιθετικού και ήρεμου στυλ οδήγησης.

Στη συνέχεια, κλήθηκαν να καταγράψουν τις παραβιάσεις τους για τα τελευταία 3 χρόνια και να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο σχετικό με την οδηγική τους συμπεριφορά. Ανακεφαλαιώνοντας, μέσω της πλατφόρμας ανίχνευσης από το κινητό τηλέφωνο, συλλέχθηκε μια ποικιλία πληροφοριών από τη φυσιολογική οδήγηση των οδηγών με τη βοήθεια επιταχυνσιόμετρων και GPS, όπως η ταχύτητα, η επιτάχυνση/επιβράδυνση, οι στροφές του κινητήρα, οι ελιγμοί, η θέση πεταλούδας, το σύστημα διεύθυνσης και η κίνηση

των τροχών και του τιμονιού, συμβάλλοντας στον προσδιορισμό της επιθετικότητας του οδηγού. Η έρευνα έδειξε ότι από τους 22 συμμετέχοντες, **οι 10 χαρακτηρίστηκαν ως παραβάτες παρουσιάζοντας μια επιθετική συμπεριφορά**. Ακόμα, οι απαντήσεις που δόθηκαν από τους ίδιους τους συμμετέχοντες **μέσω των ερωτηματολογίων φάνηκε πως έχουν σημαντική απόκλιση από την πραγματική οδηγική τους συμπεριφορά**.

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

Η απόσπαση της προσοχής αποτελεί σημαντικό παράγοντα αυξημένου κινδύνου τροχαίων ατυχημάτων σε ολόκληρο τον κόσμο. Ενώ οι ανθρώπινοι παράγοντες συνολικά είναι οι βασικές αιτίες στο 65-95% των οδικών ατυχημάτων, πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι το 30% των οδηγών που συμμετείχαν σε κάποιο οδικό ατύχημα ανέφεραν κάποια πηγή απόσπασης πριν συμβεί το ατύχημα. Ακόμα, η διείσδυση των διαφόρων νέων τεχνολογιών στο εσωτερικό του οχήματος, καθώς και η αναμενόμενη αύξηση της χρήσης τέτοιων συσκευών μέσα στα επόμενα χρόνια, καθιστά την περαιτέρω διερεύνηση της επιρροής τους στην προσοχή των οδηγών, στη ροή της κυκλοφορίας και την οδική ασφάλεια, πολύ σημαντική.

Ο σκοπός αυτής της μελέτης είναι να παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα των επιπτώσεων της απόσπασης της προσοχής του οδηγού όσον αφορά τη χρήση του κινητού τηλεφώνου για την οδική ασφάλεια, καθώς και να προτείνει συγκεκριμένα μέτρα. Για αυτό το σκοπό διεξήχθη **επανεξέταση των υφιστάμενων μελετών** για την επίδραση των κινητών τηλεφώνων κατά την οδήγηση, που συνοδεύτηκε από παρουσίαση πρόσφατων ερευνητικών αποτελεσμάτων πειραμάτων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και από πρόταση αντίστοιχων στρατηγικών ενάντια στην απόσπαση της οδηγικής προσοχής. Οι παράγοντες απόσπασης της οδηγικής προσοχής μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε αυτούς που συμβαίνουν έξω από το όχημα (εξωτερικούς) και αυτούς που συμβαίνουν μέσα στο όχημα (εντός οχήματος), μερικοί από τους οποίους είναι οι τεχνολογικές συσκευές επικοινωνίας.

Πιο συγκεκριμένα, αναφορικά με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου (συνομιλία στο κινητό, σύνταξη μηνυμάτων, πλοήγηση κλπ.), μια σειρά μελετών έδειξε ότι **η χρήση κινητού τηλεφώνου έχει αρνητικές συνέπειες στην συμπεριφορά του οδηγού** και στην πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα. Επομένως, η ποσοτικοποίηση αυτών των συνεπειών διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το είδος του χρήστη, του οδικού περιβάλλοντος, της επιφάνειας της συσκευής κλπ. Ακόμα, αποτελέσματα από σχετικές έρευνες στην Ελλάδα (παρατηρήσεις εντός οχήματος, παρατηρήσεις στο πεδίο και πειράματα προσομοιωτή) επιβεβαιώνουν ότι η χρήση κινητού τηλεφώνου οδηγεί σε **αυξημένο κίνδυνο ατυχήματος**, ειδικά όταν συμβαίνουν αναπάντεχα συμβάντα. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι η χρήση κινητού τηλεφώνου ίσως είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας στην εντός οχήματος απόσπαση προσοχής για τους οδηγούς. Οι οδηγοί που χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της οδήγησης εμφανίζουν έως τέσσερις (4) φορές υψηλότερο κίνδυνο ατυχήματος. Επιπλέον, πολλές έρευνες έχουν διαπιστώσει ότι **η ομιλία με ανοιχτή ακρόαση δεν είναι πιο ασφαλής από την κανονική χρήση χειρός**, ενώ άλλες έρευνες έδειξαν ότι οι οδηγοί **επηρεάζονται ιδιαίτερα όταν συντάσσουν γραπτό μήνυμα** (και κάπως λιγότερο όταν λαμβάνουν).

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

Αυτή η εργασία εξετάζει την **ανάπτυξη μιας πρωτότυπης εφαρμογής για ηλεκτρονικές κινητές συσκευές η οποία θα εκτιμάει τον βαθμό ασφάλειας των οδηγών** που βρίσκονται εν κινήσει μετρώντας την διαμήκη και πλευρική τους επιτάχυνση, μέσω χρήσης των συστημάτων GPS . Όπου κρίνεται σκόπιμο, η εφαρμογή θα εμφανίζει μια

προειδοποίηση στους οδηγούς ώστε να συμμορφώσουν την συμπεριφορά τους στον δρόμο. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: Τοποθετώντας σε έναν άξονα x, y τις επιταχύνσεις του οχήματος (πλευρική και διαμήκης αντίστοιχα), εκτιμήθηκε η συμπεριφορά του οδηγού στο τιμόνι (επιθετικός ή μη).

Χρησιμοποιήθηκε, επίσης, ο κύκλος τριβής του οχήματος, ο οποίος είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών των ελαστικών του αυτοκινήτου και των χαρακτηριστικών του οδοστρώματος. Λαμβάνοντας, ακόμα, υπόψη την εμπειρία του οδηγού και τον τύπο του αυτοκινήτου δημιουργήθηκε το **“Διάγραμμα Οδηγικής Συμπεριφοράς” (Driving Style Diagram – DSD)**, το οποίο αποτελεί μία συσχέτιση όλων των παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε με το ίδιο όχημα και το ίδιο smartphone και πήραν μέρος 5 οδηγοί με διαφορετικά οδηγικά χαρακτηριστικά.

Η συμπεριφορά κάθε οδηγού εκτιμήθηκε με βάση το ποσοστό υπέρβασης των **ορίων επιτάχυνσης του DSD**. Η έρευνα είχε ως αποτέλεσμα ότι η καλύτερη τιμή για να διαχωρίσεις τους επιθετικούς με τους ασφαλείς οδηγούς **μπορεί να οριστεί στο 9% για το ποσοστό υπέρβασης των ορίων επιτάχυνσης του DSD**.

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

Η υπερβολική ταχύτητα και η ανάπτυξη μεγάλων επιταχύνσεων αποτελούν τα σημαντικότερα προβλήματα στους δρόμους της Αυστραλίας καθώς συνδέονται με οδυνηρά ατυχήματα. Η παρούσα έρευνα εστιάζει στην **καταγραφή των χαρακτηριστικών και της συμπεριφοράς οδήγησης, βλέποντας την ταχύτητα που αναπτύσσει ο οδηγός σε κάθε διαδρομή του**. Σκοπός αυτής της προσπάθειας είναι ο προσδιορισμός των παραγόντων που συμβάλλουν στην ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων που σχετίζονται με τον οδηγό, το όχημα, το ταξίδι, το οδικό περιβάλλον αλλά και τον καιρό, καθώς και της αλληλεπίδρασης τους. Η κύρια πηγή πληροφοριών για την εκπόνηση της μελέτης αυτής, ήταν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από 133 αυτοκινητιστές στο Σίδνεϋ για μια περίοδο πέντε εβδομάδων, **χρησιμοποιώντας την τεχνολογία Global Positioning System (GPS)**. Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να οδηγούν κάτω από τις πραγματικές συνθήκες της καθημερινότητας τους, δίνοντας έτσι την ευκαιρία να μελετηθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα σε μεγαλύτερο βάθος. Ακόμα, ολοκλήρωσαν μια λεπτομερή δημογραφική και ψυχολογική έρευνα, παρέχοντας πληθώρα πληροφοριών για την ανάλυση της ταχύτητας.

Οι αναλύσεις βασίστηκαν στην οδηγική στάση και συμπεριφορά που ανέφεραν οι ίδιοι οι ενδιαφερόμενοι, αλλά κυρίως στην επιτάχυνση και τα ακριβή όρια ταχύτητας των καταγραφών με τη χρήση του εξοπλισμού GPS. Τα σημαντικότερα ευρήματα που προέκυψαν από την έρευνα αυτή, εκμεταλλευόμενοι τις τεχνολογικές δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία GPS για την παροχή λεπτομερούς συμπεριφοράς οδήγησης και επιτάχυνσης, περιγράφονται παρακάτω. Συγκεκριμένα, σχεδόν **οι μισοί από τους συμμετέχοντες ξεπέρασαν το προκαθορισμένο όριο ταχύτητας για τουλάχιστον 20% της απόστασης που διένυσαν**, ενώ ένας μικρός αλλά σημαντικός αριθμός οδηγών ταξίδευε τακτικά άνω των 10 km/h πάνω από το όριο ταχύτητας. Ιδιαίτερα ανησυχητικό είναι το γεγονός ότι 14 οδηγοί ξεπέρασαν το όριο ταχύτητας για περισσότερο από 30% της απόστασης, συμπεριλαμβανομένου ενός οδηγού ο οποίος υπερέβη το όριο ταχύτητας για το 61% της απόστασης. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε πως **η υψηλή ταχύτητα είναι πιο διαδεδομένη στους άνδρες από ό, τι στις γυναίκες** και μάλιστα εντοπίστηκαν διαφορές στις ηλικιακές κατηγορίες, όμως παραδόξως οι γυναίκες που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα 46 – 65, οδηγούσαν πιο επικίνδυνα σε σύγκριση με τους άντρες.

Τέλος, είναι επιτακτική ανάγκη να τονιστεί πως τα Σαββατοκύριακα, και ιδιαίτερα κατά τις βραδινές ώρες, η επιτάχυνση είναι πιο ανησυχητική σε σχέση με τις καθημερινές, ενώ η υπέρβαση του ορίου ταχύτητας κατά τη διάρκεια της εβδομάδας είναι υψηλότερη τα πρωινά.

2.3. Έρευνες εστιασμένες στη συσχέτιση δηλωθείσας και παρατηρηθείσας συμπεριφοράς οδηγών

6. TrafficView: traffic data dissemination using car-to-car communication. (Nadeem et al., 2004).

Σε αυτήν την εργασία παρουσιάζεται το TrafficView, το οποίο αποτελεί μέρος του σχεδίου **e-Road**. Το σχέδιο αυτό είναι μια προσπάθεια να επιτευχθούν στόχοι, όπως η ασφαλής οδήγηση, ο έλεγχος της κυκλοφορίας ή η διάδοση επείγοντων μηνυμάτων παρέχοντας επεκτάσιμη υποδομή για επικοινωνία μεταξύ οχημάτων. Το TrafficView **καθορίζει ένα πλαίσιο αποθήκευσης και διάδοσης πληροφοριών** για τα οχήματα που βρίσκονται εν κινήσει. Ο σκοπός του είναι να **ανταλλάσσονται πληροφορίες μεταξύ των αυτοκινήτων** αναφορικά με την ταχύτητα και τις συντεταγμένες τους. Καθώς ένα όχημα κινείται, εισέρχεται στην εμβέλεια εκπομπής κάποιων οχημάτων και εξέρχεται από την εμβέλεια άλλων. Χρησιμοποιώντας αυτό το σύστημα, ο οδηγός θα μπορεί **να γνωρίζει τον κυκλοφοριακό φόρτο** τη δεδομένη χρονική στιγμή, κάτι το οποίο χρησιμεύει σε καταστάσεις κακοκαιρίας ή στην επιλογή εναλλακτικής διαδρομής για το ταξίδι του. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε **αναφέρεται ως μηχανισμός διάδοσης**. Κάθε όχημα εκπέμπει πληροφορίες για τον εαυτό του και για τα άλλα οχήματα τα οποία γνωρίζει, ενώ όταν λαμβάνει άλλες πληροφορίες, αναβαθμίζει τη μνήμη του και τις προωθεί στην επόμενη περίοδο εκπομπής. Η εργασία είχε ως κύριο θέμα, στη συνέχεια, την εύρεση του κατάλληλου αλγορίθμου για την επεξεργασία και ανάλυση όλων των δεδομένων που προέκυψαν από το πείραμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αλγόριθμος Ratiobased είναι η καλύτερη επιλογή **όσον αφορά στον έλεγχο και στην ακρίβεια των παραμέτρων** που χρησιμοποιούνται. Οι άλλες μέθοδοι προσφέρουν μεγαλύτερη ευκολία στην προσαρμογή των παραμέτρων αλλά το κόστος λειτουργίας τους τις καθιστά ασύμφορες σε σχέση με την προαναφερθείσα.

7. In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on drivers' behavior (Toledo et al., 2008).

Το αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι η **διερεύνηση της συμπεριφοράς των οδηγών** μέσω ενός συστήματος καταγραφής δεδομένων, ονόματι DriveDiagnostics, το οποίο είναι προσαρμοσμένο στο εσωτερικό του αυτοκινήτου, έχει διαστάσεις 11x6x3 εκατοστά και φορτίζεται από την μπαταρία του οχήματος. Η μέθοδος της έρευνας ήταν η εξής: Το σύστημα συλλέγει στοιχεία όπως η επιτάχυνση του οχήματος (κατά x, y), η ταχύτητά του, η ακριβής θέση του μέσω συντεταγμένων με τη βοήθεια του GPS, η κατανάλωση καυσίμων, ο συνολικός χρόνος ταξιδιού κτλ. Σε αντίθεση με άλλα παρόμοια συστήματα, **η μετάδοση των πληροφοριών** μέσω του DriveDiagnostics γίνεται συνεχώς και σε πραγματικό χρόνο, παρόλο που το όχημα βρίσκεται εν κινήσει.

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι **να εκτιμήσει τη συμπεριφορά των οδηγών**, καταμετρώντας τον τρόπο οδήγησής τους μέσω συγκεκριμένων παραμέτρων (συχνότητα αλλαγής λωρίδων, απότομα φρεναρίσματα και επιταχύνσεις, υπερβολική ταχύτητα). Όλες αυτές οι πληροφορίες μεταφέρονται μέσω ασύρματων δικτύων σε έναν διακομιστή, ο οποίος τις αποθηκεύει ώστε για κάθε οδηγό να υπάρχει ένας συγκεκριμένος φάκελος με τα χαρακτηριστικά του (αριθμός οχήματος, μέση κατανάλωση καυσίμων, συμμετοχή σε οδικά ατυχήματα κτλ.). Τέλος, οι οδηγοί κατατάσσονται σε 3 κατηγορίες (προσεκτικοί, κανονικοί και επιθετικοί), ανάλογα με το προφίλ που προκύπτει από τα δεδομένα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αρχική έκθεση των συμμετεχόντων στο πείραμα είχε σημαντική επίδραση στη

βελτίωση της οδηγικής τους συμπεριφοράς και της οδικής ασφάλειας. Ακόμα, η πρόσβαση που είχαν στα δεδομένα του συστήματος τους βοήθησε να καταλάβουν τα σφάλματα που διαπράττουν στο δρόμο.

Παρόλα αυτά, η έρευνα έδειξε ότι αν δεν υπάρξει περαιτέρω ενδιαφέρον για την καταγραφή της οδηγικής συμπεριφοράς των ανθρώπων, μετά από ένα μικρό χρονικό διάστημα δεν παρατηρείται καμία πρόοδος. Στην εν λόγω εργασία, η επίδραση του DriveDiagnostics και στους 33 οδηγούς που χρησιμοποιήθηκε είχε εξαφανιστεί με το πέρασμα 5 μηνών.

8. Feedback by technology: Attitudes and opinions of truck drivers(Huang et al., 2005)

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να ερευνήσει την άποψη οδηγών φορτηγών αυτοκινήτων για την χρήση συστημάτων καταγραφής οδηγικής συμπεριφοράς που βρίσκονται εντός του οχήματος και παρέχουν πληροφορίες για την βελτίωση της οδικής ασφάλειας. Ακόμα, είχε ως στόχο να κατανοηθεί ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος να λαμβάνουν οι οδηγοί τις πληροφορίες αυτές. Η έρευνα επικεντρώθηκε στους οδηγούς μεγάλων αποστάσεων, καθώς βρίσκονται στο δρόμο περισσότερη ώρα από τους υπόλοιπους οδηγούς φορτηγών αυτοκινήτων και θα επωφεληθούν περισσότερο από την εξέλιξη της τεχνολογίας. Συνολικά, ερωτήθηκαν 198 οδηγοί και 66 άνθρωποι συμμετείχαν στην συλλογή των ποιοτικών δεδομένων σχετικά με τη στάση τους ως προς την τεχνολογία και την ανατροφοδότηση των πληροφοριών. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι οι οδηγοί μεγάλων αποστάσεων επιθυμούν να λαμβάνουν περισσότερες θετικές πληροφορίες σχετικά με την συμπεριφορά τους στο δρόμο. Παρόλα αυτά, θα προτιμούσαν αυτές οι πληροφορίες να προέρχονται από κάποιους επιβλέποντες ή managers παρά από τεχνολογικά μέσα. Όσον αφορά την μορφή ή τη συχνότητα της ανατροφοδότησης, δεν επέδειξαν κάποια ισχυρή προτίμηση σε μια συγκεκριμένη απάντηση ενώ τόνισαν τη σημασία της προσαρμοστικότητας ενός τεχνολογικού προγράμματος στις απαιτήσεις του εκάστοτε οδηγού.

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

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

Η μέθοδος της εργασίας αυτής στηρίχθηκε κατά ένα σκέλος στο συγκεκριμένο σύστημα. Το κινητό τηλέφωνο συνδέεται μέσω Bluetooth με το μηχανήμα OBD-II και λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του οχήματος. Ακόμα, μέσω GPS, γνωρίζει την ταχύτητα και την ακριβή τοποθεσία του. Για την ανίχνευση του οδικού ατυχήματος, 2 παράμετροι έχουν ληφθεί υπόψιν. Η μία αφορά την ενεργοποίηση του συστήματος των αερόσακων και η άλλη την επιτάχυνση του αυτοκινήτου, όπου πολύ υψηλές τιμές του G λαμβάνουν χώρα μόνον όταν σοβαρά ατυχήματα συμβαίνουν, καθώς ούτε τα μονοθέσια της Formula 1 μπορούν να πιάσουν τέτοιες τιμές. Επομένως, μόλις ανιχνευθεί ότι ένα ατύχημα έχει γίνει, αμέσως ειδοποιείται είτε με γραπτό μήνυμα είτε με email ένα άτομο της επιλογής του οδηγού, το οποίο έχει αποφασιστεί από την αρχή της έρευνας, και γίνεται κλήση στην άμεση βοήθεια και την αστυνομία.

Οι συντεταγμένες του οχήματος που λαμβάνονται από το GPS είναι απαραίτητες για την όσο το δυνατόν πιο γρήγορη άφιξη του ασθενοφόρου. Τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν άκρως ενθαρρυντικά όσον αφορά την οδική ασφάλεια και τον χρόνο διακομιδής των εμπλεκόμενων σε ατύχημα στο κοντινότερο νοσοκομείο. **Ο χρόνος ειδοποίησης** από την ώρα που συνέβη το ατύχημα υπολογίστηκε στα 3 δευτερόλεπτα, με τον μέγιστο χρόνο να φτάνει τα 6 δευτερόλεπτα. Η διαφορά έγκειται στην απόδοση σύνδεσης του κινητού τηλεφώνου στο διαδίκτυο.

2.4 Σύνοψη

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

Πρώτον, για την ανάλυση στοιχείων ενδείκνυται η χρήση **συνδυασμού μεθόδων** δεδηλωμένης και αποκαλυφθείσας προτίμησης, γιατί με τον τρόπο αυτό εξαλείφονται τα βασικά μειονεκτήματα κάθε μεθόδου και τα αποτελέσματα είναι απαλλαγμένα από τον κίνδυνο ασυνέπειας.

Δεύτερον, η χρήση του **κινητού τηλεφώνου** στην οδήγηση οδηγεί σε μεγαλύτερους χρόνους αντίδρασης, χαμηλότερες ταχύτητες και μεγαλύτερα επίπεδα απόκλισης των πλευρικών θέσεων.

Τρίτον, τα συστήματα καταγραφής της οδηγικής συμπεριφοράς μπορούν να συμβάλλουν όχι μόνο στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και της συμπεριφοράς των οδηγών στο δρόμο, αλλά και στην **έγκαιρη πρόληψη και αντιμετώπιση οδικών ατυχημάτων**.

Τέταρτον, η οδήγηση με **ανοιχτή ακρόαση** δεν δείχνει να είναι πιο ασφαλής σε σχέση με την κανονική χρήση χειρός του κινητού τηλεφώνου, ενώ αυτό που φαίνεται ότι επηρεάζει τελικώς περισσότερο την απόσπαση προσοχής του οδηγού ήταν το περιεχόμενο και η δυσκολία της συζήτησης.

Πέμπτον, τα συστήματα καταγραφής της συμπεριφοράς των οδηγών φαίνεται να **βελτιώνουν τα επίπεδα οδικής ασφάλειας**. Ωστόσο, χρειάζεται η παρακολούθηση της συμπεριφοράς να συνεχιστεί σε βάθος χρόνου. Τέλος, τα συστήματα καταγραφής δεδομένων μπορούν να συμβάλλουν στην έγκαιρη πρόληψη και αντιμετώπιση οδικών ατυχημάτων.

3 Θεωρητικό υπόβαθρο

3.1 Εισαγωγή

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

3.2 Βασικές Κατανομές-Κατανομή Poisson

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

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

Όπου $x=0,1,2,3,\dots$ Και $x! = x \cdot (x-1) \cdot \dots \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$

Η μέση τιμή και η διασπορά κατά Poisson είναι $E\{x\} = \mu$ και $\sigma^2\{x\} = \mu$ και είναι ίσες μεταξύ τους. Η κατανομή Poisson αφορά στον αριθμό των "συμβάντων" σε ορισμένο χρονικό ή χωρικό διάστημα. Γενικά, ο αριθμός X των συμβάντων σε χρονικό (ή χωρικό) διάστημα t ακολουθεί την κατανομή Poisson αν (α) ο ρυθμός λ , έστω των συμβάντων είναι χρονικά σταθερός και (β) οι αριθμοί των συμβάντων σε ξένα διαστήματα αποτελούν ανεξάρτητα ενδεχόμενα (Κοκαλάκης και Σπηλιώτης, 1999).

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

3.3 Μαθηματικά Μοντέλα

Ο κλάδος της στατιστικής ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να καθίσταται δυνατή η πρόβλεψη της μίας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis). Ο όρος **εξαρτημένη** μεταβλητή αφορά εκείνη της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ ο όρος **ανεξάρτητη** αποδίδεται στη μεταβλητή η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία, αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές. Η εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται τυχαία και «καθοδηγείται» από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Προκειμένου να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών προκάλεσε τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων. Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μία στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων για την περιγραφή της σχέσης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Σημειώνεται ότι η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής ή διακριτή.

3.4 Γραμμική Παλινδρόμηση

Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι **συνεχές μέγεθος** και ακολουθεί κανονική κατανομή, τότε χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης. Η απλούστερη περίπτωση γραμμικής παλινδρόμησης είναι η **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (simple linear regression). Η απλή γραμμική παλινδρόμηση ορίζεται από μία μόνο ανεξάρτητη μεταβλητή X και μία εξαρτημένη μεταβλητή Y , που προσεγγίζεται ως γραμμική συνάρτηση του X . Η τιμή y_i της Y , για κάθε τιμή της x_i της X , προσδιορίζεται ως εξής:

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

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

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

Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνονται οι παρακάτω υποθέσεις:

1. Η μεταβλητή X είναι ελεγχόμενη για το πρόβλημα υπό μελέτη, δηλαδή είναι γνωστές οι τιμές της χωρίς καμιά αμφιβολία.
2. Η εξάρτηση της Y από τη X είναι γραμμική.
3. 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 $\text{Var}(\epsilon_i) = \sigma_\epsilon^2$

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

3.5 Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση

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

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

Οι υποθέσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι ίδιες με εκείνες της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, δηλαδή υποθέτει κανείς ότι τα σφάλματα ε_i της παλινδρόμησης (όπως και η τυχαία μεταβλητή Y για κάθε τιμή της X) ακολουθούν κανονική κατανομή με σταθερή διασπορά. Γενικά το πρόβλημα και η εκτίμηση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης δεν διαφέρει ουσιαστικά από εκείνο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Ένα καινούριο στοιχείο στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι ότι πριν προχωρήσει κανείς στην εκτίμηση των παραμέτρων πρέπει να ελέγξει αν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο. Εκείνο που απαιτείται να εξασφαλιστεί είναι η μηδενική συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών, δηλαδή θα πρέπει να ισχύει:

$\rho(X_i, X_j) \neq 0$, η οποία πρέπει να ελεγχθεί πριν γίνει η εκτίμηση των παραμέτρων των μεταβλητών.

3.6 Κριτήρια αποδοχής μοντέλου

Τα κριτήρια βάσει των οποίων πραγματοποιείται η αξιολόγηση ενός μαθηματικού μοντέλου μετά τη διαμόρφωσή του είναι τα πρόσημα και οι τιμές των συντελεστών β_i της εκάστοτε εξίσωσης, η ελαστικότητα, η στατιστική σημαντικότητα, η ποιότητα του μοντέλου καθώς και το σφάλμα της εξίσωσης.

3.7 Λογική ερμηνεία των προσήμων των συντελεστών

Θετικό πρόσημο του συντελεστή β_i συνεπάγεται αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντιθέτως, **αρνητικό πρόσημο** υποδηλώνει μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Επιπλέον, θα πρέπει να ερμηνεύεται λογικά η τιμή του συντελεστή, καθώς αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά μια μονάδα οδηγεί σε αύξηση της εξαρτημένης κατά β_i μονάδες.

3.8 Ελαστικότητα

Η **ελαστικότητα** αποτελεί δείκτη ο οποίος αντικατοπτρίζει την **ευαισθησία** της 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 1% μεταβολή της ανεξάρτητης. Για γραμμικά μοντέλα και **συνεχείς μεταβλητές** η ελαστικότητα εκφράζεται ως εξής:

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

Για **διακριτές και διατεταγμένες μεταβλητές** χρησιμοποιείται η έννοια της ψευδοελαστικότητας, η οποία περιγράφει τη μεταβολή στην τιμή της πιθανότητας επιλογής κατά τη μετάβαση από τη μία τιμή της διακριτής μεταβλητής στην άλλη. Η **ψευδοελαστικότητα** υπολογίζεται μέσω της παρακάτω μαθηματικής σχέσης:

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

Όπου:

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

3.9 Στατιστική σημαντικότητα

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

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

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

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

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

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

Πίνακας 3.1.: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t

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

3.10 Συντελεστής προσαρμογής R^2

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

$$R^2 = SSR/SST$$

όπου:

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

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

Τα αρχικά SSR και SST έχουν προέλθει από τις φράσεις υπόλοιπο άθροισμα τετραγώνων (Residual Sum of Squares) και συνολικό άθροισμα τετραγώνων (Total Sum of Squares), αντίστοιχα. Με \hat{y} η προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής από τις αν εξάρτητες. Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από την μεταβλητή X . Λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Καθίσταται σαφές ότι όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή γίνεται η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X . Ο συντελεστής R^2 έχει συγκριτική αξία, κάτι το οποίο σημαίνει ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του που είναι αποδεκτή ή απορριπτέα, αλλά

μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή R^2 . Τέλος, ο συντελεστής R^2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο ισχυρότητας της γραμμικής σχέσης ανεξάρτητα από το αν το X παίρνει καθορισμένες τιμές ή αν είναι τυχαία μεταβλητή.

3.11 Σφάλμα εξίσωσης μοντέλου

Όσον αφορά στο **σφάλμα της εξίσωσης του μοντέλου**, πρέπει να πληρούνται κάποιες βασικές προϋποθέσεις:

- να ακολουθεί κανονική κατανομή
- να έχει σταθερή διασπορά, $\text{Var}(\epsilon_i) = \sigma^2 = c$
- να έχει μηδενική συσχέτιση, $\rho(x_i, x_j) = 0 \forall i \neq j$

Η διασπορά του σφάλματος εξαρτάται από τον συντελεστή R^2 . Όσο μεγαλύτερο είναι το R^2 τόσο μικρότερη είναι η διασπορά του σφάλματος, δηλαδή τόσο καλύτερη είναι η πρόβλεψη που βασίζεται στην ευθεία παλινδρόμησης.

3.12 Λειτουργία του Ειδικού Στατιστικού Λογισμικού

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα θεωρητικά στοιχεία που συνδέονται με τη λειτουργία του λογισμικού στατιστικής ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε (IBM SPSS

Statistics 21). Έπειτα από την εισαγωγή και τον καθορισμό των μεταβλητών σε συνέχεια, εκτελέσθηκε η εντολή Analyze η οποία περιλαμβάνει τις ακόλουθες επιλογές:

- **Correlate:** Η διαδικασία που μετράει τη **συσχέτιση** ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών. Επιλέγεται η εντολή Bivariate correlation, ενώ οι μεταβλητές εισάγονται στο πλαίσιο Variables και χρησιμοποιείται ο συντελεστής συσχέτισης Pearson αν πρόκειται για συνεχείς μεταβλητές και αντίστοιχα ο συντελεστής συσχέτισης Spearman αν πρόκειται για διακριτές μεταβλητές.
- **Regression:** Η διαδικασία που εκτελεί διάφορα είδη **παλινδρόμησης**, όπως η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση. Η εξαρτημένη μεταβλητή εισάγεται στο πλαίσιο Dependent και οι ανεξάρτητες μεταβλητές 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.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στα δεδομένα εξόδου θα πρέπει να πληρούν τα εξής κριτήρια:

- Οι **τιμές** και τα **πρόσημα** των συντελεστών β_i να εξηγούνται **λογικά** για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή.
- 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%. Κατ' εξαίρεση ίσως γίνονται δεκτές μεταβλητές με επίπεδο σημαντικότητας λίγο μεγαλύτερο.
- Ο **συντελεστής συσχέτισης R^2** να είναι κατά το δυνατόν μεγαλύτερος

4. Συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων

4.1 Εισαγωγή

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία έχει ως σκοπό τη διερεύνηση της δηλωθείσας και της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς του οδηγού με χρήση αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Ύστερα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας, κρίνεται απαραίτητη η συλλογή των στοιχείων και η κατάλληλη επεξεργασία τους. Στο Κεφάλαιο αυτό αφού ολοκληρώθηκε η παρουσίαση του θεωρητικού υπόβαθρου πάνω στο οποίο βασίστηκε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων, αναλύεται η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων. Συγκεκριμένα παρουσιάζεται ο τρόπος κωδικοποίησης τους, γίνεται αναφορά στην αρχική επεξεργασία που υπέστησαν στο πρόγραμμα Microsoft Excel καθώς στα προβλήματα που προέκυψαν στη διάρκεια της διαδικασίας αυτής έτσι ώστε να δοθεί μία πλήρης εικόνα για την ποιότητα και αξιοπιστία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε μέσω του λογισμικού στο οποίο έγινε η στατιστική ανάλυση τους (IBM SPSS Statistics 21) ώστε να παραχθούν τα τελικά μοντέλα.

4.2 Συλλογή δεδομένων

Τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για τη συσχέτιση της δηλωθείσας και της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς του οδηγού, προέρχονται από τη χρήση λεπτομερών δεδομένων φυσικής οδήγησης που έχουν συλλεχθεί από το κινητό τηλέφωνο-smartphone του οδηγού. Η **συλλογή των στοιχείων γίνεται μέσω αισθητήρων από μια εφαρμογή** η οποία όποτε ο χρήστης οδηγεί καταγράφει μια σειρά στοιχείων για τον τρόπο οδήγησης του. Επιπροσθέτως, ο κάθε οδηγός κλήθηκε να συμπληρώσει ένα **ερωτηματολόγιο**, που περιελάμβανε γενικά στοιχεία οδήγησης του κάθε οδηγού, τις συνήθειες του απέναντι στην οδική ασφάλεια καθώς και τα δημογραφικά του στοιχεία.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε πως έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες σχετικά με τη διερεύνηση της δηλωθείσας και της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς του οδηγού σε παγκόσμιο επίπεδο. Ωστόσο, η μεθοδολογία συλλογής των στοιχείων περιλάμβανε συνήθως μια συσκευή που βρισκόταν εντός του οχήματος και ήταν συνδεδεμένη με το όχημα. Αξίζει να επισημανθεί ότι στην Ελλάδα αλλά και στο εξωτερικό έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες συναφείς έρευνες με την παρούσα Διπλωματική Εργασία. Το γεγονός αυτό πιθανόν να οφείλεται σε δύο λόγους. Πρώτον γιατί η αξιολόγηση σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης θέτει συχνά το ζήτημα της αξιοπιστίας, της ασφάλειας των προσωπικών δεδομένων των χρηστών και της αντικειμενικότητας και δεύτερον διότι είναι ένας τρόπος καταγραφής που απαιτεί ανεπτυγμένη τεχνολογία και ακρίβεια, η οποία βρίσκεται σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης της.

4.3 Δεδομένα Πειράματος Φυσικής Οδήγησης

Η εφαρμογή κινητού τηλεφώνου που έχει αναπτυχθεί καταγράφει τη συμπεριφορά του χρήστη **χρησιμοποιώντας τους αισθητήρες της συσκευής** (Επιταχυνσιόμετρο (Accelerometer), Γυροσκόπιο (Gyroscope), μαγνητόμετρο (Magnetometer), GPS (ταχύτητα, πορεία, γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος). Επίσης, χρησιμοποιείται μια ποικιλία APIs (Application Programming Interface) για να διαβαστούν τα δεδομένα των αισθητήρων που έχουν καταγραφεί και να αποθηκευτούν προσωρινά στη βάση δεδομένων του έξυπνου

κινητού τηλεφώνου (smartphone) πριν μεταφερθούν στην κεντρική βάση δεδομένων. Μετά τη μετάδοση των δεδομένων στην κεντρική βάση δεδομένων του συστήματος, όλες οι πληροφορίες διαγράφονται από το κινητό τηλέφωνο. Το βασικό πλαίσιο λειτουργίας της ροής δεδομένων φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Εικόνα: 4.1 Ροή δεδομένων
Πηγή: <https://www.oseven.io>

Αφού τα δεδομένα αποθηκευτούν στον εξυπηρετητή, για να πραγματοποιηθεί η κεντρική επεξεργασία και η μείωση της διάστασης των δεδομένων, μετατρέπονται τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί σε σημαντικές συμπεριφορές και σε συναφείς με την οδική ασφάλεια παραμέτρους (δηλαδή χειρισμό και επεξεργασία μαζικών δεδομένων). Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τις δύο μεγάλες μεθόδους επεξεργασίας δεδομένων που περιλαμβάνουν δύο οικογένειες τεχνικών, **τεχνικές εξόρυξης μεγάλων δεδομένων** και **αλγόριθμους Machine Learning (ML)**. Οι διαδικασίες που γίνονται είναι οι εξής:

- Εντοπισμός απότομων συμβάντων (απότομων επιταχύνσεων, φρεναρισμάτων και στροφών) και χρήσης κινητού τηλεφώνου
- Προσδιορισμός μέσου μεταφοράς(αυτοκίνητο, μοτοσικλέτα, μαζική μεταφορά)
- Προσδιορισμός τρόπου μετακίνησης (αυτοκίνητο Ι.Χ., μέσα μαζικής μεταφοράς, ποδήλατο, μοτοποδήλατο)
- Φιλτράρισμα δεδομένων και ανίχνευση τιμών που αποκλίνουν
- Οδήγηση εντός επικίνδυνων ωρών (απόσταση σε επικίνδυνες ώρες)

Τα αποτελέσματα όλης της προαναφερθείσας διαδικασίας είναι **προσβάσιμα στην εφαρμογή έξυπνων κινητών τηλεφώνων (Smartphone)**, όπου είναι διαθέσιμα για το χρήστη να δει όλα τα συμβάντα που ανιχνεύθηκαν και τη θέση τους στο χάρτη όπως επίσης και όλα τα αποτελέσματα. Έτσι, προσφέρεται στον οδηγό ένας τρόπος φιλικός στον χρήστη να αντιλαμβάνεται τα τμήματα ταξιδιού με επικίνδυνη συμπεριφορά οδήγησης και να αποφύγει παρόμοιες συμπεριφορές στο μέλλον.



Εικόνα 4.2 Εφαρμογή στο κινητό τηλέφωνο και διαδικτυακή πλατφόρμα
Πηγή: <https://www.oseven.io>

Για τη διερεύνηση της αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού η πιο σημαντική ίσως πληροφορία που παρείχε το έξυπνο τηλέφωνο ήταν η καταγραφή κάποιου γεγονότος (event). Ως event ορίζεται η στιγμή εκείνη όπου ο οδηγός προβαίνει σε κάποια απότομη αλλαγή ταχύτητας (επιτάχυνση ή φρενάρισμα) ή σε κάποιον απότομο ελιγμό (πλευρική επιτάχυνση). Κάθε φορά όπου είχαμε κάποιο event κατά τη διάρκεια οδήγησης, το έξυπνο τηλέφωνο την κατέγραφε και μας έδινε παράλληλα την τιμή της επιτάχυνσης (ή επιβράδυνσης) στο σημείο αυτό.

4.4 Ειδικό Ερωτηματολόγιο

Αρχικά συλλέχθηκαν οι απαντήσεις που έδωσαν **19 οδηγοί** στα ερωτηματολόγια που παρείχε η **OSeven**. Πιο συγκεκριμένα οι οδηγοί έδωσαν πολύτιμες πληροφορίες όπως ηλικία, φύλο, ιστορικών ατυχημάτων και παραβιάσεων ΚΟΚ, χρόνια οδήγησης, στοιχεία του οχήματος κλπ. Επίσης, οι οδηγοί έδωσαν απαντήσεις που αφορούσαν στην αντίληψη που έχουν για την οδήγηση τους οι οποίες αποτέλεσαν σημαντικά στοιχεία για τη διερεύνηση της δεδηλωμένης συμπεριφοράς του οδηγού.

Παρακάτω παρατίθενται σημαντικές **ερωτήσεις** με στόχο τη διερεύνηση της **δηλωθείσας συμπεριφοράς** του οδηγού:

- Πόσο επιδέξιος οδηγός πιστεύετε ότι είστε;
- Πόσο επιθετικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε;
- Πόσο προσεκτικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε;
- Ποιο από τα παρακάτω και πόσο συχνά θεωρείτε ότι σας χαρακτηρίζουν στην οδήγηση;
 - Φρενάρω απότομα
 - Επιταχύνω απότομα
 - Χρησιμοποιώ το κινητό κατά την οδήγηση
 - Σέβομαι τα όρια ταχύτητας
 - κλπ.

Οι απαντήσεις σε κάθε ερώτηση (Q0.1,..Q1, Q2...) που δόθηκαν διαμορφώθηκαν κωδικοποιημένες (0,1,2,3,4,5,6,7) σε αρχείο Excel και η αποκωδικοποίηση των απαντήσεων διαμορφώθηκε στο ίδιο Excel σε άλλο φύλο (Glossary).

1	Q0.6	Q0.7	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	Q22	Q23	Q24	Q25	Q26	Q27	Q28	Q29
2	3,836405833	26,51770833	2003	14	0	3	1	2	2	1	1	3	2	0	0	0	2	0	0	1	1	3	1	3	4	4	3	4	5	2	
3	3,412669164	25,26290405	2000	17	0	3	2	3	1	1	2	2	3	0	0	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3	2	3	2	3
4	6,289036061	22,97382075	2010	7	0	1	1	2	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	1	3	1	3	3	3	3	2	2	3	3	2	
5	3,3062395	20,725	2000	17	0	3	3	3	1	2	2	2	>5	0	1	0	>5	0	1	3	1	1	1	1	3	4	4	4	4	2	
6	2,485456	24,3	1996	21	0	3	3	3	1	2	2	2	5	1	0	0	5	1	1	2	2	2	2	3	4	3	3	4	4	4	
7	3,451612964	28,74413646	1995	21	0	1	3	3	1	2	3	3	3	0	0	0	3	0	0	2	3	3	3	0	3	2	3	5	5	4	
8	3,13856599	36,75469326	1997	23	0	4	1	6	1	2	3	5	3	0	0	0	3	0	>3	2	2	2	2	0	1	3	3	3	4	3	
9	2,82044211	21,02721713	1996	20	0	1	4	2	1	1	3	0	3	0	0	0	3	0	0	2	3	3	1	3	2	2	2	4	5	2	
10	2,969954347	20,91361684	1999	18	0	3	1	2	3	1	1	0	5	0	1	0	5	0	0	3	3	3	1	3	3	3	3	3	4	2	
11	3,815053603	23,41950998	1999	17	0	2	1	4	2	1	2	3	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	4	3	3	4	5	2		
12	3,570245037	27,78821363	1999	18	0	2	1	2	1	1	3	1	3	1	0	0	3	1	0	3	1	2	1	1	4	3	4	4	4	3	
13	3,80635744	27,07777778	1974	45	0	4	1	6	1	2	2	4	2	0	0	0	2	0	3	2	3	2	3	1	2	3	5	5	5	2	
14	3,509472	16,3	2009	8	0	1	4	1	3	2	2	2	1	1	0	0	1	1	2	4	1	0	1	3	5	4	4	4	4	1	
15	4,231661227	24,89097104	2009	8	0	4	1	3	1	0	3	1	1	0	0	0	1	0	0	3	1	3	0	1	4	4	4	5	4	3	
16	3,301237949	24,96318987	1996	20	0	2	1	5	1	1	2	2	4	0	0	0	4	0	1	1	1	1	1	1	2	2	1	3	2		
17	3,208965739	23,45700389	1992	25	0	4	3	3	1	2	3	2	3	1	0	0	3	1	2	3	1	1	0	1	2	4	4	4	4	2	
18	3,614630146	19,16025105	2008	10	0	2	4	2	2	2	1	2	1	1	0	0	1	1	0	3	3	1	1	1	4	3	3	5	4	4	
19	3,459118257	22,8145955	1988	29	0	4	1	2	1	2	1	5	2	1	1	1	2	1	0	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	2	
20	3,797861395	20,68604651	2007	11	0	2	1	4	3	1	1	3	4	1	0	0	4	1	0	3	1	1	1	1	3	2	3	4	4	2	
21																															
22																															

Εικόνα:4.3 Απόσπασμα δεδομένων σε αρχείο Excel

4.5 Επεξεργασία Δεδομένων

Στη συνέχεια το σύνολο των δεδομένων από το πείραμα φυσικής οδήγησης και από τα ερωτηματολόγια ενσωματώθηκαν σε ενιαίο πίνακα excel, όπως φαίνεται παρακάτω.

A	B	C	D	E	F	G
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΕΡΩΤΗΣΗ	0	1	2	3	
Q0.1	ταυτότητα οδηγού	number				
Q0.2	απότομες επιταγόνσεις	number				
Q0.3	απότομες επιβραδύνσεις	number				
Q0.4	διαφορά ταχύτητας	number				
Q0.5	ταχύτητα συμβάντος	number				
Q0.6	απόσταση	number				
Q0.7	εξομάλυνση ταχύτητας	number				
Q1	ποιά έτος αποκτήσατε το δίπλωμα οδήγησης	year				
Q2	πόσα χρόνια οδηγείτε	number				
Q3	είστε επαγγελματίας οδηγός	όχι				
Q4	πόσα χιλιόμετρα οδηγείτε το έτος		5.001 - 10.000	10.001 - 15.000	15.001 - 20.000	>20.000
Q5	το όχημα που χρησιμοποιείτε		Belongs to you	Is a corporate vehicle	Is leased by you	Belongs to another mer
Q6	ποιά είναι η χωρητικότητα του κινητήρα της μηχανής		< 1000cc	1201 - 1400cc	1401 - 1600cc	1601 - 1800cc
Q7	τι ηλικία έχει το όχημα σας		< 5 years	5 - 10 years	10 - 15 years	
Q8	η ασφάλεια του οχήματός είναι	δεν γνωρίζω	ασφάλεια αστικής ευθύνης	ολοκληρωμένη ασφάλιση		
Q9	πώς συνήθως διαλέγετε την εταιρία ασφάλισης		Online	Agent	Other	
Q10	πόση είναι η κατανάλωση καυσίμου του οχήματός σας	I don't know	< 5 lt/100km	5 - 7 lt/100km	7 - 9 lt/100km	9 - 12 lt/100km
Q11	σε πόσα ατυχήματα έχετε εμπλακεί μέχρι σήμερα					
Q12	σε πόσα ατυχήματα έχετε εμπλακεί τα τελευταία 3 χρόνια					
Q13	σε πόσα ατυχήματα με τραυματίες έχετε εμπλακεί μέχρι σήμερα					
Q14	σε πόσα ατυχήματα με τραυματίες έχετε εμπλακεί τα τελευταία 3 χρόνια					
Q15	σε πόσα ατυχήματα με υλικές ζημιές έχετε εμπλακεί μέχρι σήμερα					
Q16	σε πόσα ατυχήματα με υλικές ζημιές έχετε εμπλακεί τα τελευταία 3 χρόνια					
Q17	πόσα πρόστιμα για παραβάσεις σας έχουν επιβληθεί τα τελευταία 3 χρόνια					
Q18	οδηγείτε πάνω από τα επιτρεπτά όρια ταχύτητας		Rarely	Often	Sometimes	Always
Q19	κάνετε ραφικά φρεναρίσματα	Never	Rarely	Often	Sometimes	
Q20	κάνετε ραφικές επιταγόνσεις	Never	Rarely	Often	Sometimes	
Q21	κάνετε απότομες στροφές	Never	Rarely	Often	Sometimes	
Q22	χρησιμοποιείτε το κινητό σας τηλέφωνο ενώ οδηγείτε	Never	Rarely	Often	Sometimes	
Q23	σέβεστε τα όρια ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο		1= Not at all			
Q24	σέβεστε τα όρια ταχύτητας σε επαρχιακή οδό		1= Not at all			
Q25	σέβεστε τα όρια ταχύτητας σε αστική οδό		1= Not at all			
Q26	πόσο ικανός οδηγός θεωρείτε ότι είστε		1= Not at all			
Q27	πόσο προσεκτικός οδηγός θεωρείτε ότι είστε		1= Not at all			

Εικόνα:4.4 Απόσπασμα αποκωδικοποίησης απαντήσεων σε μορφή Excel (Glossary)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
userid	HA	speed dif	event speed	distance	smoothend speed	Which year did you obtain your driving license?	How many years have you been driving?	Are/were you a professional driver?	How many
46	384	13,36401	26,51259374	3,836405833	26,51770833	2003	14	No	15.001 - 20.
59	3898	12,77438	24,07203091	3,412669164	25,26290405	2000	17	No	15.001 - 20.
70	424	14,66674	23,46676713	6,289036061	22,97382075	2010	7	No	5.001 - 10.0
82	20	14,18765	26,24315346	3,3062395	20,725	2000	17	No	15.001 - 20.
95	5	22,632	35,5896	2,485456	24,3	1996	21	No	15.001 - 20.
123	469	13,53816	28,23050155	3,451612964	28,74413646	1995	21	No	5.001 - 10.0
129	4613	15,82098	33,4831987	3,13856599	36,75469326	1997	23	No	>20.000
163	981	13,996	21,81129294	2,82044211	21,02721713	1996	20	No	5.001 - 10.0
178	2328	14,76332	22,09234454	2,969954347	20,91361684	1999	18	No	15.001 - 20.
224	1102	14,2761	27,25813431	3,815053603	23,41950998	1999	17	No	10.001 - 15
225	1086	13,35298	27,28071663	3,570245037	27,78821363	1999	18	No	10.001 - 15
301	207	14,09854	26,08989145	3,80635744	27,07777778	1974	45	No	>20.000
308	15	24,22002	23,86812024	3,509472	16,3	2009	8	No	5.001 - 10.0
327	587	12,56925	24,57499422	4,231661227	24,89097104	2009	8	No	>20.000
385	1975	12,78741	24,11188451	3,301237949	24,96318987	1996	20	No	10.001 - 15
414	514	13,88599	24,88972139	3,208965739	23,45700389	1992	25	No	>20.000
441	478	14,44637	21,60122598	3,614630146	19,16025105	2008	10	No	10.001 - 15
675	3597	14,46911	24,05137694	3,459118257	22,8145955	1988	29	No	>20.000
761	43	12,95519	21,33965492	3,797861395	20,68604651	2007	11	No	10.001 - 15

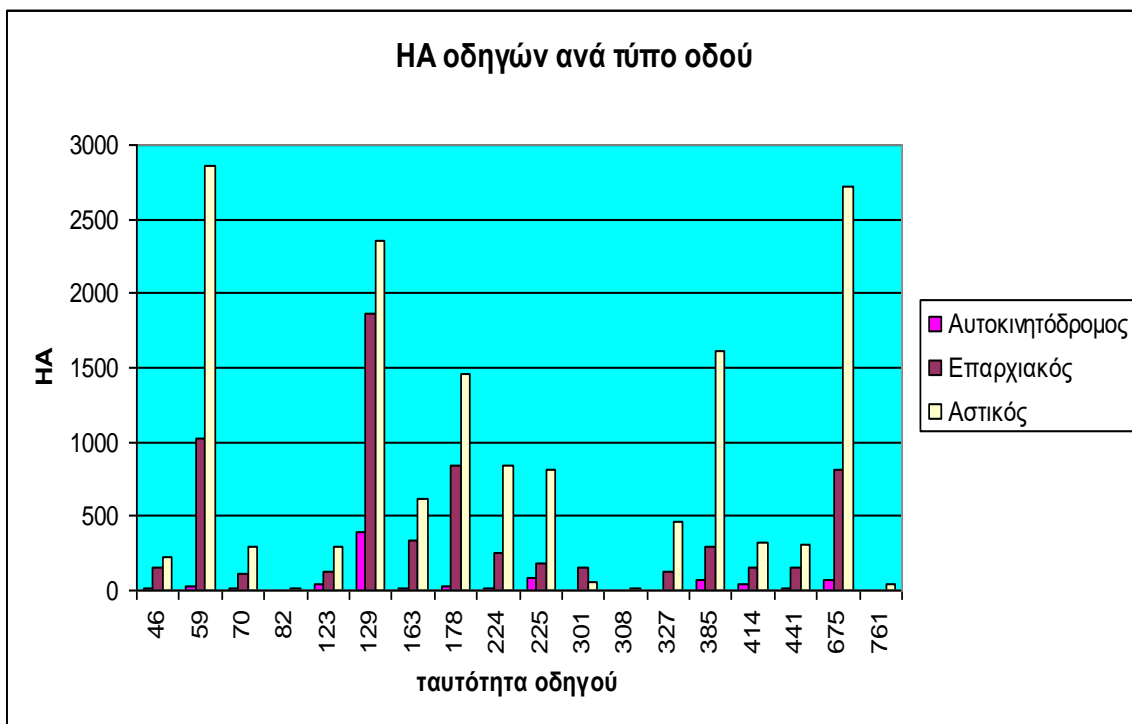
Εικόνα: 4.5 Απόσπασμα απαντήσεων ερωτηματολογίων και έξυπνων κινητών τηλεφώνων σε μορφή Excel

4.6 Συνοπτικά στατιστικά στοιχεία (Summary Statistics)

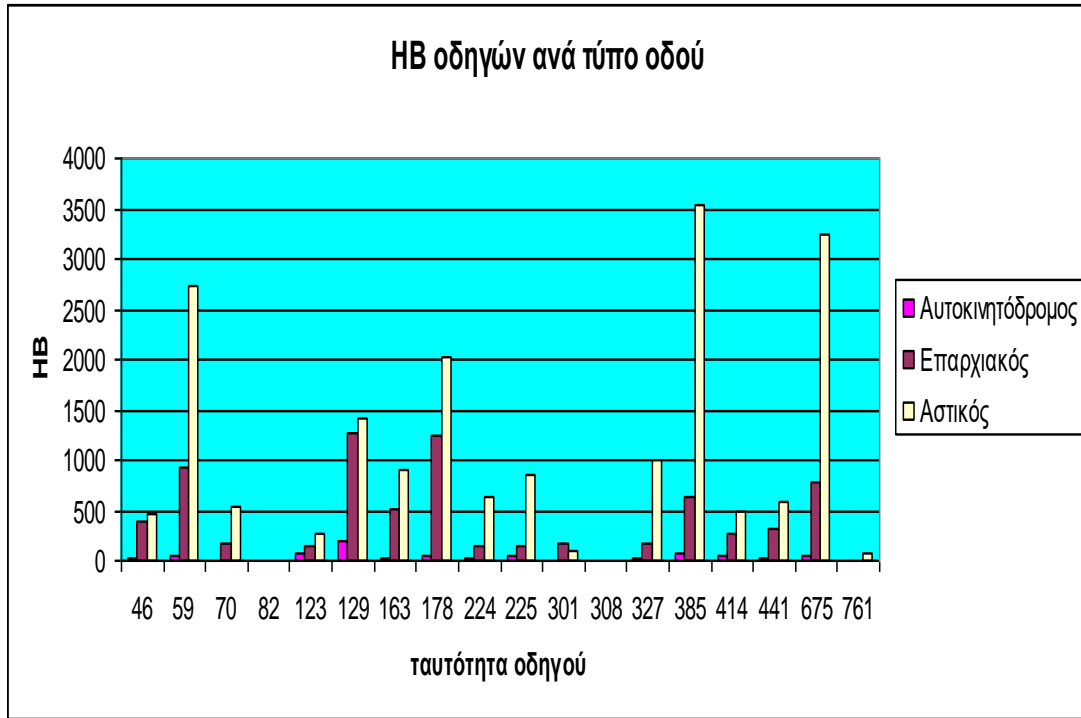
Με στόχο τη διερεύνηση της **δηλωθείσας και της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς του οδηγού** παρουσιάζονται υπό μορφή διαγραμμάτων, οι **ερωτήσεις**, όπως διατυπώθηκαν στην έρευνα καθώς και η κατανομή των απαντήσεων των συμμετεχόντων οδηγών σε κάθε μία από αυτές, ενώ το ερωτηματολόγιο στην πλήρη του μορφή παρατίθεται στο παράρτημα. Τα διαγράμματα αυτά αποτελούν μία προκαταρκτική ανάλυση η οποία συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων και θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή ποιοτικότερων συμπερασμάτων.

Τα διαγράμματα που ακολουθούν πραγματοποιήθηκαν με την εντολή Pivot Table του Excel.

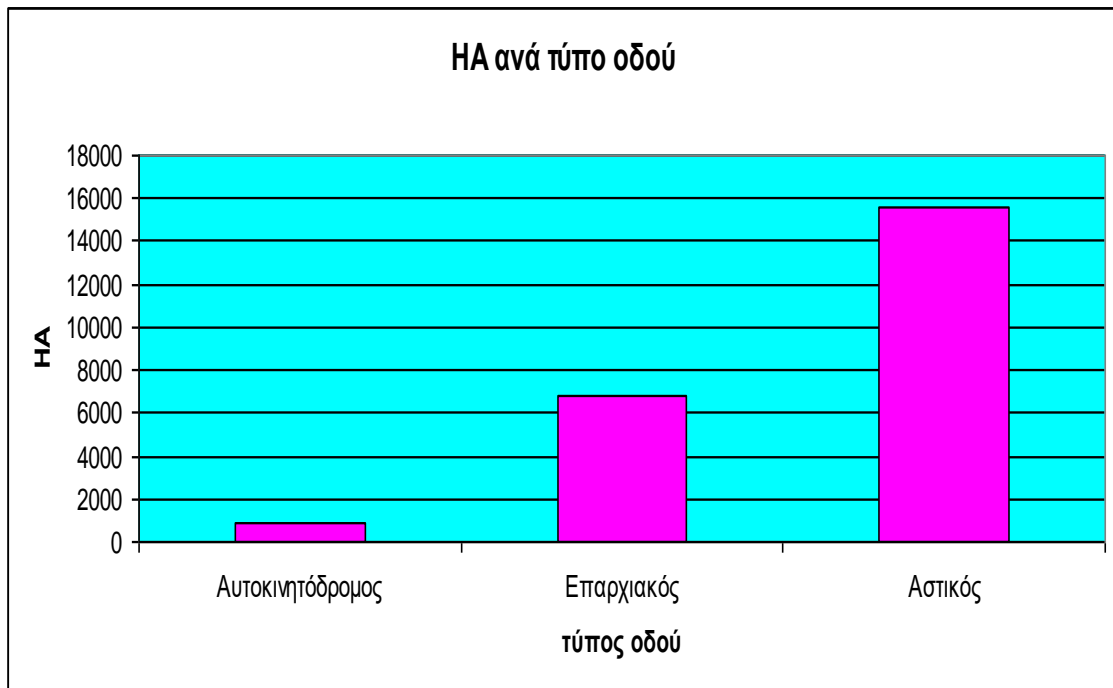
i. Αρχικά καταγράφονται **Γενικά στοιχεία πειράματος**.



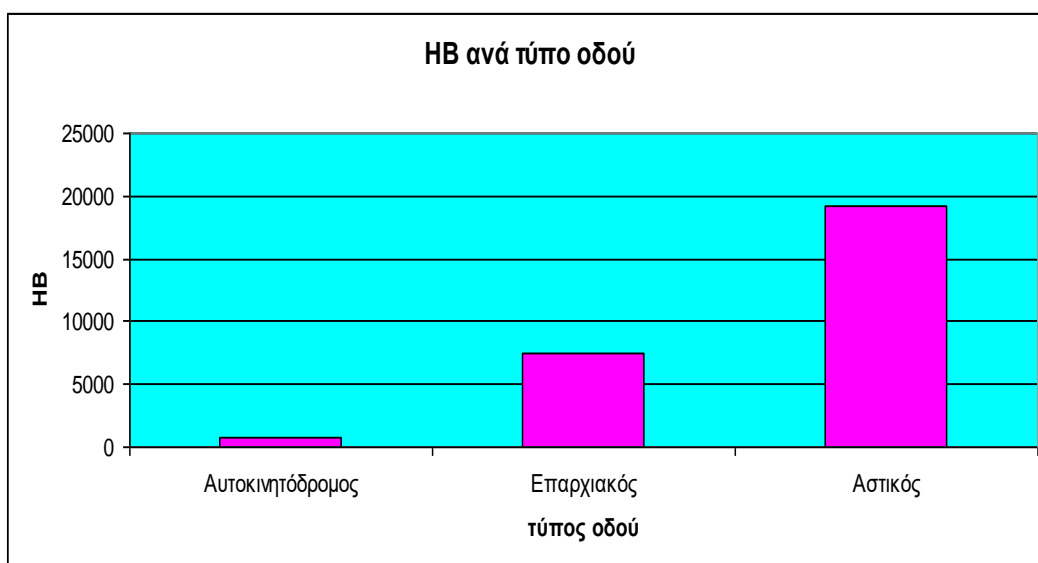
Διάγραμμα: 4.1 κατανομής απότομων επιταχύνσεων του συνόλου των οδηγών σε όλους τους τύπους οδού



Διάγραμμα:4.2 κατανομή απότομων επιβραδύνσεων του συνόλου των οδηγών σε όλους τους τύπους οδού



Διάγραμμα:4.3 κατανομή απότομων επιταχύνσεων ανά τύπο οδού

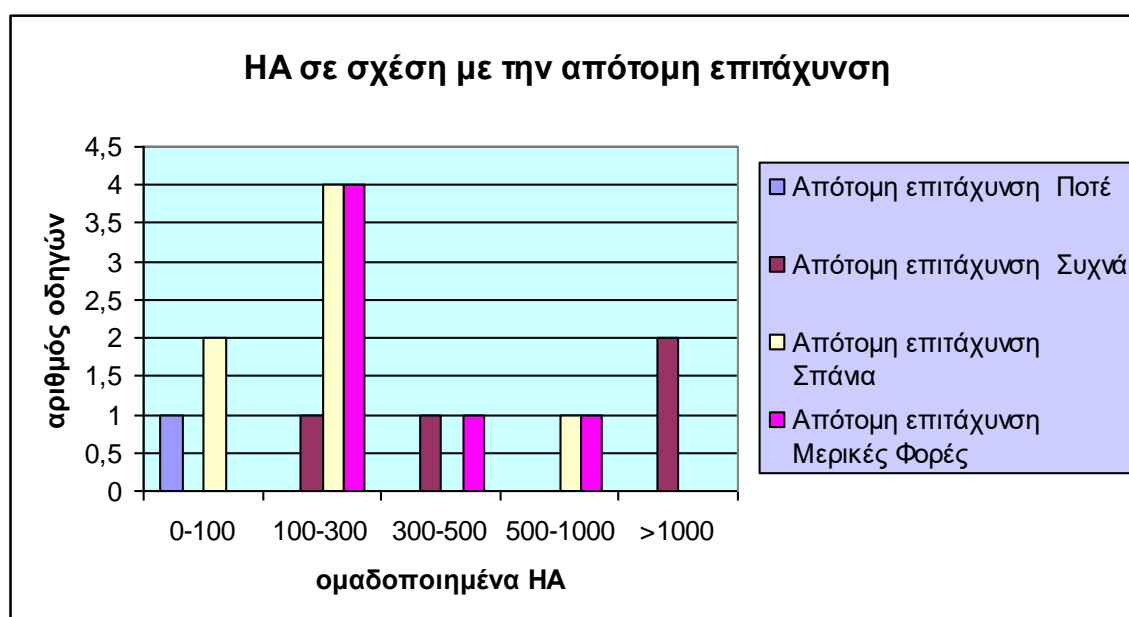


Διάγραμμα:4.4 κατανομής απότομων επιβραδύνσεων ανά τύπο οδού

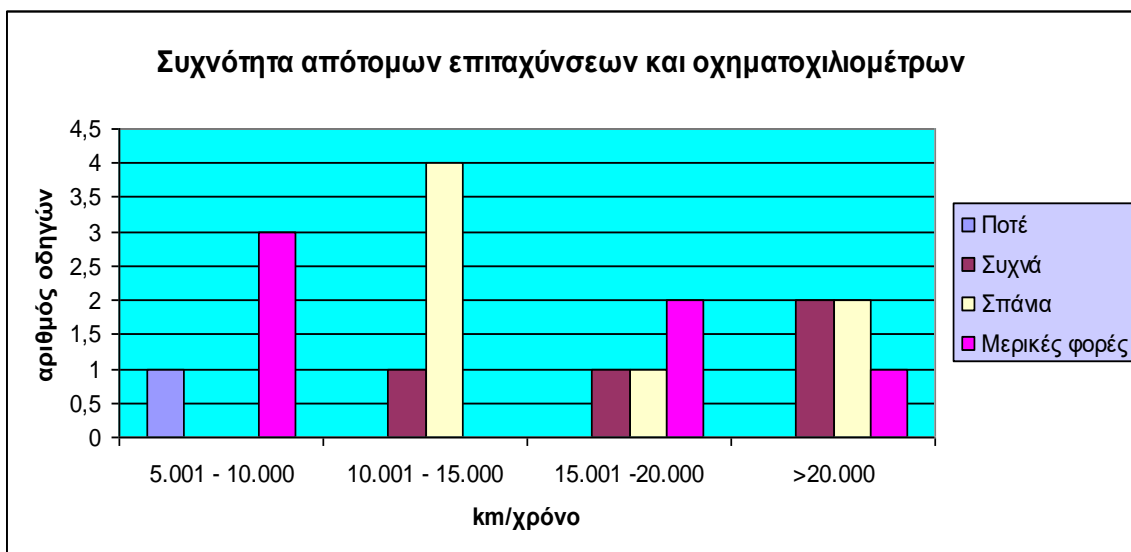
ii. Στη συνέχεια απεικονίζονται διαγράμματα που αποτυπώνουν τη συμπεριφορά της δηλωθείσας και της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς του οδηγού συναρτήσει του τύπου οδού. Επίσης χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:i) HA, ii) HB

- Υπεραστική οδός

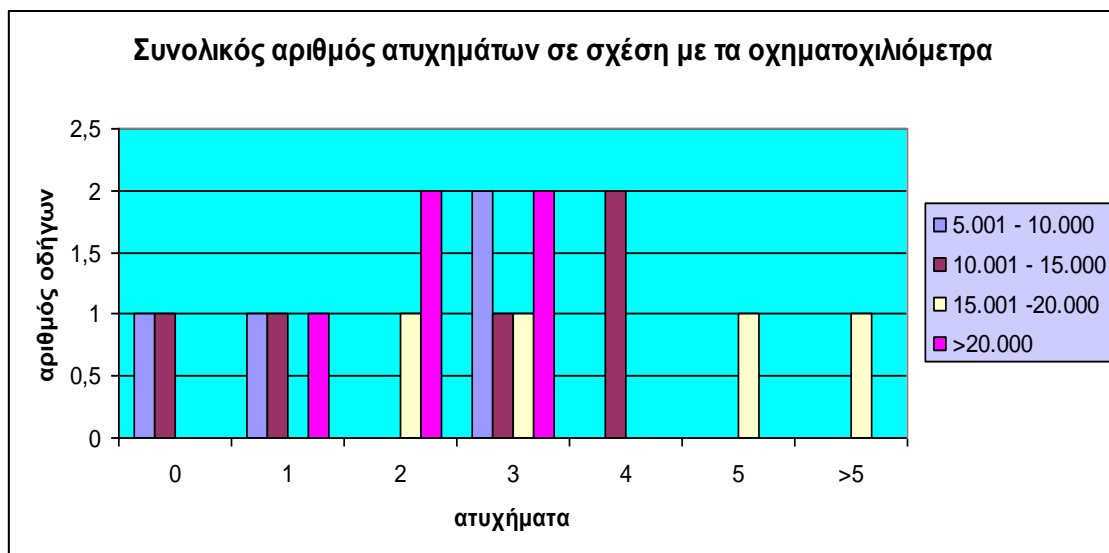
i) Απότομες επιταχύνσεις (HA)



Διάγραμμα:4.5 κατανομής HA σε σχέση με τις δηλωθείσες απότομες επιταχύνσεις σε επαρχιακή οδό

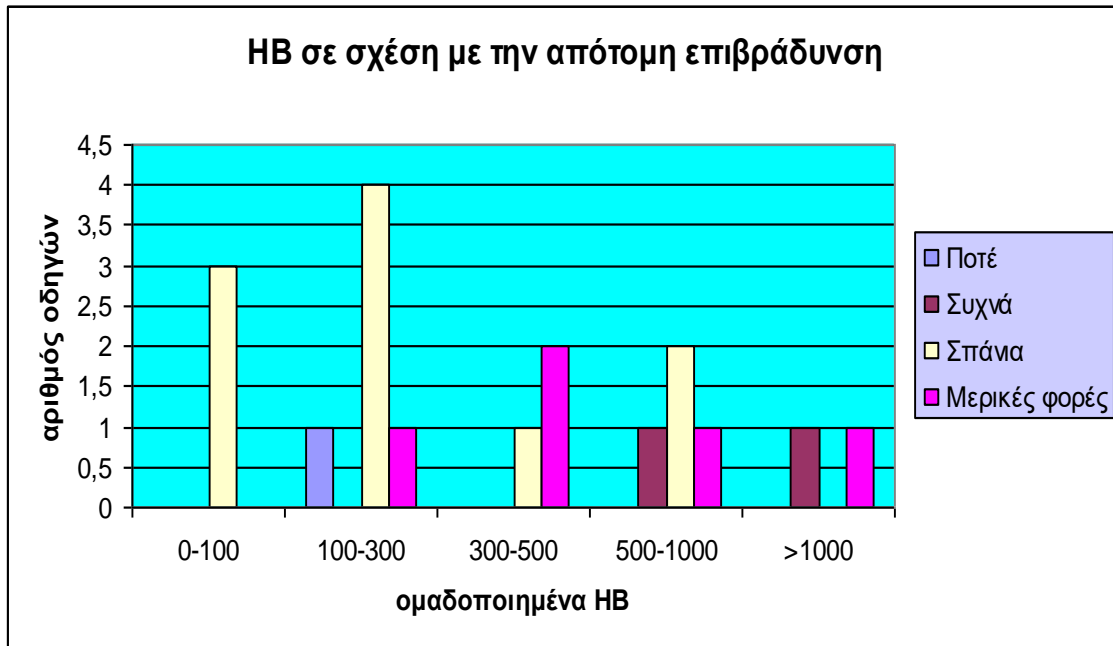


Διάγραμμα:4.6 κατανομής συχνότητας απότομων επιταχύνσεων συναρτήσει των οχηματοχιλιόμετρων

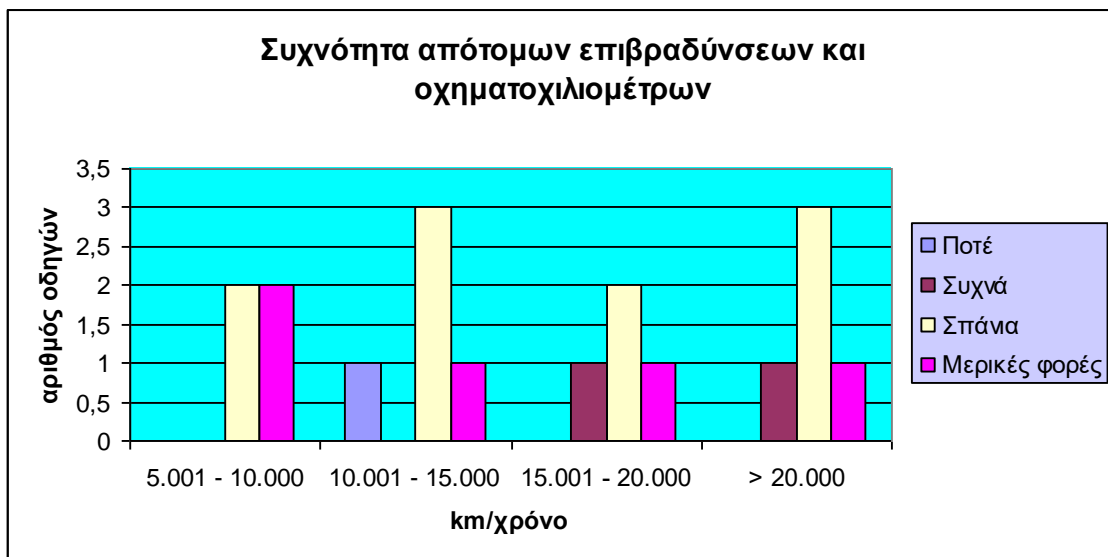


Διάγραμμα:4.7 κατανομής συνολικού αριθμού ατυχημάτων σε σχέση με τα οχηματοχιλιόμετρα

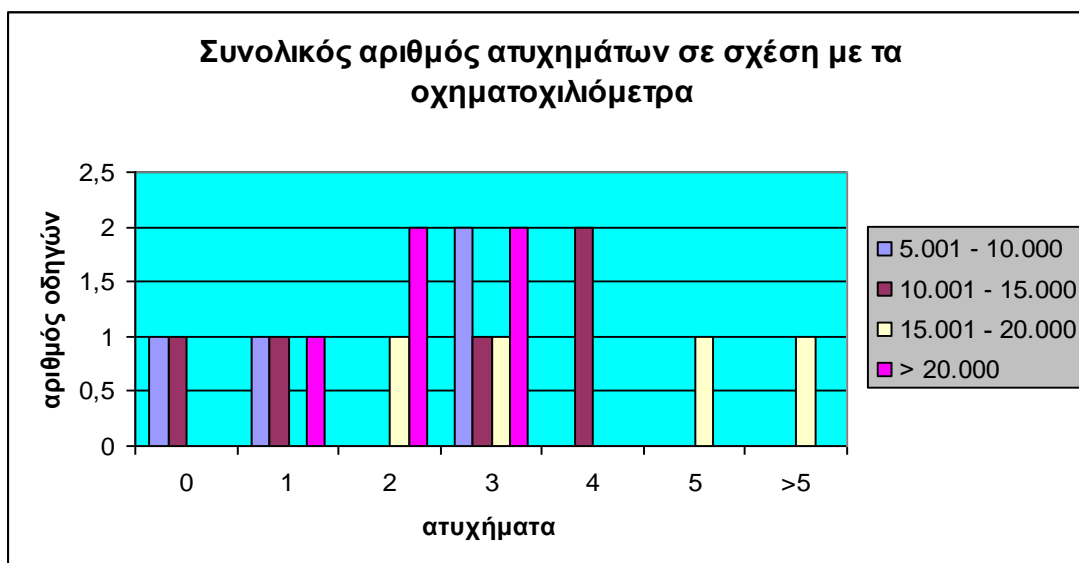
ii) Απότομες επιβραδύνσεις (HB)



Διάγραμμα:4.8 κατανομής HB σε σχέση με τις δηλωθείσες απότομες επιβραδύνσεις σε υπεραστική οδό



Διάγραμμα:4.9 κατανομής συχνότητας απότομων επιβραδύνσεων συναρτήσει των οχηματοχιλιομέτρων



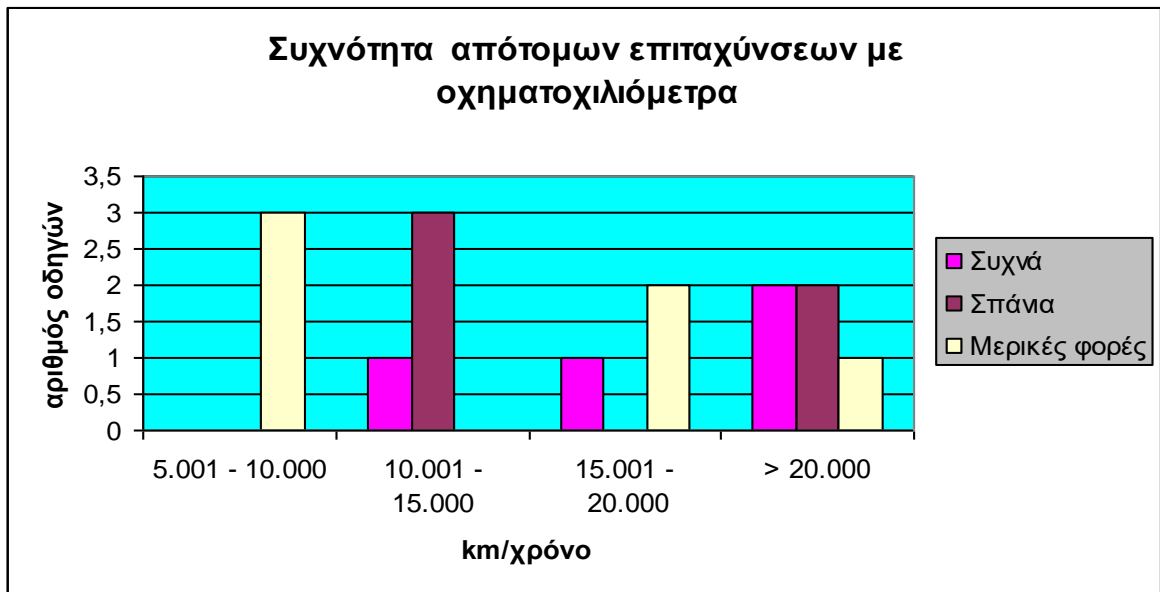
Διάγραμμα:4.10 κατανομής συνολικού αριθμού ατυχημάτων σε σχέση με τα οχηματοχιλιόμετρα

- Αυτοκινητόδρομος

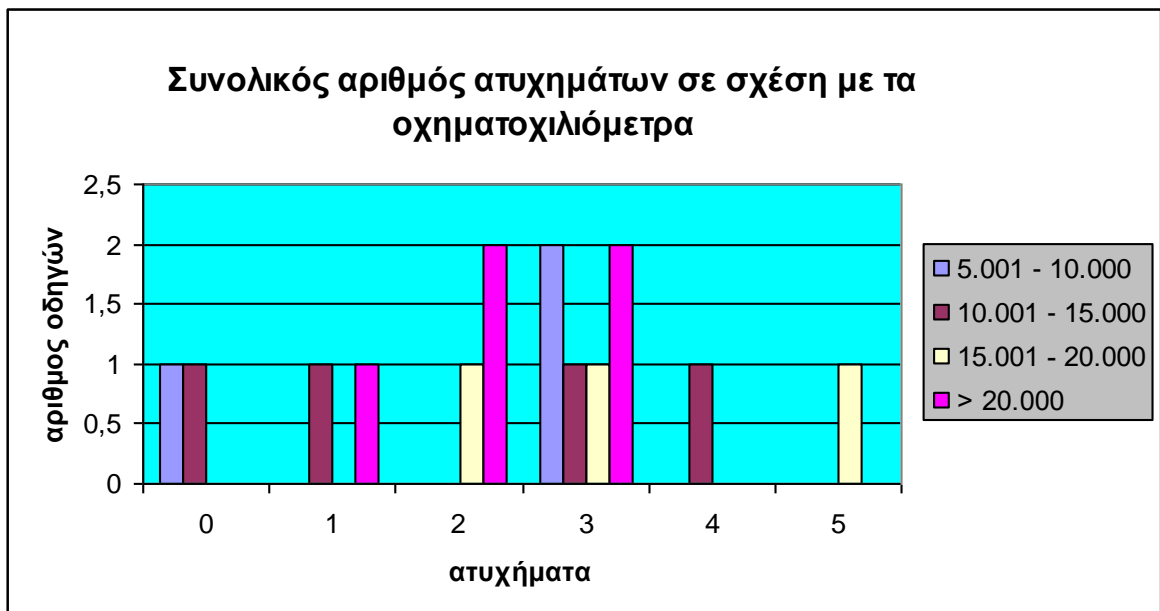
- ii) Απότομες επιταχύνσεις (HA)



Διάγραμμα:4.11 κατανομής HA σε σχέση με τις δηλωθείσες απότομες επιταχύνσεις σε αυτοκινητόδρομο

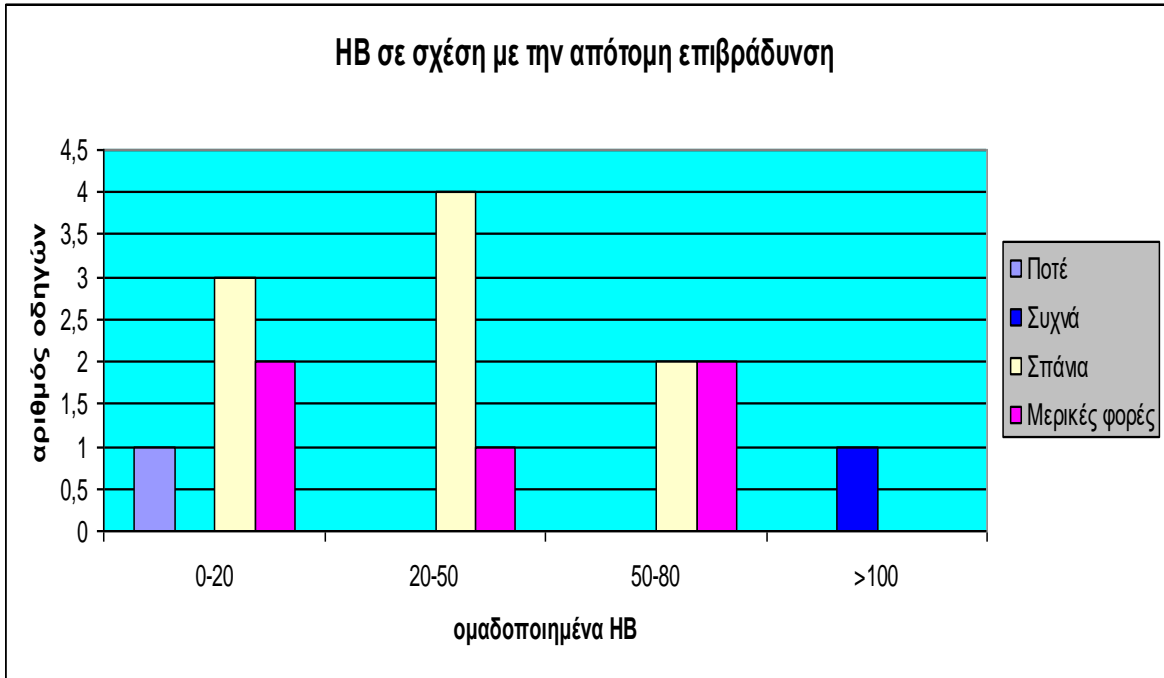


Διάγραμμα:4.12 κατανομή συχνότητας απότομων επιταχύνσεων συναρτήσει των οχηματοχιλιόμετρων

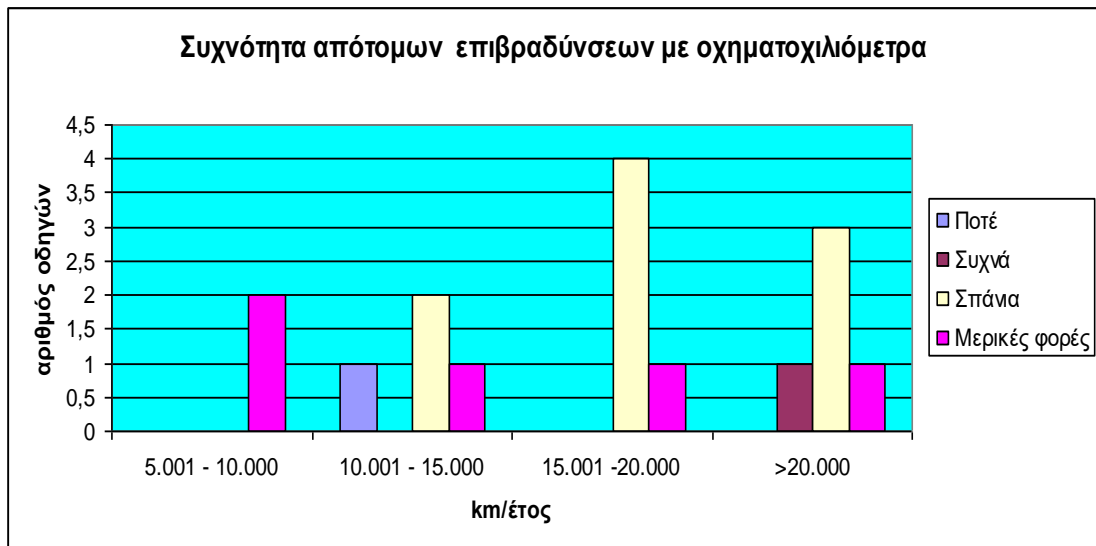


Διάγραμμα:4.13 κατανομή συνολικού αριθμού ατυχημάτων σε σχέση με τα οχηματοχιλιόμετρα

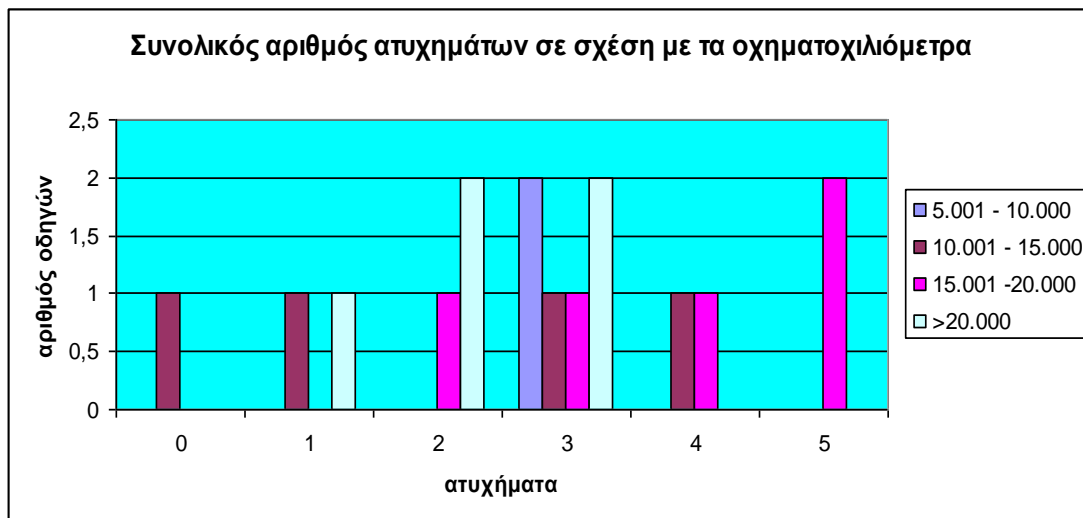
ii) Απότομες επιβραδύνσεις (HB)



Διάγραμμα:4.14 κατανομής HB σε σχέση με τις δηλωθείσες απότομες επιβραδύνσεις σε αυτοκινητόδρομο



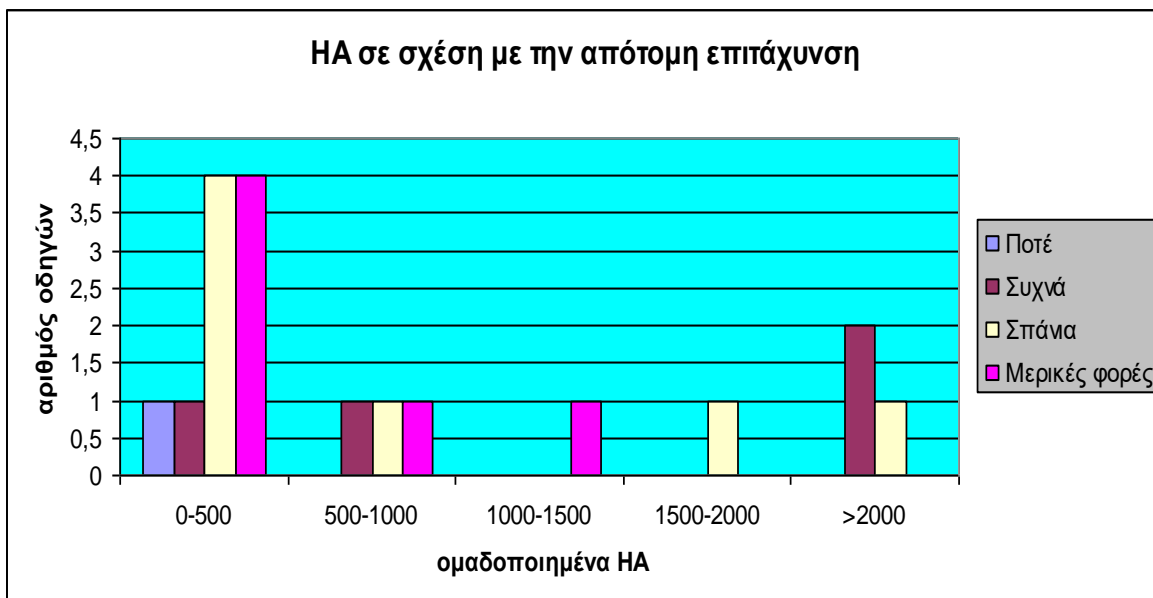
Διάγραμμα:4.15 κατανομής συχνότητας απότομων επιβραδύνσεων συναρτήσει των οχηματοχιλιομέτρων



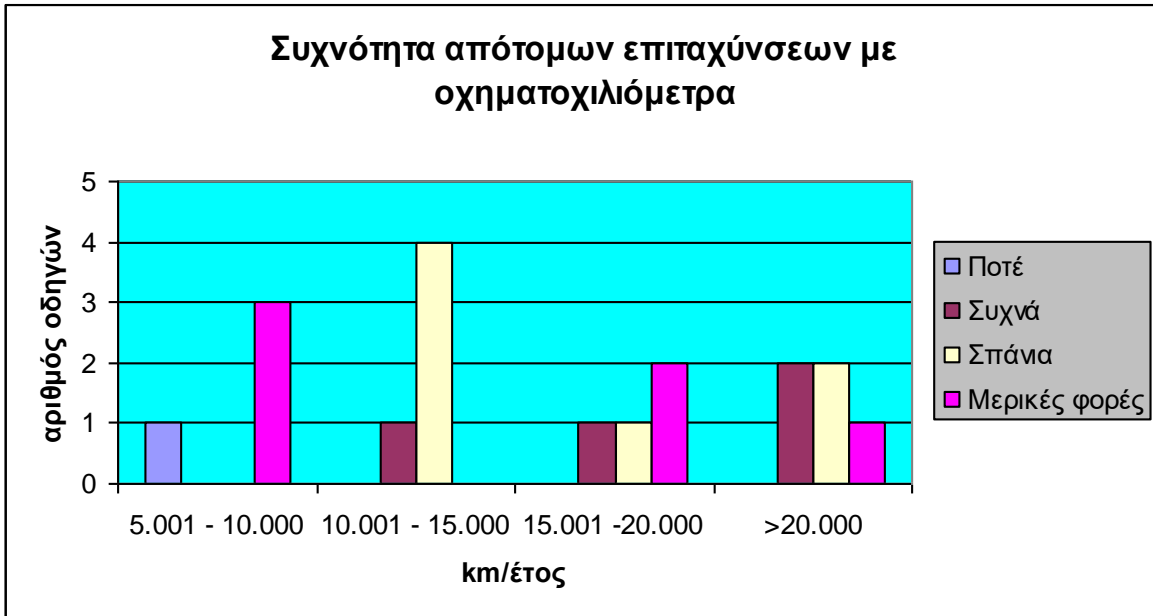
Διάγραμμα:4.16 κατανομής συνολικού αριθμού ατυχημάτων σε σχέση με τα οχηματοχιλιόμετρα

- **Αστική οδός**

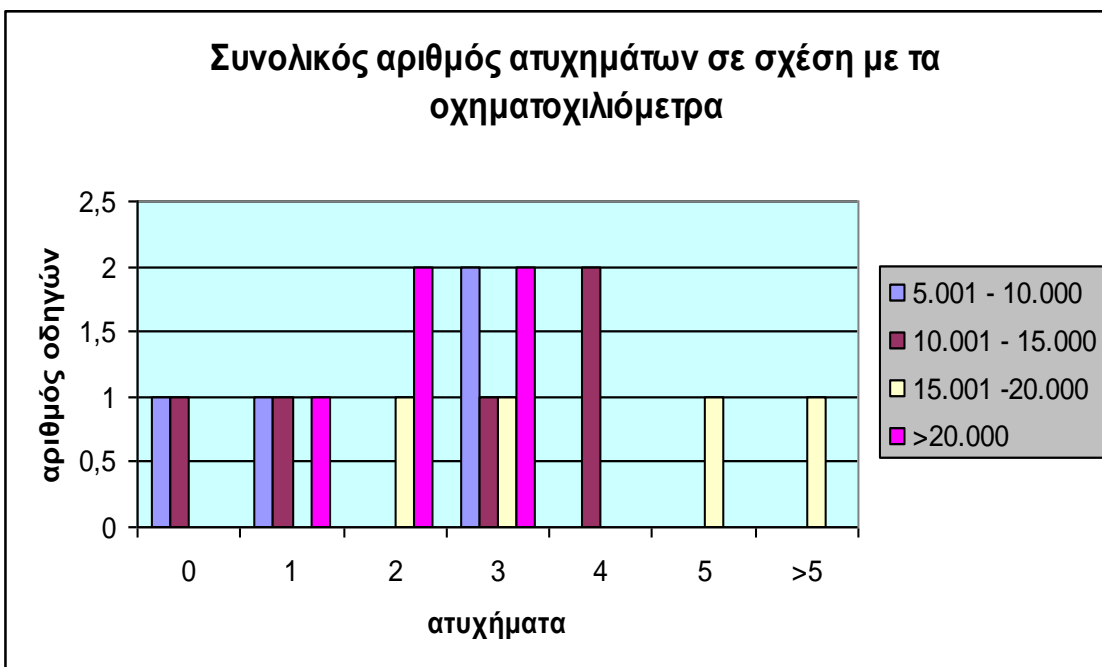
- i) **Απότομες επιταχύνσεις (HA)**



Διάγραμμα:4.17 κατανομής HA σε σχέση με τις δηλωθείσες απότομες επιταχύνσεις σε αστική οδό

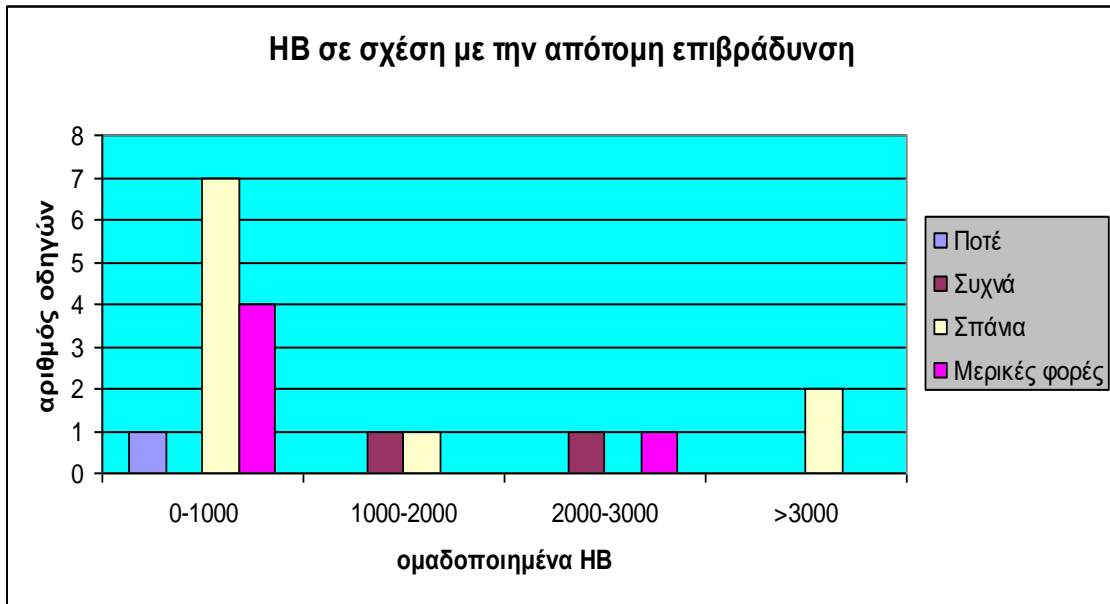


Διάγραμμα:4.18 κατανομής συχνότητας απότομων επιταχύνσεων συναρτήσει των οχηματοχιλιομέτρων

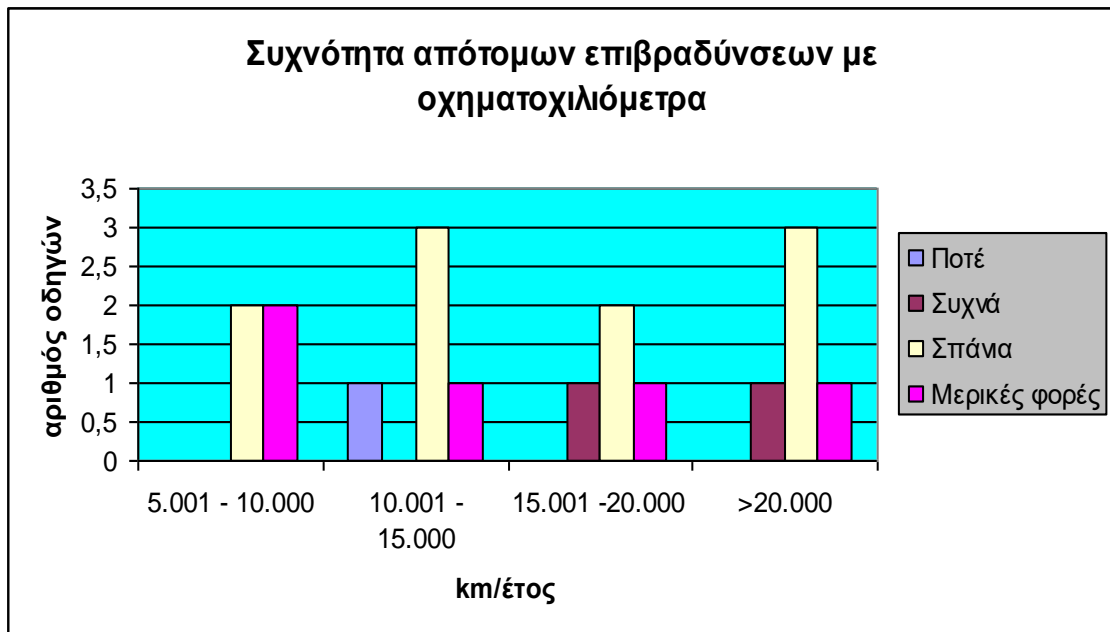


Διάγραμμα:4.19 κατανομής συνολικού αριθμού ατυχημάτων σε σχέση με τα οχηματοχιλιόμετρα

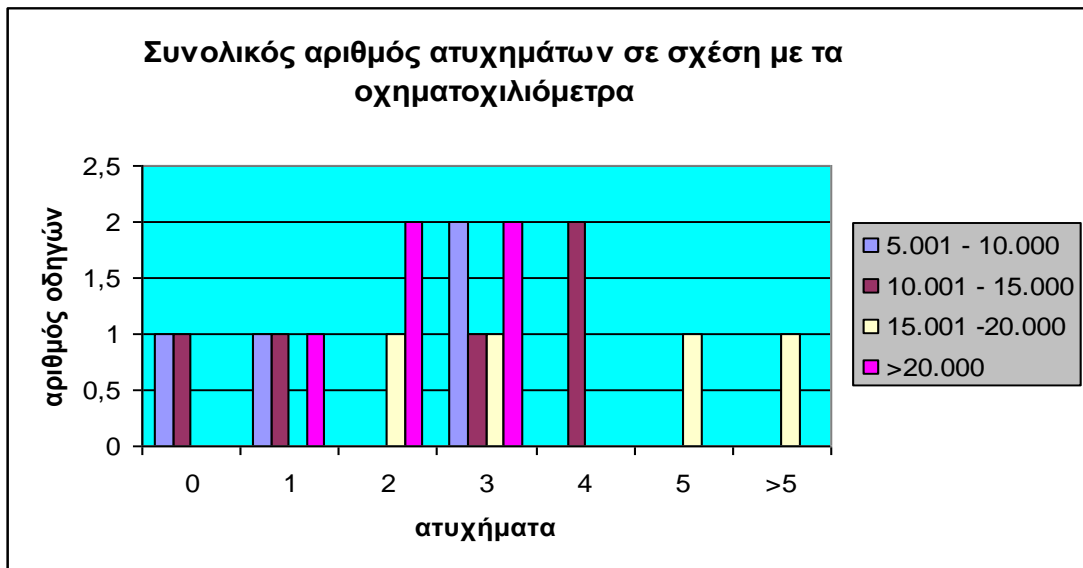
ii) Απότομες επιβραδύνσεις (HB)



Διάγραμμα:4.20 κατανομής HB σε σχέση με τις δηλωθείσες απότομες επιβραδύνσεις σε αστική οδό



Διάγραμμα:4.21 κατανομής συχνότητας απότομων επιβραδύνσεων συναρτήσει των οχηματοχιλιομέτρων



Διάγραμμα:4.22 κατανομής συνολικού αριθμού ατυχημάτων σε σχέση με τα οχηματοχιλιόμετρα

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτουν τα εξής **γενικά σχόλια και παρατηρήσεις**:

- Από τους 19 οδηγούς, οι 18 είναι από την **Ελλάδα** και ένας από το **Ντουμπάι**.
- Η δηλωθείσα συχνότητα **απότομων επιταχύνσεων** ανταποκρίνεται σε γενικές γραμμές στην αντίστοιχη παρατηρηθείσα συχνότητα.
- Αξίζει να προσέξουμε ότι σε κάποιες περιπτώσεις καθώς ο οδηγός **διανύει περισσότερα** χιλιόμετρα το έτος, **μειώνεται** η συχνότητα των επιβραδύνσεων.
- Οι **απότομες επιταχύνσεις** και **επιβραδύνσεις** που πραγματοποιούν οι οδηγοί είναι κατά πολύ περισσότερες σε αστική οδό σε σύγκριση με εκείνες που πραγματοποιούν σε αυτοκινητόδρομο.
- Παρατηρούμε ότι οι περισσότεροι οδηγοί δήλωσαν ότι έχουν εμπλακεί από **2 έως 4 ατυχήματα**, συνολικά ως οδηγοί από όταν πήραν το Δίπλωμά τους.
- Επίσης οι οδηγοί που έχουν εμπλακεί σε 2-4 ατυχήματα, διανύουν **πάνω από 15.000 χιλιόμετρα**.
- Ακόμα αξίζει να σημειωθεί ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των οδηγών ,είναι κάτοχοι **πανεπιστημιακού διπλώματος**.
- Οι οδηγοί στην πλειοψηφία τους είναι **κάτω των 40 ετών**.

4.7 Επεξεργασία των δεδομένων με το λογισμικό IBM SPSS 21.0

Έπειτα από την τελική διαμόρφωση των πινάκων στο λογισμικό Microsoft Excel, τα στοιχεία εισήχθησαν στο πεδίο δεδομένων (Data View) και **καθορίστηκαν και χαρακτηρίστηκαν οι μεταβλητές** μέσω του πεδίου μεταβλητών (Variable View). Ειδικότερα, ορίστηκε το είδος της εκάστοτε μεταβλητής (αριθμητική κλπ.), ο αριθμός δεκαδικών ψηφίων καθώς και ο τύπος της. Οι τύποι των μεταβλητών ορίζονται ως εξής:

- **Συνεχείς μεταβλητές** (scale variables), οι οποίες λαμβάνουν όλες τις τιμές πραγματικών αριθμών, όπως το μήκος του οδικού τμήματος.
- **Διατεταγμένες μεταβλητές** (ordinal variables), οι οποίες λαμβάνουν ακέραιες τιμές, με μαθηματική συσχέτιση μεταξύ τους, δηλαδή μικρότεροι αριθμοί συμβολίζουν μικρότερες αξίες μεταβλητής. Μια τέτοια μεταβλητή είναι ο αριθμός των χιλιομέτρων που οδηγεί ο οδηγός το έτος ή η ηλικία έχει το όχημα .
- **Διακριτές μεταβλητές** (nominal variables), οι οποίες λαμβάνουν συμβολικές ακέραιες τιμές χωρίς μαθηματική συσχέτιση.

Στη συνέχεια, ακολούθησε η **διερεύνηση συσχετίσεων** μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι τα εξής: Analyze → Correlate → Bivariate και έπειτα η επιλογή των μεταβλητών.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε η **κύρια στατιστική ανάλυση**, με στόχο την ανάπτυξη των τελικών μοντέλων. Εξετάστηκε η γραμμική παλινδρόμηση και ακολουθήσαμε τα εξής βήματα Analyze → Regression → Linear Απαραίτητος είναι ο **καθορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών**. Η εξαρτημένη μεταβλητή εισάγεται στο πλαίσιο Dependent, ενώ οι εξαρτημένες μεταβλητές, εισάγονται στο πλαίσιο "Independent(s)". Στο πλαίσιο "Method" μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή εξαρτημένων μεταβλητών. Αυτή συνήθως αφήνεται "Enter", που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όλες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο "Independent(s)" με τη σειρά που γράφονται εκεί. Τέλος, από την επιλογή "Options" επιλέχθηκαν οι στατιστικοί έλεγχοι που πρέπει να γίνουν.

data total 2 HA.sav [DataSet1] - IBM SPSS Statistics Data Editor

Visible: 53 of 53 Variables

	Q0.1	Q0.2	Q0.4	Q0.5	Q0.6	Q0.7	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
1	46	384	13,364010403958	26,5125937375	3,836405833333	26,517708333333	2003	14	0	3	1
2	59	3898	12,774382034613	24,0720309124	3,412669163674	25,262904053361	2000	17	0	3	2
3	70	424	14,666743610212	23,4667671298	6,289036061321	22,973820754717	2010	7	0	1	1
4	82	20	14,187652320000	26,2431534600	3,306239500000	20,725000000000	2000	17	0	3	3
5	95	5	22,632000000000	35,5896000000	2,485456000000	24,300000000000	1996	21	0	3	3
6	123	469	13,538162771322	28,2305015532	3,451612963753	28,744136460554	1995	21	0	1	3
7	129	4613	15,820979049950	33,4831987031	3,138565989595	36,754693258183	1997	23	0	4	1
8	163	981	13,996001640581	21,8112929424	2,820442110092	21,027217125382	1996	20	0	1	4
9	178	2328	14,763320219691	22,0923445362	2,969954347079	20,913616838488	1999	18	0	3	1
10	224	1102	14,276096210526	27,2581343115	3,815053602541	23,419509981851	1999	17	0	2	1
11	225	1086	13,352976897164	27,2807166334	3,570245036832	27,788213627993	1999	18	0	2	1
12	301	207	14,098543291401	26,0898914457	3,806357439614	27,077777777778	1974	45	0	4	1
13	308	15	24,220017480000	23,8681202400	3,509472000000	16,300000000000	2009	8	0	1	4
14	327	587	12,569246819949	24,5749942242	4,231661226576	24,890971039182	2009	8	0	4	1
15	385	1975	12,787406294020	24,1118845094	3,301237949367	24,963189873418	1996	20	0	2	1
16	414	514	13,885994069144	24,8897213923	3,208965739300	23,457003891051	1992	25	0	4	3
17	441	478	14,446370502531	21,6012259813	3,614630146444	19,160251046025	2008	10	0	2	4
18	675	3597	14,46910593719	24,0513769371	3,459118256881	22,814595496247	1988	29	0	4	1
19	761	43	12,955194530233	21,3396549209	3,797861395349	20,686046511628	2007	11	0	2	1
20											
21											
22											
23											

IBM SPSS Statistics Processor is ready

Εικόνα:4.6 Πεδίο Δεδομένων SPSS (data view)

data total 2 HA.sav [DataSet1] - IBM SPSS Statistics Data Editor

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	Q0.1	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Scale	Input
2	Q0.2	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Scale	Input
3	Q0.4	Numeric	13	12		None	None	13	Right	Scale	Input
4	Q0.5	Numeric	11	10		None	None	11	Right	Scale	Input
5	Q0.6	Numeric	13	12		None	None	13	Right	Scale	Input
6	Q0.7	Numeric	13	12		None	None	13	Right	Scale	Input
7	Q1	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Scale	Input
8	Q2	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Scale	Input
9	Q3	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Nominal	Input
10	Q4	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Ordinal	Input
11	Q5	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Nominal	Input
12	Q6	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Ordinal	Input
13	Q7	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Ordinal	Input
14	Q8	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Nominal	Input
15	Q9	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Nominal	Input
16	Q10	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Ordinal	Input
17	Q11	String	22	0		None	None	22	Left	Ordinal	Input
18	Q12	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Ordinal	Input
19	Q13	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Ordinal	Input
20	Q14	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Ordinal	Input
21	Q15	String	22	0		None	None	22	Left	Ordinal	Input
22	Q16	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Ordinal	Input
23	Q17	String	22	0		None	None	22	Left	Ordinal	Input
24	Q18	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Ordinal	Input
25	Q19	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Ordinal	Input

Εικόνα:4.2 Πεδίο μεταβλητών SPSS (Variable View)

5. Ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνεται η αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας, καθώς και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας. Όπως προαναφέρθηκε, ύστερα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση συναφών ερευνών, την παρουσίαση του θεωρητικού υπόβαθρου που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των στοιχείων και την περιγραφή συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων, πραγματοποιήθηκε η επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας για την παρούσα Εργασία. Η μέθοδος που επιλέχθηκε για την ανάλυση των στατιστικών στοιχείων της εργασίας, η οποία παρουσιάστηκε αναλυτικά στο κεφάλαιο 3 με τίτλο «Θεωρητικό Υπόβαθρο» είναι η **poisson**.

Πιο αναλυτικά θεωρήσαμε ότι η **poisson** είναι η καταλληλότερη υποκατηγορία των γενικευμένων γραμμικών μοντέλων για την ανάπτυξη των μοντέλων μας και γενικά για να περιγράψει τα στοιχεία μας. Πιο συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται **αναλυτικά τα βήματα** που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης κατάλληλων μοντέλων. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στην παρουσίαση ζητημάτων αξιοπιστίας των δεδομένων και στις διαδικασίες αντιμετώπισής τους. Αναπόσπαστο μέρος των αποτελεσμάτων αποτελούν οι στατιστικοί έλεγχοι που απαιτούνται για την αποδοχή ή την απόρριψη των μαθηματικών μοντέλων. Τέλος, **παρατίθενται τα αποτελέσματα** που προκύπτουν από την εφαρμογή των μεθοδολογιών, η περιγραφή τους, και η ερμηνεία τους με βάση το γενικότερο πλαίσιο της έρευνας.

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

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

Σκοπός της ανάλυσης με τη μέθοδο poisson είναι να υπολογισθούν στατιστικά σημαντικά μοντέλα και να εντοπισθούν οι μεταβλητές που επηρεάζουν περισσότερο την συσχέτιση της συμπεριφοράς του οδηγού τόσο στην πράξη όσο και στην αντίληψη που έχει ο ίδιος για τον εαυτό του.

5.2 Δεδομένα εισόδου - Καθορισμός μεταβλητών

Στα στατιστικά μοντέλα προσδιορισμού της οδηγικής συμπεριφοράς του εκάστοτε οδηγού, μέσα από αισθητήρες κινητού τηλεφώνου που καταγράφονται λεπτομερή στοιχεία για τη συμπεριφορά και τον τρόπο οδήγησης του κάθε οδηγού, εξετάστηκαν όλες οι μεταβλητές που αναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο 4.4. Είναι επιτακτική ανάγκη να τονιστεί ότι τα τελικά μοντέλα που προέκυψαν ήταν αποτέλεσμα μιας **μεγάλης σειράς δοκιμών**, κατά τις οποίες αναπτύχθηκε μεγάλος αριθμός μαθηματικών μοντέλων που περιελάμβαναν συνδυασμούς όλων των μεταβλητών που καταγράφηκαν, διαδικασία χρονοβόρα και δύσκολη.

Από τις μετρήσεις του πειράματος, τα δεδομένα που λήφθηκαν από τον **πίνακα καταγραφής της οδηγικής συμπεριφοράς** των χρηστών αλλά και από τα **ερωτηματολόγια** προέκυψε ένα μεγάλο πλήθος μεταβλητών, οι οποίες στη συνέχεια θα

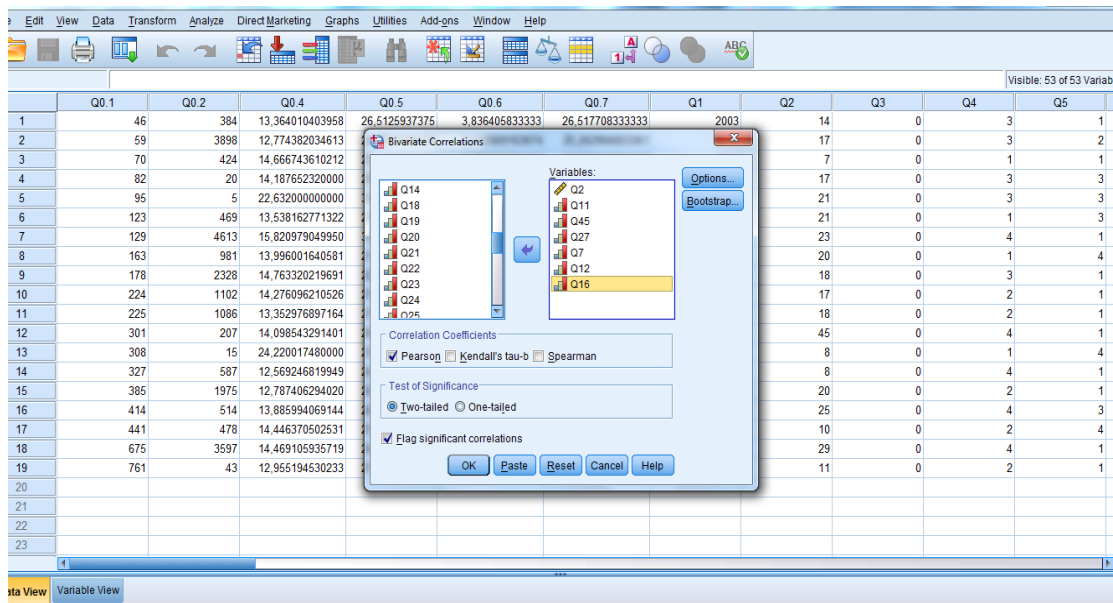
χρησιμοποιούνταν στα μοντέλα. Τα μοντέλα αυτά αξιολογήθηκαν με βάση τα αποτελέσματα **στατιστικών ελέγχων** (Wald, κλπ.), όπως αυτοί έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο αλλά και με βάση τη λογική εξήγηση των αποτελεσμάτων. Στις δοκιμές αυτές απορρίφθηκαν οι μεταβλητές που αποδείχθηκαν ότι δεν έχουν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

5.3 Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών

Για να ολοκληρωθεί ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας, δηλαδή η δημιουργία μοντέλων **για τη συσχέτιση της δηλωθείσας και της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς του οδηγού**, εξετάστηκε σε πρώτη φάση η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών, ώστε να επιλεγεί το καταλληλότερο μοντέλο. Εκείνο που επιδιώκεται είναι η μέγιστη δυνατή συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών και μηδενική συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η διερεύνηση αυτή έγινε με την εισαγωγή του πίνακα των επιλεγθέντων μεταβλητών στο ειδικό στατιστικό λογισμικό πρόγραμμα SPSS 21, και τις εντολές:

Analyze -> correlate -> Bivariate

Οι μεταβλητές που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας εισάγονται στο πεδίο **Variables**. Απόλυτες τιμές των συντελεστών συσχέτισης κοντά στη μονάδα δείχνουν ισχυρή συσχέτιση, ενώ τιμές κοντά στο μηδέν φανερώνουν ανύπαρκτη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Στην πράξη θεωρείται μικρή συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών όταν η απόλυτη τιμή του δείκτη συσχέτισης κατά Pearson είναι μικρότερη ή ίση με 0.5~0.6 ($r \leq 0.5\sim 0.6$).



Εικόνα:5.1 Επιλογή παραμέτρων για τον έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών

		Q2	Q11	Q45	Q27	Q7	Q12	Q16
Q2	Pearson Correlation	1	.239	-.033	.232	-.503*	-.084	-.092
	Sig. (2-tailed)		.325	.893	.354	.028	.734	.717
	N	19	19	19	19	19	19	18
Q11	Pearson Correlation	.239	1	-.003	-.026	-.152	.041	.052
	Sig. (2-tailed)	.325		.990	.919	.535	.867	.836
	N	19	19	19	18	19	19	18
Q45	Pearson Correlation	-.033	-.003	1	.027	-.026	.010	-.022
	Sig. (2-tailed)	.893	.990		.916	.916	.967	.931
	N	19	19	19	18	19	19	18
Q27	Pearson Correlation	.232	-.026	.027	1	.042	-.203	-.433
	Sig. (2-tailed)	.354	.919	.916		.870	.419	.083
	N	19	18	18	18	18	18	17
Q7	Pearson Correlation	-.503*	-.152	-.026	.042	1	.191	.166
	Sig. (2-tailed)	.028	.535	.916	.870		.434	.510
	N	19	19	19	19	19	19	18
Q12	Pearson Correlation	-.084	.041	.010	-.203	.191	1	1,000**
	Sig. (2-tailed)	.734	.867	.967	.419	.434		.000
	N	19	19	19	18	19	19	18
Q16	Pearson Correlation	-.092	.052	-.022	-.433	.166	1,000**	1
	Sig. (2-tailed)	.717	.836	.931	.083	.510	.000	
	N	18	18	18	17	18	18	18

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

Εικόνα:5.2 Αποτελέσματα για τον έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών

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

Correlations

		Q2	Q11	Q45	Q27	Q7	Q12	Q16
Q2	Pearson Correlation	1	,239	,033	,232	-,503*	-,084	-,092
	Sig. (2-tailed)		,325	,893	,354	,028	,734	,717
	N	19	19	19	18	19	19	18
Q11	Pearson Correlation	,239	1	-,003	-,026	-,152	,041	,052
	Sig. (2-tailed)	,325		,990	,919	,535	,867	,836
	N	19	19	19	18	19	19	18
Q45	Pearson Correlation	,033	-,003	1	,027	-,026	,010	-,022
	Sig. (2-tailed)	,893	,990		,916	,916	,967	,931
	N	19	19	19	18	19	19	18
Q27	Pearson Correlation	,232	-,026	,027	1	,042	-,203	-,433
	Sig. (2-tailed)	,354	,919	,916		,870	,419	,083
	N	18	18	18	18	18	18	17
Q7	Pearson Correlation	-,503*	-,152	-,026	,042	1	,191	,166
	Sig. (2-tailed)	,028	,535	,916	,870		,434	,510
	N	19	19	19	18	19	19	18
Q12	Pearson Correlation	-,084	,041	,010	-,203	,191	1	1,000**
	Sig. (2-tailed)	,734	,867	,967	,419	,434		0,000
	N	19	19	19	18	19	19	18
Q16	Pearson Correlation	-,092	,052	-,022	-,433	,166	1,000**	1
	Sig. (2-tailed)	,717	,836	,931	,083	,510	0,000	
	N	18	18	18	17	18	18	18

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

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

Πίνακας:5.1 Παραδείγματα συσχέτισης των μεταβλητών

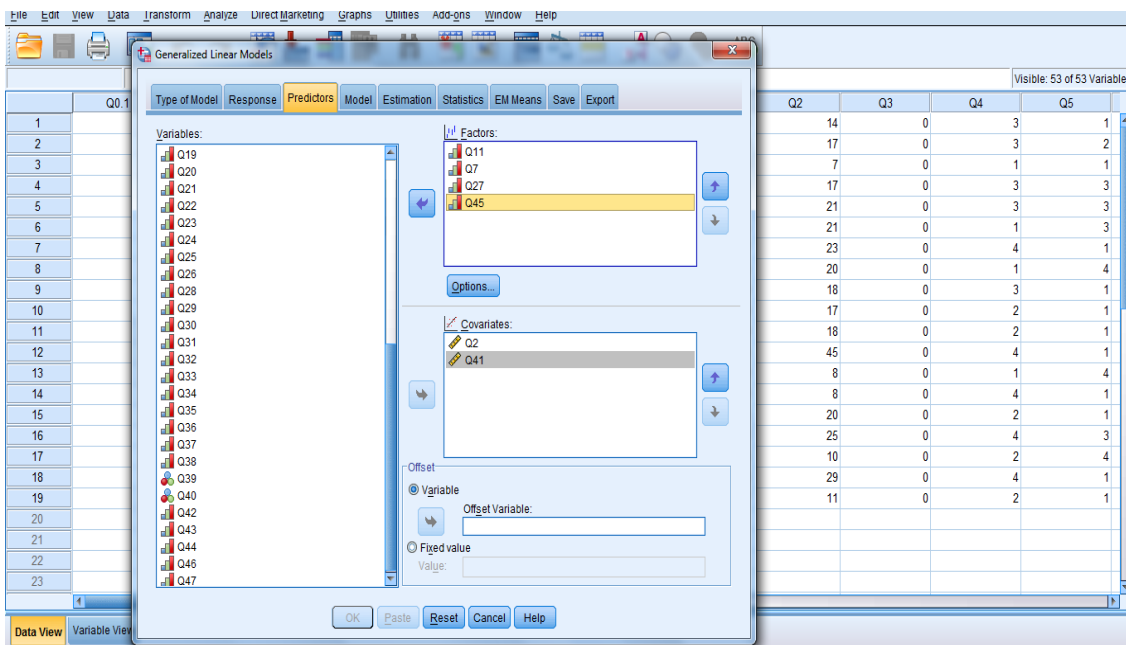
Αφού βρέθηκαν οι συντελεστές συσχέτισης των μεταβλητών, πραγματοποιήθηκε η **επιλογή των βασικών μεταβλητών** οι οποίες **δεν συσχετίζονται** με σκοπό να χρησιμοποιηθούν ως ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο το οποίο θα αναλυθεί στο κεφάλαιο αυτό. Η επιλογή αυτή έγινε με την **παραδοχή** ότι οι συγκεκριμένες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

5.4 Γενικευμένα Γραμμικά Μοντέλα

Για τη διερεύνηση της συσχέτισης της δηλωθείσας και της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς του οδηγού δοκιμάστηκε η μέθοδος των γενικευμένων γραμμικών μοντέλων. Κρίθηκε σκόπιμο με την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων να εντοπισθούν ποιοι είναι εκείνοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την αντίληψη που έχει ο οδηγός για την οδική του συμπεριφορά. Για το λόγο αυτό, όλα τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν είχαν ως εξαρτημένη μεταβλητή ένα απότομο συμβάν (απότομη επιτάχυνση και απότομη επιβράδυνση, **harsh acceleration HA** /**harsh break HB** αντίστοιχα). Η επιλογή της μεθόδου του γενικευμένου γραμμικού μοντέλου, βασίστηκε αφενός στο γεγονός ότι η μεταβλητή που εξετάζεται (εξαρτημένη) είναι συνεχής και αφετέρου στο ότι η κατανομή που ακολουθεί μπορεί να θεωρηθεί ότι προσεγγίζει την poisson. Από τη στιγμή που η εξαρτημένη μεταβλητή εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές, η μέθοδος που χρησιμοποιείται ονομάζεται **γενικευμένα γραμμικά μοντέλα** (generalized linear models). Η διαδικασία της poisson στο SPSS εφαρμόζεται μέσω της ακολουθίας των εντολών:

Analyze -> Generalized linear models -> poisson

Στη συνέχεια **καθορίζονται η εξαρτημένη και οι ανεξάρτητες μεταβλητές**. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο **Dependent**. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές, βάσει των οποίων θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο **Independent(s)**. Στο **predictors** βάζω τις ανεξάρτητες μεταβλητές που τις χωρίζω σε **factors** (διακριτές) και **covariates (συνεχής)**. Στην συνέχεια στο **model** πατάω το βελάκι που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όλες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Independent(s) με τη σειρά που γράφονται εκεί. Σταδιακά εισάγονται πιθανές ανεξάρτητες (επεξηγηματικές) μεταβλητές έως ότου καταλήξουμε σε επιθυμητά αποτελέσματα. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω στην προσπάθεια αναζήτησης μιας καλύτερης μεθόδου ανάλυσης των δεδομένων επιλέχθηκε η poisson regression. Η σχέση που συνδέει την εξαρτημένη μεταβλητή με τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι και σε αυτή την περίπτωση γραμμική. Η διαφορά της από τη πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση έγκειται στο ότι στην περίπτωση αυτή ενδιαφέρει ο **φυσικός αριθμός της εξαρτημένης μεταβλητής**.



Εικόνα:5.3 Επιλογή ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών για τη poisson

Αναφέρεται ότι κάθε φορά που εξεταζόταν κάποιο στατιστικό πρότυπο, χρησιμοποιούνταν διαδοχικά όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές και κάθε φορά απορρίπτονταν όσες είχαν sig. μεγαλύτερο από 5%. Επισημαίνεται ότι τα τελικά αποτελέσματα επιλέχθηκαν έπειτα από πολλές δοκιμές. Το πιο συχνό πρόβλημα που προέκυψε ήταν ότι το επίπεδο σημαντικότητας ξεπερνούσε το 5%. Τα μοντέλα που πληρούν όλους τους στατιστικούς ελέγχους παρουσιάζονται στα υποκεφάλαια που ακολουθούν.

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

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

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

- Το **επίπεδο σημαντικότητας** (Sig-Significance) να είναι μικρότερο από 5%.
- Τα διαστήματα εμπιστοσύνης (lower- upper) να μην περνάνε από το μηδέν δηλαδή αυτές οι δύο τιμές να έχουν το ίδιο πρόσημο.
- Οι συνεχείς μεταβλητές να έχουν μόνο έναν συντελεστή Β.

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

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

Μοντέλο 1: Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων (HA) σε όλους τους τύπους οδού.

Μοντέλο 2: : Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων (HB) σε όλους τους τύπους οδού.

Ύστερα από πολλές δοκιμές και αρκετή έρευνα διαπιστώσαμε ότι καλύτερο είναι να μην διαχωρίσουμε τα μοντέλα ανά τύπο οδού διότι τα αποτελέσματα δεν ήταν τόσο αντιπροσωπευτικά και ίσως το δείγμα μας δεν ήταν τόσο μεγάλο για να μπορέσουν τα μοντέλα να δώσουν καλά αποτελέσματα και η ερμηνεία τους να είναι ακέραιη ως προς την επιστημονική κοινότητα. Παρόλα αυτά το δείγμα μας είναι αντάξιο να δώσει ορθά μοντέλα με έναν άλλο βασικό και κύριο διαχωρισμό. Στον διαχωρισμό αυτό καταλήξαμε μετά από ενδελεχή σκέψη, σωστή έρευνα και πολλούς συνδυασμούς όσον αφορά το μείγμα των μεταβλητών μας. Όντως η συγκεκριμένη προσέγγιση έδωσε πολύ ενδιαφέροντα μοντέλα και ως προς το στατιστικό κομμάτι αλλά και ως προς την ερμηνεία αυτών. Η απόφαση που πάρθηκε ήταν ο διαχωρισμός να γίνει με βάση κάποιο απότομο συμβάν, συγκεκριμένα το απότομο συμβάν που αποφασίστηκε ότι είναι κρισιμότερο είναι οι συχνότητα εμφάνισης των απότομων επιταχύνσεων και των απότομων επιβραδύνσεων ξεχωριστά για κάθε οδηγό. Παρακάτω παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα βέλτιστα μαθηματικά μοντέλα ως αποτέλεσμα **περισσότερων από 200 δοκιμές**, που αφορούν στην παρατηρηθείσα συμπεριφορά του οδηγού. Για κάθε μοντέλο γίνεται αναλυτική ανάλυση και παρουσιάζονται τα εξής:

- Πίνακας συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταβλητών
- Το μείγμα των στατιστικά σημαντικών μεταβλητών που επιλέχθηκαν

Διευκρινίζεται ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές χωρίστηκαν σε υποκατηγορίες ανάλογα με την αντίστοιχη απάντηση που δόθηκε πριν εισαχθούν στο ειδικό στατιστικό λογισμικό και δημιουργήθηκαν **n-1** υποκατηγορίες για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, όπου n ο αριθμός των διαφορετικών απαντήσεων που δόθηκε από τους οδηγούς όταν τέθηκε υπό ερώτηση η αντίστοιχη ανεξάρτητη μεταβλητή. Οι **υποκατηγορίες** που τελικά χρησιμοποιήθηκαν στα τελικά μοντέλα αναφέρονται παρακάτω.

1. Αριθμός ατυχημάτων μέχρι σήμερα
2. Συνολικός αριθμός ατυχημάτων με τραυματίες μέχρι σήμερα
3. Αριθμός κλήσεων παράβασης ΚΟΚ μέχρι σήμερα
4. Πόσο ικανός θεωρείτε ότι είστε
5. Πόσο προσεκτικός θεωρείτε ότι είστε

Στην περιγραφή πρόσημων οι παραπάνω υποκατηγορίες θα συγκριθούν ως προς την επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή με τις **κατηγορίες αναφοράς** οι οποίες επιλέχθηκαν οι απαντήσεις με τον **μέγιστο** αριθμό κλήσεων, ατυχημάτων, ατυχημάτων με τραυματίες, τον **μεγαλύτερο** αριθμό που έχουν δηλώσει οι οδηγοί ότι είναι προσεκτικοί και ικανοί.

5.5 Ανάπτυξη μοντέλου πρόβλεψης συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων (HA) σε όλους τους τύπους οδού

Έπειτα από **πολλές δοκιμές** ως το καλύτερο μοντέλο για να εκφραστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την συσχέτιση της δηλωθείσας και της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς του οδηγού προέκυψε ότι είναι εκείνο με εξαρτημένη μεταβλητή τις απότομες επιταχύνσεις (harsh acceleration) και ανεξάρτητες μεταβλητές:

Q2: πόσα χρόνια οδηγείτε

Q7: τι ηλικία έχει το όχημα σας

Q11: σε πόσα ατυχήματα έχετε εμπλακεί μέχρι σήμερα

Q27: πόσο προσεκτικός οδηγός θεωρείτε ότι είστε

Q41: ηλικία

Q45: επάγγελμα

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

		Correlations					
		Q2	Q7	Q11	Q27	Q41	Q45
Q2	Pearson Correlation	1	-,503*	,239	,232	,632*	,033
	Sig. (2-tailed)		,028	,325	,354	,000	,893
	N	19	19	19	18	19	19
Q7	Pearson Correlation	-,503*	1	-,152	,042	-,485*	-,026
	Sig. (2-tailed)	,028		,535	,870	,035	,916
	N	19	19	19	18	19	19
Q11	Pearson Correlation	,239	-,152	1	-,026	,180	-,003
	Sig. (2-tailed)	,325	,535		,919	,460	,990
	N	19	19	19	18	19	19
Q27	Pearson Correlation	,232	,042	-,026	1	,190	,027
	Sig. (2-tailed)	,354	,870	,919		,449	,916
	N	18	18	18	18	18	18
Q41	Pearson Correlation	,632*	-,485*	,180	,190	1	,011
	Sig. (2-tailed)	,000	,035	,460	,449		,965
	N	19	19	19	18	19	19
Q45	Pearson Correlation	,033	-,026	-,003	,027	,011	1
	Sig. (2-tailed)	,893	,916	,990	,916	,965	
	N	19	19	19	18	19	19

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

Πίνακας:5.2 Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Μοντέλο 1

5.6 Ποιότητα μοντέλου

Στο παρακάτω μοντέλο που περιγράφεται τηρούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι. Πιο αναλυτικά:

- Οι συνεχείς μεταβλητές έχουν έναν μόνο συντελεστή Β.
- Τα διαστήματα εμπιστοσύνης (Lower- Upper) έχουν όλα το ίδιο πρόσημο.
- Η στατιστική σημαντικότητα είναι σε όλες τις μεταβλητές κάτω από το 5%, και στο συγκεκριμένο μοντέλο είναι σε όλες 0.
- Οι μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο καθώς και τα πρόσημα τους εξηγούνται

Parameter Estimates

Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
			(Intercept)	7,706				,5684	6,592	8,820	183,810	1	,000
Q2	,511	,0095	,492	,530	2876,137	1	,000
Q41	-,522	,0104	-,542	-,502	2542,432	1	,000
[Q11=>5]	2,692	,5024	1,707	3,676	28,707	1	,000
[Q11=0]	6,032	,4544	5,142	6,923	176,205	1	,000
[Q11=1]	6,226	,4497	5,344	7,107	191,692	1	,000
[Q11=2]	4,641	,4535	3,752	5,530	104,754	1	,000
[Q11=3]	5,869	,4484	4,990	6,748	171,335	1	,000
[Q11=4]	-2,504	,1571	-2,812	-2,196	253,871	1	,000
[Q11=5]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Q7=1]	-6,110	,4478	-6,987	-5,232	186,128	1	,000
[Q7=2]	-6,599	,4528	-7,486	-5,711	212,335	1	,000
[Q7=3]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Q45=1]	9,816	,5182	8,800	10,832	358,819	1	,000
[Q45=2]	8,466	,5195	7,448	9,484	265,615	1	,000
[Q45=3]	8,699	,5218	7,676	9,722	277,891	1	,000
[Q45=4]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Q27=2]	1,097	,0325	1,033	1,161	1140,239	1	,000
[Q27=3]	2,855	,0520	2,753	2,957	3013,087	1	,000
[Q27=4]	-,170	,0408	-,250	-,090	17,352	1	,000
[Q27=5]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
(Scale)	1 ^b						

Dependent Variable: Q0.2

Model: (Intercept), Q2, Q41, Q11, Q7, Q45, Q27

a. Set to zero because this parameter is redundant.

b. Fixed at the displayed value.

Πίνακας:5.3 Μεταβλητές στην εξίσωση-Μοντέλο 1

Περιγραφή πρόσημων

Τα **πρόσημα** κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής μπορούν να **εξηγηθούν λογικά** ως ένα βαθμό.

5.7 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου

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

- ✚ Τα **χρόνια εμπειρίας** στην οδήγηση αυξάνουν την πιθανότητα κάποιος οδηγός να κάνει απότομες επιταχύνσεις και αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι νιώθει μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση από ότι ένας νέος οδηγός, άρα χειρίζεται καλύτερα το όχημα και έχει μεγαλύτερη ευελιξία να κάνει αυτήν την κίνηση.
- ✚ **Οι μεγαλύτεροι σε ηλικία οδηγοί**, φαίνεται ότι δεν πραγματοποιούν απότομες επιταχύνσεις τόσο συχνά όσο οι νέοι οδηγοί γεγονός που δείχνει ότι οι μεγαλύτεροι σε ηλικία οδηγοί κάνουν πιο συνετή οδήγηση.
- ✚ Οι οδηγοί που έχουν εμπλακεί **σε 3 ατυχήματα μέχρι σήμερα** κάνουν περισσότερες επιταχύνσεις από εκείνους που έχουν κάνει πάνω από 4 ατυχήματα αντίστοιχα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι οδηγοί με 3 ατυχήματα, δηλαδή εκείνοι που είναι πιο προσεκτικοί, μειώνουν κατά πολύ τις ταχύτητες πολύ πιο συχνά από τους δεύτερους, ενώ επίσης επιταχύνουν περισσότερες φορές.
- ✚ Ακόμα τα παραπάνω μοντέλα έδειξαν ότι **η ηλικία του οχήματος** είναι ανασταλτικός παράγοντας ώστε ο οδηγός να επιχειρήσει απότομες επιταχύνσεις, μια λογική συνέπεια εφόσον δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για την αξιοπιστία του οχήματος.
- ✚ Σημαντικό εύρημα των μοντέλων **είναι ότι οι ιδιωτικοί υπάλληλοι** έχουν την τάση να πραγματοποιούν περισσότερες απότομες επιταχύνσεις σε σύγκριση με τους ελεύθερους επαγγελματίες και τους επιχειρηματίες. Αυτό ίσως θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι ιδιωτικοί υπάλληλοι στην καθημερινή τους ρουτίνα έχουν περισσότερο άγχος από τους άλλους γιατί έχουν συγκεκριμένο χρόνο να ολοκληρώσουν κάποιες ενέργειες, π.χ. κάθε πρωί θα πρέπει να πάνε τα παιδιά τους στο σχολείο και να είναι στην ώρα τους στην εργασία τους, γεγονός που προκαλεί στρες και αναγκάζονται να κάνουν απότομες επιταχύνσεις.
- ✚ Τέλος όταν οι οδηγοί ερωτήθηκαν πόσο προσεκτικοί θεωρούν ότι είναι αποκαλύφθηκε ότι **οι οδηγοί επιπέδου 3** έχουν την τάση να αυξάνουν τις απότομες επιταχύνσεις σε σχέση με τους οδηγούς επιπέδου 4 που έχουν την τάση να τις μειώνουν. Αν γίνει η παραδοχή ότι οι απαντήσεις που δίνουν οι οδηγοί ανταποκρίνονται στην αλήθεια τότε το φαινόμενο αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η αντίληψη των οδηγών για ασφαλή οδήγηση έχει να κάνει με το να μην αυξάνουμε ταχύτητα. Άρα δικαιολογημένα οι οδηγοί επιπέδου 3 πραγματοποιούν και περισσότερες επιταχύνσεις γιατί λογικά κάνουν και περισσότερα φρεναρίσματα, όποτε για να έρθουν σε μια κανονική ροή αναγκάζονται να επιταχύνουν. Οι οδηγοί επιπέδου 4 φαίνεται ότι κρατούν έναν σταθερό ρυθμό οδήγησης στην οδό.

5.8 Σχετική επιρροή των μεταβλητών στο Μοντέλο 1

Στο σημείο αυτό κρίθηκε σημαντικός ο υπολογισμός του βαθμού επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών του παραπάνω μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή, δηλαδή αυτή του δείκτη συνολικής επίδοσης. Ο **βαθμός της επιρροής** των ανεξάρτητων μεταβλητών εκφράζεται ποσοτικά μέσω του μεγέθους της σχετικής επιρροής. Ο υπολογισμός του μεγέθους αυτού βασίστηκε στη θεωρία της ελαστικότητας και αντικατοπτρίζει την ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής Y στη μεταβολή μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Η ελαστικότητα είναι ένα αδιάστατο μέγεθος, που σε αντίθεση με τους συντελεστές των μεταβλητών του μοντέλου, δεν εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης των μεταβλητών. Σε συνδυασμό με το πρόσημο των συντελεστών, είναι πιθανό να προσδιοριστεί αν η αύξηση κάποιας ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει αύξηση ή μείωση στην εξαρτημένη. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί η κατά 1% μεταβολή της ανεξάρτητης.

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

$$e_i = \beta_i \cdot \chi$$

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

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

$$e_i = (\exp(\beta_i) - 1) / \exp(\beta_i)$$

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

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Συντελεστές β_i	Ελαστικότητα e_i	Σχετική επιρροή e_i^*
Q2	0,511	0,006	1,000
Q41	-0,522	-0,013	2,060
Q11=0	6,032	0,413	35,482
Q11=1	6,226	0,426	36,624
Q11=2	4,641	0,318	27,300
Q11=3	5,869	0,402	34,524
Q11=4	-2,504	-0,171	14,729
Q11=>5	2,692	0,184	15,835
Q7=1	-6,11	-0,418	35,941

Q7=2	-6,599	-0,452	38,818
Q45=1	9,816	0,672	57,741
Q45=2	8,466	0,580	49,800
Q45=3	8,699	0,596	51,171
Q27=2	1,097	0,075	6,453
Q27=3	2,855	0,195	16,794
Q27=4	-0,17	-0,012	1,000

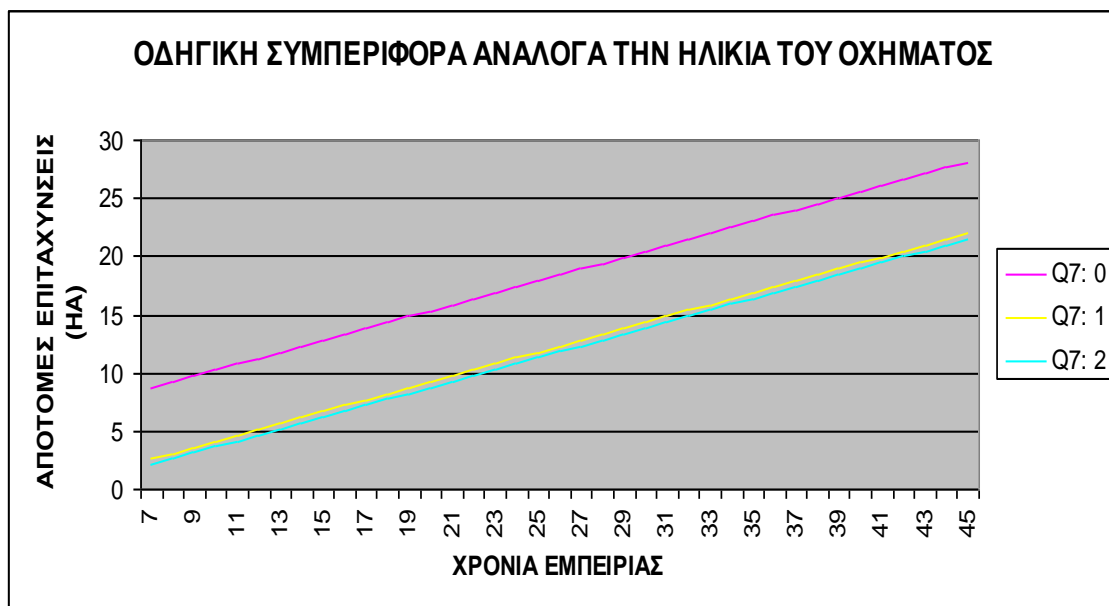
Πίνακας:5.4 Ελαστικότητες και σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο1

Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο 1, παρατηρούνται τα εξής:

- ❖ Η επιρροή της μεταβλητής **Q45 (επάγγελμα οδηγού)** είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές και στις τρεις κατηγορίες της. Αυτό δείχνει τη σημαντικότητα που έχει το επάγγελμα του οδηγού στο αν ο οδηγός θα πάρει την απόφαση να κάνει συχνά απότομες επιταχύνσεις, πολύ πιθανό επειδή υπάρχει το άγχος της ρουτίνας ώστε να μπορέσει ο άνθρωπος να ανταπεξέλθει στην δύσκολη καθημερινότητα και να προλάβει όλες τις εργασίες του σε συγκεκριμένες προθεσμίες.
- ❖ Αμέσως μετά η επόμενη μεταβλητή που επηρεάζει την εξαρτημένη μας μεταβλητή είναι η **Q7 (ηλικία οχήματος)** και μάλιστα 38,818 και 35,941 περισσότερες φορές αντίστοιχα για τις δύο κατηγορίες. Ενδεχομένως αυτό να εξηγείται με το γεγονός ότι ανάλογα την ηλικία που έχει το όχημα κάνει τον οδηγό να οδηγεί πιο συνετά και άρα δεν κάνει απότομες επιταχύνσεις.
- ❖ Επίσης η **Q11 (τα ατυχήματα που έχει εμπλακεί ο οδηγός μέχρι σήμερα)** φανερώνουν μεγάλη επιρροή και συγκεκριμένα αν έχει εμπλακεί σε 1 ατύχημα. Η υποκατηγορία αυτής της μεταβλητής πιθανόν θέλει να δείξει ότι οι οδηγοί με 1 ατύχημα δηλαδή εκείνοι που είναι πιο προσεκτικοί μειώνουν κατά πολύ τις ταχύτητες πολύ πιο συχνά από τους υπόλοιπους οπότε και χρειάζεται να επιταχύνουν το χαμηλής ταχύτητας όχημα περισσότερες φορές από εκείνους που λόγω της υψηλότερης ταχύτητας κι επιτάχυνσης που συχνά αναπτύσσουν δεν χρειάζεται να επιταχύνουν παραπάνω.
- ❖ Αποκαλύφθηκε εξίσου σημαντική και η μεταβλητή **Q27 (πόσο προσεκτικός είναι ο οδηγός)**. Αυτό το αποτέλεσμα φάνηκε και στο μοντέλο μου, που σημαίνει ότι οι οδηγοί έχουν καλή αντίληψη της οδηγικής τους συμπεριφοράς και γνωρίζουν πως και πότε πρέπει να αντιδράσουν.
- ❖ Τέλος οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές επηρεάζουν στον ίδιο βαθμό την εξαρτημένη μεταβλητή αλλά όπως φαίνεται και από το παραπάνω πίνακα δεν υπάρχει καμία σύγκριση με τις προαναφερθέντες μεταβλητές που ο δείκτης επιρροής τους είναι πολύ υψηλός.

5.9 Ανάλυση ευαισθησίας

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



Διάγραμμα:5.1 Μεταβολή των απότομων επιταχύνσεων συναρτήσει των χρόνων εμπειρίας οδήγησης ανάλογα την ηλικία του οχήματος



Διάγραμμα:5.2 Μεταβολή των απότομων επιταχύνσεων συναρτήσει της ηλικίας του οδηγού ανάλογα το μορφωτικό του επίπεδο

Στα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει ότι όλες οι καμπύλες είναι σχεδόν παράλληλες μεταξύ τους. Στο πρώτο διάγραμμα φαίνεται η αυξητική τάση των καμπυλών. Τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με αυτά του μοντέλου οπότε διακρίνουμε ότι η ηλικία του οχήματος είναι ανασταλτικός παράγοντας ώστε ο οδηγός να επιχειρήσει απότομες επιταχύνσεις, μια λογική συνέπεια εφόσον δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για την αξιοπιστία του οχήματος. Στο δεύτερο διάγραμμα φαίνεται η πτωτική τάση των καμπυλών, οι οδηγοί, μεγαλύτεροι σε ηλικία, φαίνεται ότι δεν πραγματοποιούν απότομες επιταχύνσεις τόσο συχνά όσο οι νέοι οδηγοί γεγονός που δείχνει ότι οι μεγαλύτεροι σε ηλικία οδηγοί κάνουν πιο συνετή οδήγηση.

5.10 Ανάπτυξη μοντέλου πρόβλεψης συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων (HB) σε όλους τους τύπους οδού

Έπειτα από **πολλές δοκιμές** ως το καλύτερο μοντέλο για να εκφραστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την συσχέτιση της δηλωθείσας και της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς του οδηγού προέκυψε ότι είναι εκείνο με εξαρτημένη μεταβλητή τις απότομες επιβραδύνσεις (harsh break) και ανεξάρτητες μεταβλητές:

Q2: πόσα χρόνια οδηγείτε

Q5: το όχημα που χρησιμοποιείτε ανήκει

Q13: σε πόσα ατυχήματα με τραυματίες έχετε εμπλακεί μέχρι σήμερα

Q17: πόσα πρόστιμα για παραβάσεις σας έχουν επιβληθεί τα τελευταία 3 χρόνια

Q26: πόσο ικανός οδηγός θεωρείτε ότι είστε

Q41: ηλικία

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

		Correlations					
		Q2	Q5	Q13	Q17	Q26	Q41
Q2	Pearson Correlation	1	-,176	,139	,417	,030	,593*
	Sig. (2-tailed)		,458	,559	,067	,900	,000
	N	20	20	20	20	20	20
Q5	Pearson Correlation	-,176	1	-,083	,066	,391	-,189
	Sig. (2-tailed)	,458		,727	,782	,088	,424
	N	20	20	20	20	20	20
Q13	Pearson Correlation	,139	-,083	1	-,190	-,299	,147
	Sig. (2-tailed)	,559	,727		,421	,201	,536
	N	20	20	20	20	20	20
Q17	Pearson Correlation	,417	,066	-,190	1	-,107	,357
	Sig. (2-tailed)	,067	,782	,421		,653	,123
	N	20	20	20	20	20	20
Q26	Pearson Correlation	,030	,391	-,299	-,107	1	,039
	Sig. (2-tailed)	,900	,088	,201	,653		,871
	N	20	20	20	20	20	20
Q41	Pearson Correlation	,593*	-,189	,147	,357	,039	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,424	,536	,123	,871	
	N	20	20	20	20	20	20

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

Πίνακας:5.5 Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Μοντέλο 2

5.11 Ποιότητα μοντέλου

Στο παρακάτω μοντέλο που περιγράφεται τηρούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι. Πιο αναλυτικά:

- Οι συνεχείς μεταβλητές έχουν έναν μόνο συντελεστή Β.
- Τα διαστήματα εμπιστοσύνης (Lower- Upper) δεν περνάνε από το μηδέν, έχουν δηλαδή το ίδιο πρόσημο.
- Η στατιστική σημαντικότητα είναι σε όλες τις μεταβλητές κάτω από το 5%, και στο συγκεκριμένο μοντέλο είναι σε όλες 0.
- Οι μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο καθώς και τα πρόσημα τους εξηγούνται με βάση τη λογική

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	4,325	,1486	4,034	4,617	846,774	1	,000
Q2	,283	,0077	,268	,299	1349,162	1	,000
Q41	-,182	,0072	-,196	-,168	633,286	1	,000
[Q5=1]	,608	,0313	,547	,670	377,125	1	,000
[Q5=2]	1,086	,0468	,995	1,178	538,300	1	,000
[Q5=3]	-2,613	,0466	-2,704	-2,522	3139,453	1	,000
[Q5=4]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Q13=0]	-1,002	,0255	-1,052	-,952	1548,041	1	,000
[Q13=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Q17=> 3]	6,123	,1022	5,923	6,324	3587,103	1	,000
[Q17=0]	6,096	,1028	5,894	6,297	3516,290	1	,000
[Q17=1]	7,596	,1190	7,363	7,829	4073,712	1	,000
[Q17=2]	7,415	,1305	7,160	7,671	3230,415	1	,000
[Q17=3]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Q26=3]	-1,882	,0512	-1,982	-1,781	1349,961	1	,000
[Q26=4]	-1,560	,0323	-1,623	-1,497	2330,114	1	,000
[Q26=5]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
(Scale)	1 ^b	.	.	.	.	.	.

Dependent Variable: Q0.3

Model: (Intercept), Q2, Q41, Q5, Q13, Q17, Q26

a. Set to zero because this parameter is redundant.

b. Fixed at the displayed value.

Πίνακας:5.6 Μεταβλητές στην εξίσωση-Μοντέλο 2

5.12 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου

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

- ✚ **Τα χρόνια εμπειρίας** στην οδήγηση αυξάνουν την πιθανότητα κάποιος οδηγός να κάνει απότομες επιβραδύνσεις και αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι νιώθει μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση από ότι ένας νέος οδηγός, άρα χειρίζεται καλύτερα το όχημα και έχει μεγαλύτερη ευελιξία να κάνει αυτήν την κίνηση.
- ✚ **Οι οδηγοί μεγαλύτεροι σε ηλικία**, φαίνεται ότι δεν πραγματοποιούν απότομες επιβραδύνσεις (φρεναρίσματα) τόσο συχνά όσο οι νέοι οδηγοί γεγονός που δείχνει ότι οι μεγαλύτεροι σε ηλικία οδηγοί κάνουν πιο συνετή οδήγηση.
- ✚ Ενδιαφέρον αποτέλεσμα στο συγκεκριμένο μοντέλο είναι και αυτό που δηλώνει ο οδηγός σε ποιον ανήκει το όχημα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι **όταν ανήκει το όχημα στο οδηγό ή στην εταιρία για την οποία εργάζεται**, οι οδηγοί έχουν την τάση να αυξάνουν τις απότομες επιβραδύνσεις ενώ όταν το όχημα έχει ενοικιαστεί μέσω της διαδικασίας χρηματοδοτικής μίσθωσης (leasing) οι οδηγοί μειώνουν τις απότομες επιβραδύνσεις. Αυτό το γεγονός μας αποκαλύπτει ότι οι συγκεκριμένη κατηγορία οδηγών κάνει πιο ήρεμη οδήγηση. Είναι γνωστό ότι αν ενοικιαστεί όχημα μέσω της συγκεκριμένης διαδικασίας, το όχημα έχει μικτή ασφάλεια άρα ο οδηγός δεν καλείται να πληρώσει τα έξοδα ενός πιθανού ατυχήματος ή να αντικαταστήσει οποιαδήποτε ζημιά. Επομένως οδηγεί δίχως στρες και με πιο ήσυχο.
- ✚ **Οι οδηγοί που έχουν εμπλακεί σε 0 ατυχήματα με τραυματίες** μέχρι σήμερα κάνουν περισσότερα απότομα φρεναρίσματα από εκείνους που έχουν εμπλακεί σε 1 τουλάχιστον ατύχημα με τραυματίες. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να εξηγηθεί λογικά καθώς το γεγονός ότι κάποιος οδηγός δεν έχουν συμμετάσχει σε τέτοιου είδους ατυχήματα ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι φρενάρουν απότομα πιο συχνά ώστε να μειώνουν την ταχύτητα τους σε πολλές περιπτώσεις όπως όταν βλέπουν σήμανση με ανώτατα επιτρεπόμενα όρια, όταν βρίσκονται σε περιοχή με πολλούς πεζούς ή κοντά σε σχολεία ή όταν προτιμούν σε γενικότερες γραμμές να μειώνουν σταδιακά την ταχύτητα τους πατώντας πολλές φορές το φρένο. Αντίθετα οι οδηγοί με περισσότερα ατυχήματα με τραυματίες πιθανότατα να αναπτύσσουν συχνά υψηλές ταχύτητες καθ' όλη τη διάρκεια της οδήγησης τους και να αναγκάζονται να φρενάρουν απότομα λίγες φορές, μόνο όταν προκύψει κάποιο εμπόδιο, σήμανση ή φωτεινός σηματοδότης.
- ✚ Αντίστοιχα οι οδηγοί που έχουν **λάβει μία κλήση παράβασης ΚΟΚ τα τελευταία δύο χρόνια** πραγματοποιούν περισσότερα απότομα φρεναρίσματα από εκείνους που έλαβαν πάνω από 3 κλήσεις. Οι λόγοι για τους οποίους μπορεί να συμβαίνει αυτό είναι παρόμοιοι με εκείνους που σχετίζονται με τον αριθμό ατυχημάτων όπως προαναφέρθηκαν.
- ✚ Τέλος η μεταβλητή η οποία προέκυψε από την ερώτηση "**πόσο ικανός οδηγός θεωρείτε ότι είστε**" βγάζει λογικά συμπεράσματα. Αυτό σημαίνει ότι οι οδηγοί επιπέδου 3 και επιπέδου 4 κάνουν πολύ λιγότερα απότομα φρεναρίσματα πιθανόν γιατί δεν αυξάνουν την ταχύτητα τους, άρα δεν χρειάζεται να μπουν στη διαδικασία να πατήσουν πολλές φορές και φρένο. Κάνουν οδήγηση με ασφάλεια και αυτό ενδεχομένως είναι ένδειξη έμπειρου οδηγού.

5.13 Σχετική επιρροή των μεταβλητών στο Μοντέλο 2

Ουσιαστικά ισχύει και εδώ ότι αναφέρθηκε και στην παράγραφο 5.8 όσον αφορά στην μεθοδολογία και στις μαθηματικές σχέσεις.

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

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Συντελεστές β_i	Ελαστικότητα ei	Σχετική επιρροή ei^*
Q2	0,283	0,009	1,000
Q41	-0,182	-0,011	1,297
Q5=1	0,608	0,102	1,000
Q5=2	1,086	0,182	1,786
Q5=3	-2,613	-0,437	4,298
Q13=0	-1,002	-0,168	1,648
Q17=0	6,096	1,019	10,026
Q17=1	7,596	1,270	12,493
Q17=2	7,415	1,240	12,196
Q17=>3	6,123	1,024	10,071
Q26=3	-1,882	-0,315	3,095
Q26=4	-1,56	-0,261	2,566

Πίνακας:5.7 Ελαστικότητες και σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο 2

Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο 2, παρατηρούνται τα εξής:

- ❖ Η πρώτη ανεξάρτητη μεταβλητή που επηρεάζει περισσότερο από όλες τις άλλες την εξαρτημένη μεταβλητή είναι η **Q17 (πρόστιμα για παραβάσεις)**. Συγκεκριμένα η υποκατηγορία Q17=1 με δείκτη επιρροής 12,493 και Q17=2 με δείκτη επιρροής 12,196 που επηρεάζει τις απότομες επιβραδύνσεις είναι όταν ο οδηγός έχει λάβει λίγα πρόστιμα για παραβάσεις. Βέβαια η συγκεκριμένη ανεξάρτητη μεταβλητή γενικώς επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή που εξετάζουμε.

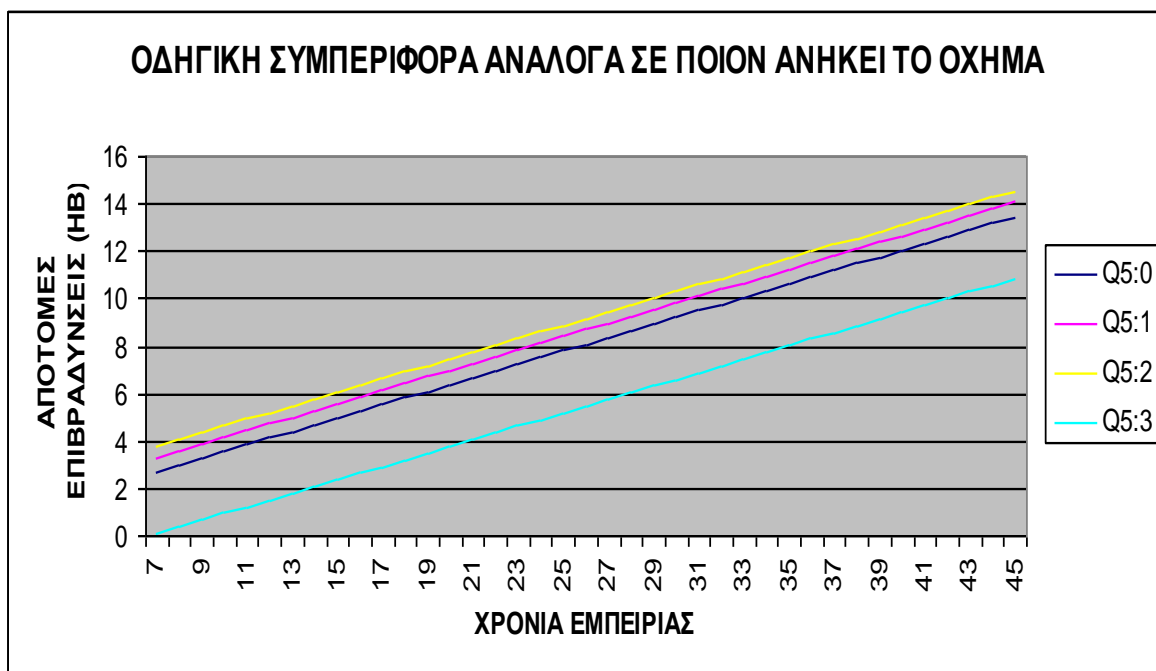
Αμέσως μετά η επόμενη μεταβλητή που επηρεάζει την εξαρτημένη μας μεταβλητή είναι η **Q5=3 (σε ποιόν ανήκει το όχημα)** και μάλιστα 4,298 περισσότερες φορές από το αν το όχημα ανήκει στον ίδιο τον οδηγό (Q5). Η συγκεκριμένη υποκατηγορία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον ,διότι το όχημα έχει ενοικιαστεί μέσω της διαδικασίας leasing , αυτό το γεγονός μας αποκαλύπτει ότι οι συγκεκριμένη κατηγορία οδηγών κάνει πιο ήρεμη οδήγηση. Είναι γνωστό ότι αν ενοικιαστεί όχημα μέσω της συγκεκριμένης διαδικασίας, το όχημα έχει μικτή ασφάλεια άρα ο οδηγός δεν καλείται να πληρώσει τα έξοδα ενός πιθανού ατυχήματος ή να αντικαταστήσει οποιαδήποτε ζημιά. Επομένως οδηγεί δίχως στρες και με πιο ήσυχο.

- ❖ Μια άλλη μεταβλητή η οποία έχει αρκετά μεγάλο δείκτη επιρροής(3,095) είναι η **Q26=3 που σημαίνει πόσο ικανός θεωρεί ότι είναι ο οδηγός**. Ίσως αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί με το γεγονός ότι οι απότομες επιβραδύνσεις επηρεάζονται άμεσα από την αντίληψη που έχει ο οδηγός για τον τρόπο οδήγησής του. Το ίδιο ακριβώς ισχύει και για την μεταβλητή Q26=4 με δείκτη επιρροής 2,566.

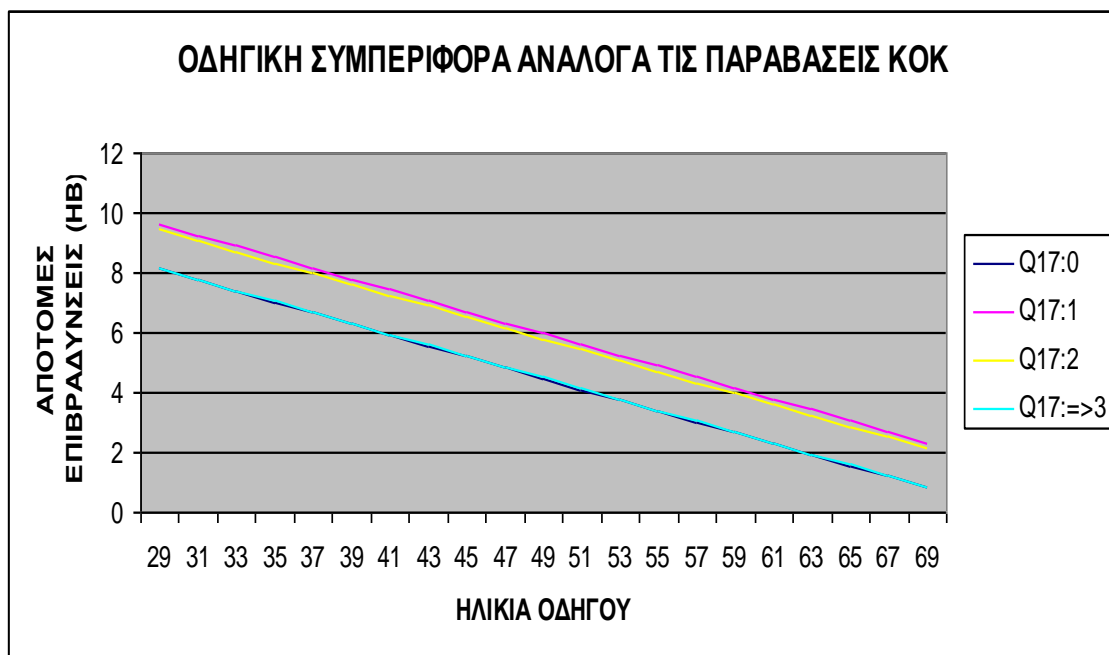
- ❖ Σύμφωνα με την λογική είναι εξίσου σημαντική και η μεταβλητή **Q2 (χρόνια εμπειρίας)**. Αυτό το αποτέλεσμα φάνηκε και στο μοντέλο μου, που σημαίνει τα άτομα με περισσότερη εμπειρία στην οδήγηση μάλλον τείνουν να οδηγούν με περισσότερη ασφάλεια, και μπορούν και χειρίζονται καλύτερα τις απότομες επιβραδύνσεις.
- ❖ Τέλος οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές επηρεάζουν περίπου στον ίδιο βαθμό την εξαρτημένη μεταβλητή αλλά όπως φαίνεται και από το παραπάνω πίνακα δεν υπάρχει καμία σύγκριση με τις προαναφερθέντες μεταβλητές που ο δείκτης επιρροής τους είναι πολύ υψηλός.

5.14 Ανάλυση ευαισθησίας

Τα διαγράμματα ευαισθησίας, που αναπτύχθηκαν, με στόχο την **καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή**, που προβλέπει το μοντέλο της poisson.



Διάγραμμα:5.3 Μεταβολή των απότομων επιβραδύνσεων συναρτήσει των χρόνων εμπειρίας οδήγησης ανάλογα την κυριότητα του οχήματος



Διάγραμμα:5.4 Μεταβολή των απότομων επιβραδύνσεων συναρτήσει της ηλικίας του οδηγού ανάλογα τις παραβάσεις ΚΟΚ

Διαπιστώνεται ότι σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, όποια μεταβλητή και αν αλλάξει, προκύπτουν καμπύλες σχεδόν παράλληλες. Τα χρόνια εμπειρίας στην οδήγηση αυξάνουν την πιθανότητα κάποιος οδηγός να κάνει απότομες επιβραδύνσεις και αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι νιώθει μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση από ότι ένας νέος οδηγός, και μπορεί να χειρίζεται καλύτερα τις απότομες επιβραδύνσεις. Στο δεύτερο διάγραμμα παρατηρούμε πτωτική τάση των καμπυλών και εύκολα βγαίνει η ίδια ερμηνεία που έδειξε το μοντέλο δηλαδή οι οδηγοί μεγαλύτεροι σε ηλικία, φαίνεται ότι δεν πραγματοποιούν απότομες επιβραδύνσεις (φρεναρίσματα) τόσο συχνά όσο οι νέοι οδηγοί γεγονός που δείχνει ότι οι μεγαλύτεροι σε ηλικία οδηγοί κάνουν πιο συνετή οδήγηση.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Σύνοψη Αποτελεσμάτων

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η **συσχέτιση δηλωθείσας και παρατηρηθείσας συμπεριφοράς των οδηγών**. Για την παρατηρηθείσα συμπεριφορά χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από πείραμα φυσικής οδήγησης 19 οδηγών με χρήση αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων, κατά το οποίο καταγράφονταν οι απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις του οδηγού. Για τη δηλωθείσα συμπεριφορά χρησιμοποιήθηκαν οι απαντήσεις σε ειδικό ερωτηματολόγιο.

Έπειτα από τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, ξεκίνησε η **βιβλιογραφική αναζήτηση** ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και παγκοσμίως, καθώς και των διαθέσιμων στοιχείων που ήταν απαραίτητα για τη συγκεκριμένη διερεύνηση. Μετά τη συλλογή των στοιχείων, πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία τους και η ενοποίησή τους στον κυρίως πίνακα που αξιοποιήθηκε για την ανάπτυξη των στατιστικών μοντέλων.

Μετά από κατάλληλη επεξεργασία και αρκετές δοκιμές αναπτύχθηκαν μαθηματικά μοντέλα με τη μέθοδο της **poisson** για τις **εξαρτημένες μεταβλητές**. Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψαν τα **τελικά μαθηματικά μοντέλα** που αποτυπώνουν τη συσχέτιση των εξαρτημένων μεταβλητών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν. Επισημαίνεται ότι η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών κάθε μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της ελαστικότητας. Η σχετική επιρροή χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση της επιρροής της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου μοντέλου.

Στον πίνακα 6.1 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των τεσσάρων προτύπων και περιλαμβάνει τους συντελεστές βί και τις τιμές της σχετικής επιρροής ει των ανεξαρτήτων μεταβλητών.

Μεταβλητές	Απότομες επιταχύνσεις			Απότομες επιβραδύνσεις		
	βί	ει	ει*	βί	ει	ει*
Χρόνια οδήγησης	0,511	0,006	1	0,283	0,009	1
Ηλικία	-0,522	-0,013	2,06	-0,182	-0,011	1,297
1 ατύχημα μέχρι σήμερα	6,226	0,426	36,624			
Ηλικία οχήματος (5-10 χρονών)	-6,599	-0,452	38,818			
Επάγγελμα: ιδιωτικός υπάλληλος	9,816	0,672	57,741			
Αρκετά προσεκτική οδήγηση	2,855	0,195	16,794			
Ενοικίαση οχήματος μέσω της διαδικασίας leased				-2,613	-0,437	4,298
Κανένα ατύχημα με τραυματίες				-1,002	-0,168	1,648
1 πρόστιμο για παράβαση ΚΟΚ τα τελευταία 3 χρόνια				7,596	1,27	12,493
Αρκετά ικανός οδηγός				-1,882	-0,315	3,095

Πίνακας 1. Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μαθηματικών μοντέλων

6.2 Συνολικά Συμπεράσματα

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

- Στις έρευνες που έχουν διεξαχθεί έως τώρα παγκοσμίως αναφορικά με τη μελέτη για την συσχέτιση δηλωθείσας και την παρατηρηθείσας συμπεριφοράς των οδηγών, η συλλογή των δεδομένων γινόταν είτε μέσω του συστήματος διαγνωστικών του οχήματος (OBD) είτε μέσω άλλων πολύπλοκων συνδυασμών οργάνων καταγραφής που συνδέονταν με το όχημα (naturalistic driving, κλπ.) ή με προσομοιωτές οδήγησης και ερωτηματολόγια. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάζεται **για πρώτη φορά η παρακολούθηση της συμπεριφοράς των οδηγών με δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων** που αφορούν στον οδηγό και όχι στο όχημα και επιχειρείται η σύγκριση τους με τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από τα ερωτηματολόγια που έχουν συμπληρώσει οι ίδιοι οι οδηγοί που συμμετέχουν στην έρευνα.
- **Οι παράγοντες που επηρεάζουν την παρατηρηθείσα συμπεριφορά** του οδηγού είναι αρκετοί αλλά από τις αναλύσεις ελαστικότητας προκύπτει ότι οι πιο καθοριστικοί παράγοντες είναι το επάγγελμα του οδηγού, η ηλικία του οχήματος και ο αριθμός ατυχημάτων που έχει εμπλακεί ο οδηγός μέχρι σήμερα. Στην ιεράρχηση καθοριστικών παραγόντων ακολουθεί ο αριθμός παραβάσεων ΚΟΚ για τις οποίες έχει τιμωρηθεί τα τελευταία 3 χρόνια και αντίληψη του οδηγού ως προς τη συχνότητα που επιταχύνει απότομα. Μικρότερη επιρροή στην κυκλοφοριακή συμπεριφορά του οδηγού παρουσιάζει ο παράγοντας εμπλοκής του σε ατυχήματα με τραυματίες.
- Δεδομένου ότι ο αριθμός ατυχημάτων καθώς και ο αριθμός κλήσεων που έχει λάβει ένας οδηγός είναι ένας αντιπροσωπευτικός δείκτης του βαθμού στον οποίο είναι προσεκτικός παρατηρήθηκε ότι **όσο περισσότερα ατυχήματα έχει στο ιστορικό του ένας οδηγός τόσο λιγότερα γεγονότα κατά την οδήγηση καταγράφει**. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι οι οδηγοί με ατυχήματα έμαθαν ότι πρέπει να είναι προσεκτικοί για να μην εμπλακούν ξανά σε ατυχήματα.
- Η δηλωθείσα συμπεριφορά του οδηγού που αποτυπώνεται μέσω της ανεξάρτητης μεταβλητής της δεδηλωμένης συχνότητας απότομου φρεναρίσματος του οδηγού, η οποία **φαίνεται να επηρεάζει την παρατηρηθείσα συμπεριφορά του λιγότερο από τις άλλες μεταβλητές**. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι η ανθρώπινη αντίληψη εμπεριέχει εν δυνάμει σφάλματα εκτίμησης των δυνατοτήτων και ενδεχομένως αποκλίνει από την παρατηρηθείσα συμπεριφορά.
- Εξίσου σημαντική μεταβλητή είναι τα **χρόνια εμπειρίας** που έχει ο οδηγός. Οι οδηγοί που κάνουν **απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις** έχουν περισσότερα χρόνια εμπειρίας οδήγησης και αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι νιώθουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση από ότι οι νέοι οδηγοί.
- **Σημαντικό συμπέρασμα** είναι ότι οι ιδιωτικοί υπάλληλοι έχουν την τάση να πραγματοποιούν περισσότερες απότομες επιταχύνσεις σε σύγκριση με τους ελεύθερους επαγγελματίες και τους επιχειρηματίες. Αυτό ίσως θα μπορούσε να δικαιολογηθεί ότι οι ιδιωτικοί υπάλληλοι στην καθημερινή τους ρουτίνα έχουν περισσότερο άγχος από τους άλλους γιατί έχουν συγκεκριμένο χρόνο για τις μετακινήσεις τους.

- Η **ηλικία του οχήματος** είναι ανασταλτικός παράγοντας ώστε ο οδηγός να επιχειρήσει απότομες επιταχύνσεις, μια λογική συνέπεια εφόσον δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για την αξιοπιστία του οχήματος. Ενδεχομένως αυτό να εξηγείται με το γεγονός ότι ανάλογα την ηλικία που έχει το όχημα κάνει τον οδηγό να οδηγεί πιο συνετά και άρα δεν κάνει απότομες επιταχύνσεις.
- Η μέθοδος που επιλέχθηκε από τα γενικευμένα γραμμικά μοντέλα είναι η μέθοδος **poisson**, η οποία αποδείχθηκε κατάλληλη για την εξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Η ανάλυση των στοιχείων με αυτή τη μέθοδο οδήγησε στην ανάπτυξη χρήσιμων μαθηματικών μοντέλων διερεύνησης της συσχέτισης δηλωθείσας και της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς των οδηγών.
- Καταληκτικά, μπορεί να καταστεί δυνατή η **γενίκευση των αποτελεσμάτων** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ώστε να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες συναφείς έρευνες, μετά βέβαια από τις κατάλληλες προσαρμογές.

6.3 Προτάσεις για βελτίωση της συμπεριφοράς του οδηγού

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα και τα συνολικά συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας, επιχειρείται η παράθεση μιας σειράς προτάσεων, οι οποίες ενδεχομένως να συμβάλουν στη βελτίωση της συμπεριφοράς του οδηγού:

- ✓ Ίσως σημαντική θα ήταν και η **εμφάνιση μηνυμάτων στο κινητό τηλέφωνο του οδηγού** την χρονική στιγμή που παρατηρείται κάποιο άσκοπο απότομο συμβάν ή και ακριβώς το αντίθετο δηλαδή αν θα πρέπει να εκτελέσει ο οδηγός κάποιο απότομο συμβάν. Με αυτόν τον τρόπο θα βελτιωθεί στο μέγιστο η οδική συμπεριφορά όλων των οδηγών, θα τους καταστήσει πιο προσεκτικούς και θα αποφευχθούν πολλά ατυχήματα.
- ✓ Καταληκτικά, καλό θα ήταν οι **ασφαλιστικές εταιρείες οχημάτων** να επιβραβεύουν τους προσεκτικούς οδηγούς με μειωμένα ασφάλιστρα για όσους δεν εμπλέκονται σε οδικά ατυχήματα. Αυτή η τακτική ενδεχομένως θα δώσει οικονομικό κίνητρο σε όλους τους οδηγούς με στόχο τη βελτίωση της οδηγικής τους συμπεριφοράς, τη μείωση των ατυχημάτων.
- ✓ Απαιτείται ένα σχέδιο δράσης, μέσω **εκστρατειών ενημέρωσης** σε όλα τα μέσα ενημέρωσης και το διαδίκτυο, ώστε να επιτευχθεί η αλλαγή της νοοτροπίας των οδηγών και να αναδειχθούν οι κίνδυνοι που εγκυμονούν τα απότομα φρεναρίσματα και οι απότομες επιταχύνσεις.
- ✓ Επιπλέον, θα πρέπει να υπάρξει μια συντονισμένη αντιμετώπιση του προβλήματος και από δραστηριοτήτων, την πολιτεία αλλά και πολύ περισσότερο από τους εκπαιδευτικούς φορείς, έτσι ώστε να δημιουργηθεί το υπόβαθρο για τη δημιουργία υπεύθυνων και υποδειγματικών οδηγών από μικρή ηλικία. Είναι, λοιπόν, απαραίτητη η **ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων** αλλά και η ένταξη μαθημάτων κυκλοφοριακής αγωγής και οδηγικής συμπεριφοράς στο πλαίσιο των σχολικών ώστε να ενημερώνονται οι μαθητές πάνω σε θέματα οικολογικής οδήγησης. Άλλωστε όλοι οφείλουν να γνωρίζουν ότι η οδική συμπεριφορά είναι πάνω από όλα θέμα παιδείας.
- ✓ Θα πρέπει να **ελέγχεται ηλεκτρονικά η ταχύτητα** των οχημάτων, ιδίως στους δρόμους ταχείας κυκλοφορίας, μέσω κάθε είδους ειδικών συσκευών, ώστε να γνωρίζουν οι αρμόδιοι φορείς ποιος υπερβαίνει τα νομοθετημένα όρια και να

προβαίνουν στις απαραίτητες ενέργειες. Με τη συστηματικότερη αστυνόμευση θα καταστεί δυνατός ο περιορισμός των παραβιάσεων κατά την οδήγηση και θα δημιουργηθούν ασφαλέστερες συνθήκες οδήγησης στους δρόμους τόσο για τους υπόλοιπους οδηγούς (ΙΧ, μοτοσικλετών, ποδηλάτων) όσο και για τους πεζούς. Είναι πιθανόν, οι χρήστες οι οποίοι γνωρίζουν ότι παρακολουθείται η οδηγική τους συμπεριφορά και ελλοχεύει ο κίνδυνος επιβολής κυρώσεων και ποινών, να οδηγούν πιο συνετά και να μην παραβιάζουν τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας.

6.4 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

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

- Αδιαμφισβήτητα, η παρατήρηση των ίδιων μεταβλητών **σε μεγαλύτερο δείγμα οδηγών**, θα παρουσίαζε αρκετό ενδιαφέρον. Συγκεκριμένα, όσο περισσότεροι οδηγοί συμμετέχουν στο πείραμα, τόσο πιο αξιόπιστα αποτελέσματα προκύπτουν.
- Παράγοντες που επίσης επηρεάζουν την παρατηρηθείσα συμπεριφορά του οδηγού και πρέπει να εξεταστούν είναι **οι εκάστοτε κυκλοφοριακές συνθήκες** όπως καιρικές συνθήκες ή κυκλοφοριακός φόρτος κατά τη διάρκεια της οδήγησης.
- Επιπροσθέτως, χρήσιμη θα ήταν μια ανάλυση η οποία θα στηριζόταν σε **ακόμα περισσότερα δεδομένα**, όπως η ψυχολογική κατάσταση των συμμετεχόντων και τα χαρακτηριστικά του οχήματος (κινητήριος δύναμη, ίπποι, ηλικία, καύσιμο, κυβισμός κλπ.). Έτσι, αυτά τα επιπλέον στοιχεία φαίνεται ότι θα οδηγήσουν σε πολύ πιο αξιόπιστα και αντικειμενικά μοντέλα.
- Θα μπορούσε να διερευνηθεί επιπλέον η επιρροή που έχουν στην συμπεριφορά του οδηγού οι **παράγοντες απόσπασης της προσοχής** του όπως παρουσία ή μη συνοδηγού και άλλων ατόμων (ειδικότερα παιδιών) εντός οχήματος ή χρήση κινητού τηλεφώνου.
- Αξιόλογες, επίσης, θα ήταν και έρευνες αντίστοιχες της παρούσας οι οποίες θα πραγματοποιηθούν σε **διαφορετικές συνθήκες κυκλοφορίας και σε άλλα οδικά περιβάλλοντα** (υψηλή/χαμηλή κυκλοφορία, ανοιχτά/κλειστά παράθυρα, διάφορες καιρικές συνθήκες κα.), αλλά και διάφορες ομάδες οδηγών με μεγαλύτερο ηλικιακό εύρος (νέοι, ηλικιωμένοι, κλπ.).
- Όσον αφορά στη μεθοδολογία ανάλυσης ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η **εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης**, όπως η ανάλυση με χρονοσειρές ή η ανάλυση ομαδοποίησης και η ανάλυση παραγόντων.
- Μία επιπλέον πρόταση θα ήταν να γίνει μια έρευνα **με ένα δείγμα ανθρώπων** που δεν θα περιορίζονται στα πλαίσια της Ελλάδας, δηλαδή σε ευρωπαϊκό και ενδεχομένως και σε παγκόσμιο επίπεδο.
- Τέλος, προτείνεται σε επόμενη ανάλυση να **ξαναδιανεμηθούν ερωτηματολόγια** στους ίδιους χρήστες μετά από ένα χρονικό διάστημα με τη διαφορά ότι τη δεύτερη φορά θα διανεμηθούν αφού έχουν γίνει μετρήσεις και καταγραφές γεγονότων με την χρήση έξυπνων τηλεφώνων. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να γίνει προσεγγιστικά μία σύγκριση των αποτελεσμάτων και να διερευνηθεί αν η χρονική περίοδος στη οποία συμπληρώνει το ερωτηματολόγιο έχει σημαντική επιρροή στην παρατηρηθείσα συμπεριφορά του.

7. Βιβλιογραφία

Adrian B. Ellison, Stephen Greaves " Driver Characteristics and Speeding Behavior" 2010

Carlo Giacomo Prato, Tomer Toledo, Tsippy Lotan, Orit Taubman-Ben-Ari. "Modeling the behavior of novice young drivers during the first year after licensure.", *Accident Analysis & Prevention*, p: 480–486, 2010.

Dimitrios Tselentis, George Yannis, Eleni Vlahogianni. "Innovative motor insurance schemes: A review of current practices and emerging challenges.", *Accident Analysis & Prevention*, p: 139–148, 2017.

George Yannis , Alexandra Laiou , Panagiotis Papantoniou , Charalambos Christoforou "Impact of texting on young drivers' behavior and safety on urban and rural roads through a simulation experiment" 2014

George Yannis, Dimitrios Tselentis, Eleonora Papadimitriou, Stergios Mavromatis. "Star rating driver traffic and safety behavior through OBD and smartphone data collection.", *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Intelligent Transport Systems*, Technical University of Brest, Brest, Belarus, May 2016.

<https://www.nrso.ntua.gr/geyannis/wp-content/uploads/geyannis-cp391.pdf>

Jin-Hyuk Hong, Ben Margines, Anind K. Dey." A Smartphone - based Sensing Platform to Model Aggressive Driving Behaviors, " 2014,

Jorge Zaldivar, Carlos T. Calafate, Juan Carlos Cano, Pietro Manzoni "Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based" 2011

NTUA Road Safety Observatory, NRSO, (2019), <https://www.nrso.ntua.gr>
<https://www.nrso.ntua.gr/geyannis/wp-content/uploads/geyannis-cp329.pdf>
<https://www.nrso.ntua.gr/road-fatalities-per-million-population-european-union-2009-2018/>

Ohta, Tohru, and Shouji Nakajima. "Development of a driving data recorder." *JSAE Review* 15.3 (1994): 255-258.

OSeven Telematics, (2019), <https://www.oseven.io>

Poisson distribution and Road accidents, Chapman 1971, Zahavi 1962.

Prof. George Yannis ,Dr. Eleonora Papadimitriou ,Panagiotis Papantoniou Distracted driving and mobile phone use: Overview of impacts and countermeasures,2014

Rosolino Vaiana¹, Teresa Luele¹, Vittorio Astarita¹, Maria Vittoria Caruso¹, Antonio Tassitani¹, Claudio Zaffino¹ & Vincenzo Pasquale Giofrè "Driving behavior and traffic safety: an acceleration-based safety evaluation procedure for smartphones" 2014

Rune Elvik, Alena Hoye, Truls, Vaa & Michael Sorensen, "The Handbook of Road Safety measures" Second Edition, Emerald Group Publishing Limited, Bingley United Kingdom, 2009

Tamer Nadeem_, Sasan Dashtinezhad_, Chunyuan Lia "TrafficView: traffic data dissemination using car-to-car communication". 2004

Thomas A. Dingus, Feng Guo, Suzie Lee, Jonathan F. Anthin, Miguel Perez, Mindy Buchanan-King and Jonathan Hankey , "Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data" , , Virginia Tech Transportation Institute , Virginia Polytechnic Institute and State University , 2016

Tomer Toledo , Oren Musicant, Tsippy Lotan "In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on drivers' behavior" 2008

WHO (World Health Organization), 2019, www.nrso.ntua.gr/who-globalstatus-report-on-road-safety-highlights-insufficient-progress-2019

Yueng-Hsiang Huang , Matthias Roetting , Jamie R. McDevitt , David Melton, Gordon S. Smith "Feedback by technology: Attitudes and opinions of truck drivers" 2005

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΑΤ), 2012-2020

Κέντρο διαχείρισης της Κυκλοφορίας, (2020) <https://www.roadtraffic-technology.com/projects/athens-traffic-management/>

Κοκολάκης Γ., Σπηλιώτης Ι., "Εισαγωγή στη Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική", Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 1999.

Σύλλογος Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων , "Οι θέσεις του συλλόγου των Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων για την Οδική ασφάλεια στην Ελλάδα " Απρίλιος 2016

Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γκόλιας Ι., "Οδική Ασφάλεια", Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1994