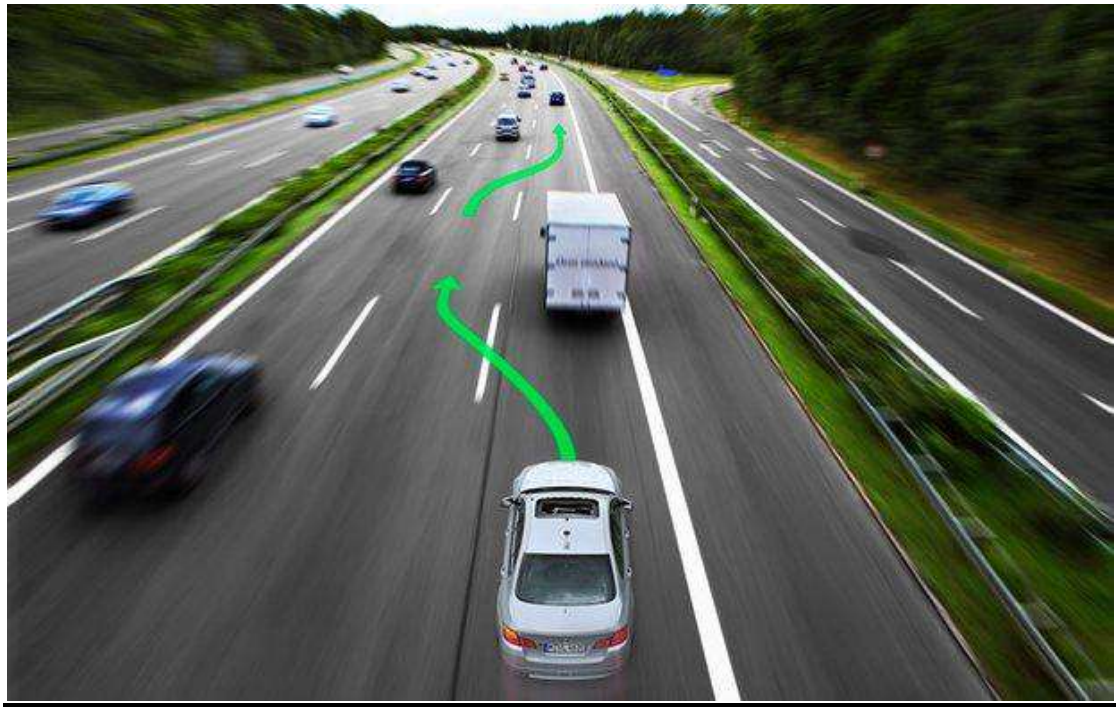
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΛΥΦΘΕΙΣΑΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΟΔΗΓΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ



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

Αθήνα, Ιούλιος 2016

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Γιώργο Γιαννή 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.

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

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Δημήτριο Τσελέντη, Υποψήφιο Διδάκτορα ΕΜΠ, για την πολύτιμη βοήθεια του, την επιμονή και υπομονή του δίνοντας απαντήσεις σε πολλά ερωτήματα κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας καθώς επίσης για την ψυχολογική υποστήριξη που μου προσέφερε έως και την τελική διαμόρφωση της.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου , το Γιώργο και την Αλεξία οποίοι συμπαραστάθηκαν και συμπαραστέκονται πάντα στο πλευρό μου.

Αθήνα, Ιούλιος 2016
Βιττωράτου Ναταλία

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΛΥΦΘΕΙΣΑΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΟΔΗΓΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Ναταλία Βιττωράτου.

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Σύνοψη:

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η συσχέτιση δεδηλωμένης και αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού με χρήση των διαγνωστικών στοιχείων (OBD) του οχήματος. Για το σκοπό αυτό, αξιοποιήθηκαν δεδομένα από πείραμα οδήγησης που σχετίζονται με μη κανονική συμπεριφορά 17 οδηγών. Οι μετρήσεις αυτές διήρκησαν 3 μήνες και αφορούν στην καταγραφή απότομης επιτάχυνσης ή φρεναρίσματος, τη μέση ταχύτητα κάθε διαδρομής που έκανε ο εκάστοτε οδηγός, τη συνολική απόσταση που διένυσε σε χιλιόμετρα, κτλ. Αντίστοιχα για τη μελέτη της δεδηλωμένης συμπεριφοράς του οδηγού αξιοποιήθηκαν οι απαντήσεις που έδωσαν σε αντίστοιχο ερωτηματολόγιο. Για την ανάλυση των στοιχείων των μετρήσεων και των απαντήσεων αναπτύχθηκαν στατιστικά μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression). Τα αποτελέσματα έδειξαν ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των απότομων φρεναρισμάτων και επιταχύνσεων του οδηγού με τον αριθμό των ατυχημάτων στα οποία έχει εμπλακεί, το ετήσιο εισόδημα και τη δηλωθείσα συχνότητα απότομου φρεναρίσματος.

Λέξεις κλειδιά : δεδηλωμένη - αποκαλυφθείσα συμπεριφορά, διαγνωστικά στοιχεία οχήματος, απότομη επιτάχυνση, απότομο φρενάρισμα, γραμμική παλινδρόμηση, αριθμός ατυχημάτων

CORRELATION OF STATED AND REVEALED DRIVER'S BEHAVIOUR USING VEHICLE ON-BOARD DIAGNOSTICS

Natalia Vittoratou

Supervisor: George Yannis, Professor NTUA

Abstract:

The aim of this diploma thesis is the correlation of stated and revealed driver's behavior with the use of vehicle on-board diagnostics (OBD) data. On that purpose, a large data set from a driving behavior experiment was exploited, which recorded abnormal behavior of 17 drivers. These data concerned harsh acceleration and braking, average traffic speed and mileage travelled, which were recorded per second during a period of three months. Drivers' stated behavior was investigated through a corresponding questionnaire. For the data analysis, a mathematical statistical model was developed using linear regression. The results demonstrated a strong correlation between harsh brakings and accelerations on one hand and the number of accidents, the annual income and the declared frequency of harsh braking on the other.

Key words: stated - revealed behavior, on-board diagnostics, harsh braking, harsh acceleration, linear regression, number of accidents

Περίληψη:

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της δεδηλωμένης κι αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού με τη χρήση των διαγνωστικών στοιχείων του οχήματος.

Η συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων για τη διερεύνησης της δεδηλωμένης κι αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς ου οδηγού πραγματοποιήθηκε με μεταφορών στοιχείων από το σύστημα των διαγνωστικών του οχήματος, μέσω μιας ειδικής συσκευής που κατέγραφε δεδομένα ανά δευτερόλεπτο, τα οποία συγκεντρώνονται σε μία κεντρική βάση δεδομένων.

Μετά από κατάλληλη επεξεργασία και μία σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν μαθηματικά μοντέλα με τη μέθοδο της **γραμμικής παλινδρόμησης** για τις παρακάτω **εξαρτημένες μεταβλητές**, από ένα μεγάλο αριθμό στοιχείων ανά δευτερόλεπτο που συλλέχθηκαν από τα διαγνωστικά του οχήματος.

- ✓ Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων ανά 100 χλμ. (**H**arsh **B**rakings/100km)
- ✓ Αριθμός απότομων επιταχύνσεων ανά 100 χλμ.(**H**arsh **A**ccelerations/100km
- ✓ Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων με ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90 km/h κατά την **έναρξη** του συμβάντος (Brakingslt90)
- ✓ Ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων με τιμή επιτάχυνσης μεταξύ 0.22g και 0.26g $\frac{m}{s^2}$ στην **αιχμή** του συμβάντος (Accelerationslt0.26).

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 παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των τεσσάρων προτύπων και περιλαμβάνει τους συντελεστές βi και τις τιμές της σχετικής επιρροής ei των ανεξαρτήτων μεταβλητών.

		Μοντέλο 1		Μοντέλο 2		Μοντέλο 3		Μοντέλο 4	
Εξαρτημένες Μεταβλητές		Απότομα φρεναρίσματα ανά 100 χλμ.		Απότομες επιταχύνσεις ανά 100 χλμ.		Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων με ταχύτητα κίνησης μεταξύ		Αριθμός απότομων επιταχύνσεων με τιμή επιτάχυνσης μεταξύ 0.22g	
		βi	ei	βi	ei	βi	ei	βi	ei
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Ετήσιο εισόδημα<10.000 ευρώ	-33.296	1.171	-50.742	1.392	-7.694	1.135	-19.3	1.288
	2 ατυχήματα μέχρι σήμερα	44.115	1.156	57.078	1.357	13.856	1.626	16.824	1.280
	'Φρενάρω απότομα Σπάνια''							10.628	1.001
	Μία κλήση παράβασης ΚΟΚ	31.718	1	38.564	1.276	8.601	1.254	12.753	1
	'Φρενάρω απότομα Μερικές Φορές''			-24.289	1	-2.752	1		
	3 Διαδρομές /ημέρα	40.961	1.097						

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

1. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού είναι πολλοί αλλά από τις αναλύσεις ελαστικότητας προκύπτει ότι οι πιο **καθοριστικοί παράγοντες** είναι ο αριθμός ατυχημάτων που έχει εμπλακεί ο οδηγός μέχρι σήμερα καθώς και το ετήσιο εισόδημα του. Στην ιεράρχηση καθοριστικών παραγόντων ακολουθεί ο αριθμός κλήσεων παράβασης του ΚΟΚ που έχει λάβει ο οδηγός τα τελευταία 2 χρόνια καθώς οι παράγοντες που έχουν αρκετά μικρότερη επιρροή στην κυκλοφοριακή συμπεριφορά του οδηγού είναι η αντίληψη του ως προς τη συχνότητα που φρενάρει απότομα και οι διαδρομές που πραγματοποιεί ανά ημέρα.

2. 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 σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός απότομων φρεναρισμάτων ή επιταχύνσεων τόσο πιο προσεκτικός είναι ο οδηγός. Πιο συγκεκριμένα, οι οδηγοί που φρενάρουν πιο πολλές φορές απότομα μειώνουν πιο συχνά την ταχύτητα τους λόγω εμποδίων, σήμανσης ή ορίων ταχυτήτων και αντίστοιχα επιταχύνουν πιο πολλές φορές λόγω των χαμηλών ταχυτήτων που αναπτύσσουν ώστε να προσαρμοστούν ξανά σε κανονικές συνθήκες κυκλοφορίας. Τέλος, ενδεχομένως να φρενάρουν απότομα περισσότερες φορές ώστε να αποφύγουν αποτελεσματικά ατυχήματα και λήψη κλήσεων.

3. Οι οδηγοί με χαμηλό **ετήσιο εισόδημα** δείχνουν να είναι πιο επικίνδυνοι και απρόσεκτοι από τους οδηγούς με υψηλό εισόδημα εφόσον καταγράφουν λιγότερα γεγονότα κι επομένως αυτό σημαίνει ότι αναπτύσσουν υψηλότερες ταχύτητες. Το συμπέρασμα αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι η ζωή των οδηγών με υψηλό εισόδημα χαρακτηρίζεται από μία σταθερότητα και ασφάλεια που λείπει από την ζωή των πρώτων. Οδηγοί χαμηλού εισοδήματος πιθανότατα να είναι οι νέοι οδηγοί, με μικρή εμπειρία οδήγησης ή πιθανώς να έχουν φορτωμένο πρόγραμμα ώστε να επιτύχουν υψηλούς επαγγελματικούς στόχους με αποτέλεσμα τελικώς να προτάσσουν την ταχύτητα έναντι της ασφάλειας. Επίσης, πιθανώς οι νέοι οδηγοί να έχουν την τάση να χρησιμοποιούν το όχημα ως μέσο επίδειξης παρά ως μέσο μετακίνησης. Τέλος, οδηγοί με χαμηλό εισόδημα μπορεί να μην έχουν την οικονομική δυνατότητα χρήσης του οχήματος όσο οι οδηγοί με υψηλό εισόδημα με αποτέλεσμα οδηγοί που χρησιμοποιούν το όχημα σε πιο αραιά διαστήματα να είναι πιο επικίνδυνοι.

4. Η **δεδηλωμένη συμπεριφορά** του οδηγού η οποία αποτυπώνεται μέσω της ανεξάρτητης μεταβλητής της δεδηλωμένης συχνότητας απότομου φρεναρίσματος του οδηγού **φαίνεται να επηρεάζει την αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του λιγότερο από τις άλλες μεταβλητές**. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι η ανθρώπινη αντίληψη εμπεριέχει πολλά σφάλματα υπερεκτίμησης των δυνατοτήτων και πιο δύσκολα καθίσταται ικανή να εκτιμήσει την κυκλοφοριακή συμπεριφορά. Πιο συγκεκριμένα, ο οδηγός δεν έχει πάντα όλες τις απαιτούμενες γνώσεις ως προς την οδική ασφάλεια ώστε να αξιολογήσει την οδήγηση του, όπως επίσης συχνά από τη φύση του υπερεκτιμά ή υποτιμά τι δυνατότητες του ή πιθανώς δεν θυμάται οδικά περιστατικά ώστε να δώσει ακριβή στοιχεία.

5. Οι **διαδρομές ανά ημέρα** επηρεάζουν μόνο ένα από τα τέσσερα μοντέλα τα οποία αναπτύχθηκαν παραπάνω και μάλιστα σε πολύ μικρό βαθμό. Το γεγονός αυτό είναι άξιο σχολιασμού καθώς φανερώνει ότι η συχνότητα μετακινήσεων ανά ημέρα δείχνει να αποτελεί δευτερεύοντα παράγοντα στην αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού. Αναλυτικότερα ο οδηγός δεν φαίνεται να συνηθίζει σε έναν τύπο οδηγικής συμπεριφοράς όταν κάνει πολλές διαδρομές αλλά ενδεχομένως αυτός να επηρεάζεται μόνο από το προσωπικό χαρακτήρα του οδηγού, τη ψυχολογική του κατάσταση ανάλογα με την εκάστοτε ημέρα ή τις εκάστοτε κυκλοφοριακές συνθήκες.

6. Η **συχνότητα οδήγησης υπό την επήρεια αλκοόλ** δεν εμφανίστηκε σε κανένα μοντέλο καθώς απορρίφθηκε μετά από δοκιμές. Το γεγονός ότι η συχνότητα μέθης του οδηγού δεν φαίνεται να επηρεάζει την αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι επηρεάζει περισσότερο τον χρόνο αντίδρασης ο οποίος δεν εξετάστηκε στην παρούσα Εργασία λόγω έλλειψης των σχετικών στοιχείων..

7. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών απορρίφθηκε και η μεταβλητή του **αριθμού παραβίασης ΚΟΚ τα τελευταία 2 χρόνια** ως πιθανή ανεξάρτητη μεταβλητή. Αυτό προκύπτει καθώς η παραβίαση ΚΟΚ περιέχει πολλές ενέργειες ενός οδηγού οι οποίες δεν συνδέονται απαραίτητα με την ταχύτητα που αναπτύσσει κατά τη διάρκεια οδήγησης και συνεπώς με την καταγραφή γεγονότων. Μερικές από τις ενέργειες αυτές είναι για παράδειγμα η μη χρήσης ζώνης, η παραβίαση φωτεινού σηματοδότη σε μία περιοχή όπου δεν περνούσαν οχήματα και πεζοί, ή η χρήση του κινητού τηλεφώνου την ώρα τη οδήγησης. Συνεπώς οι οδηγοί που απάντησαν σε αυτήν την ερώτηση μπορεί να ανέφεραν μεμονωμένες ενέργειες παραβίασης του ΚΟΚ οι οποίες δεν μπορούν να αποτυπώσουν ικανοποιητικά τη συνολική αποκαλυφθείσα του συμπεριφορά.

8. Από τη σύγκριση των περιγραφικών στατιστικών με τα αποτελέσματα των μοντέλων προκύπτει ότι τα περιγραφικά στατιστικά αποτελούν μία **προκαταρκτική ανάλυση των στοιχείων** χωρίς να δίνουν ακριβείς ενδείξεις της επιρροής των μεταβλητών που έχουν στην αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού. Αντίθετα, τα μαθηματικά στατιστικά μοντέλα αναδεικνύουν πολύ καλύτερα τις πολύπλοκες σχέσεις των μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, η μοναδική ανεξάρτητη μεταβλητή που φάνηκε από την ανάλυση των περιγραφικών στατιστικών και την ανάπτυξη μοντέλων να επηρεάζει σε μικρό και μεγάλο βαθμό αντίστοιχα την αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού είναι ο αριθμός ατυχημάτων.

9. Η στατιστική επεξεργασία των περισσοτέρων στοιχείων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της **γραμμικής παλινδρόμησης**, που αποδείχθηκε κατάλληλη για τέτοιου είδους ανάλυση. Η ανάλυση των στοιχείων με αυτή τη μέθοδο οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών μοντέλων διερεύνησης της δεδηλωμένης και αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού. Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου έγινε καθώς οι ανεξάρτητες μεταβλητές προς εξέταση ήταν διακριτές, λαμβάνοντας τις τιμές 0 και 1.

10. Τέλος, αναφέρεται ότι, υπό προϋποθέσεις, μπορεί να καταστεί δυνατή **η γενίκευση των αποτελεσμάτων** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ώστε να χρησιμοποιηθούν και σε επόμενες συναφείς έρευνες με αντικείμενο τη διερεύνηση της δεδηλωμένης κι αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού μέσω χρήσης των διαγνωστικών στοιχείων. Θα πρέπει βέβαια να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες προσαρμογές όσων αφορά την επιλογή των μεταβλητών ανάλογα με το αντικείμενο και τον στόχο της έρευνας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1

1.1 Γενική ανασκόπηση 1

1.1.1 Η θεωρία των ατυχημάτων 1

1.1.2 Οδικά ατυχήματα τη σημερινή εποχή 3

1.1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τα σημερινά οδικά ατυχήματα 7

1.1.4 Δεδηλωμένη και αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού 8

1.2 Στόχος της διπλωματικής εργασίας 9

1.3 Μεθοδολογία 10

1.4 Δομή της Διπλωματικής εργασίας 11

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση 13

2.1 Γενικά 13

2.2 Συναφείς Έρευνες 13

2.2.1 Development of a driving data recorder (1994)……14

2.2.2 Traffic view: Traffic data dissemination using car-to-car communication (2004)……..15

2.2.3 Feedback by technology: Attitudes and opinions of truck drivers (2005) 16

2.2.4 In-vehicle data recorder for monitoring and feedback on drivers' behavior (2008)……17

2.2.5 Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones (2011)……..18

2.3 Συναφείς Μεθοδολογίες 19

2.3.1 Μέθοδος δεδηλωμένης προτίμησης (Stated Preference)……19

2.3.2 Σύγκριση μεθόδου δεδηλωμένης προτίμησης με αποκαλυφθείσα προτίμηση…21

2.4 Σύνοψη 23

3. Θεωρητικό υπόβαθρο 24

3.1 Εισαγωγή 24

3.2 Βασικές έννοιες Στατιστικής 24

3.3 Συσχέτιση Μεταβλητών-Συντελεστής Συσχέτισης……26

3.4 Βασικές Κατανομές……26

3.4.1 Κανονική Κατανομή……26
3.4.2 Κατανομή Poisson……..27
3.4.3 Αρνητική διωνυμική Κατανομή……..27
3.5 Μαθηματικά Πρότυπα……...28
3.5.1 Γραμμική παλινδρόμηση……...28.
3.5.1.1 Μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων……...30
3.5.2 Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης……30
3.5.3 Λογαριθμικοκανονική Παλινδρόμηση……..31
3.6 Διαδικασία Ανάπτυξης και Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου……..32
3.7 Λειτουργία του Ειδικού Στατιστικού Λογισμικού…….35

4. Συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων 37
4.1 Εισαγωγή..... 37
4.2 Συλλογή στοιχείων 37
4.3 Επεξεργασία στοιχείων 38
4.3.1 Διαμόρφωση Δεδομένων……..38
4.3.2 Συνοπτικά Στατιστικά στοιχεία (Summary statistics)……42
4.3.3 Διαμόρφωση βάσης δεδομένων ……49
4.3.4 Εισαγωγή δεδομένων στο ειδικό στατιστικό πρόγραμμα …….....49
5.Ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων..... 51
5.1 Εισαγωγή..... 51
5.2 Ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων..... 51
5.2.1 Επιλογή μεταβλητών……51
5.2.2 Επεξεργασία μεταβλητών…….55
5.2.3 Ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης……..56
5.3 Εφαρμογή στατιστικών μοντέλων.....
5.3.1. Μοντέλο 1 - Απότομα φρεναρίσματα ανά 100 χλμ. (HB100km) ……60
5.3.2. Μοντέλο 2 - Απότομες επιταχύνσεις ανά 100 χλμ. (HA100km)…… 64
5.3.3. Μοντέλο 3 - Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων με ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90 km/h κατά την έναρξη του συμβάντος (Brakingslt90) …….67
5.3.4. Μοντέλο 4 - Ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων με τιμή επιτάχυνσης μεταξύ 0.22g και 0.26g $\frac{m}{s^2}$ στην αιχμή του συμβάντος……..70

5.4 Συνολική ανάλυση αποτελεσμάτων 73

5.4.1 Γενικές παρατηρήσεις για τα μοντέλα 73

5.4.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων περιγραφικών στατιστικών και μοντέλων……75

6.Συμπεράσματα 77

6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων 77

6.2 Συνολικά Συμπεράσματα 79

6.3 Προτάσεις για βελτίωση της δεδηλωμένης κι αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού ……..82

6.4 Προτάσεις για περαιτέρω Έρευνα 82

7. Βιβλιογραφία 844

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΑΡΙΘΜΗΣΗ	ΤΙΤΛΟΣ
1.1	Οι θεωρίες των ατυχημάτων με χρονολογική σειρά
1.2	Βασικοί Δείκτες Οδικής Ασφάλειας στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση
3.1	Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t
5.1	Περίληψη μοντέλου (Model Summary)
5.2	Ανάλυση διασποράς (ANOVA)
5.3	Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the Equation)
5.4	Σχετική επιρροή μεταβλητών μοντέλου απότομων φρεναρισμάτων ανά 100 χλμ.
5.5	Περίληψη μοντέλου (Model Summary)
5.6	Ανάλυση διασποράς (ANOVA)
5.7	Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the Equation)
5.8	Σχετική επιρροή μεταβλητών μοντέλου απότομων επιταχύνσεων ανά 100 χλμ.
5.9	Περίληψη μοντέλου (Model Summary)
5.10	Ανάλυση Διασποράς (ANOVA)
5.11	Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation)
5.12	Σχετική επιρροή μεταβλητών μοντέλου απότομων φρεναρισμάτων με ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90 km/h κατά την έναρξη του συμβάντος
5.13	Περίληψη μοντέλου (Model Summary)
5.14	Ανάλυση διασποράς (ANOVA)
5.15	Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation)
5.16	Σχετική επιρροή μεταβλητών μοντέλου απότομων επιταχύνσεων με τιμή επιτάχυνσης μεταξύ 0.22g και 26g $\frac{m}{s^2}$ στην αιχμή του συμβάντος
5.17	Σύγκριση αποτελεσμάτων περιγραφικών στατιστικών με τα αποτελέσματα των μοντέλων
6.1	Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων των τεσσάρων μοντέλων

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΑΡΙΘΜΗΣΗ	ΤΙΤΛΟΣ
1.1	Χρονική Εξέλιξη Οδικών Ατυχημάτων – Δυστυχημάτων την περίοδο 2000 – 2014. [πηγή : ΕΛΣΤΑΤ]
1.2	Αριθμός νεκρών από οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα το διάστημα 2000-2015 [πηγή: ΕΛΣΤΑΤ]
1.3	Νεκροί ανά εκατομμύρια πληθυσμού, 2014 [πηγή: EuropeanTransportSafetyCouncil (www.etsc.eu)]
3.1	Ευθεία ελαχίστων τετραγώνων

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΑΡΙΘΜΗΣΗ	ΤΙΤΛΟΣ
4.1	Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας συστήματος [Πηγή: munic.box]
4.2	Απόσπασμα δεδομένων σε αρχείο Excel
4.3	Απόσπασμα αποκωδικοποίησης απαντήσεων σε μορφή Excel
4.4	Απόσπασμα αρχικού αρχείου csv
4.5	Απόσπασμα απαντήσεων ερωτηματολογίων και διαγνωστικών στοιχείων οχήματος σε μορφή Excel
4.6	Διάγραμμα κατανομής αριθμού οδηγών συμμετεχόντων στο πείραμα ανά επάγγελμα
4.7	Διάγραμμα κατανομής αριθμού οδηγών συμμετεχόντων στο πείραμα ανά ετήσιο εισόδημα
4.8	Διάγραμμα κατανομής αριθμού συμμετεχόντων οδηγών ανά μορφωτικό επίπεδο
4.9	Διάγραμμα δεδηλωμένης συχνότητας απότομων επιταχύνσεω
4.10	Διάγραμμα αποκαλυφθείσας συχνότητας απότομων επιταχύνσεων 100 χλμ.
4.11	Διάγραμμα δεδηλωμένης συχνότητας απότομων φρεναρισμάτων
4.12	Διάγραμμα αποκαλυφθείσας συχνότητας απότομων φρεναρισμάτων ανά 100 χλμ.
4.13	Διάγραμμα δεδηλωμένου συνολικού αριθμού ατυχημάτων
4.14	Διάγραμμα δεδηλωμένης συμπεριφορά οδηγού συναρτήσει των παραβάσεων του ΚΟΚ
4.15	Διάγραμμα δεδηλωμένων αριθμών κλήσεων συναρτήσει των απότομων επιταχύνσεων ανά 100 χλμ.
4.16	Διάγραμμα αριθμών ατυχημάτων των οδηγών στο παρελθόν συναρτήσει των αριθμών απότομων επιταχύνσεων ανά 100 χλμ.
4.17	Διάγραμμα δεδηλωμένης συχνότητας οδήγησης υπό την επήρεια αλκοόλ συναρτήσει των απότομων επιταχύνσεων ανά 100χλμ.

4.18 Διάγραμμα δεδηλωμένης συχνότητας οδήγησης υπό την επήρεια αλκοόλ συναρτήσει των απότομων φρεναρισμάτων ανά 100χλμ
4.19 Εισαγωγή των στοιχείων στο πεδίο δεδομένων
4.20 Μετατροπή μεταβλητής από Numeric σε String
5.1 Απόσπασμα επιλεγμένων (με πράσινο χρώμα) ερωτήσεων για περαιτέρω ανάλυση.
5.2 Εισαγωγή δύο μεταβλητών για τη διερεύνηση της συσχέτισης τους
5.3 Συντελεστής συσχέτισης των δύο μεταβλητών
5.4 Πίνακας συντελεστών συσχέτισης μεταβλητών και απόσπασμα αυτού
5.5 Διαμόρφωση Υποκατηγοριών για τη μεταβλητή Διαδρομές/ημέρα
5.6 Ακολουθία εντολών για γραμμική παλινδρόμηση στο ειδικό στατιστικό λογισμικό
5.7 Εισαγωγή ανεξάρτητων κι εξαρτημένων μεταβλητών στο ειδικό στατιστικό λογισμικό

1. Εισαγωγή

1.1 Γενική ανασκόπηση

1.1.1 Η θεωρία των ατυχημάτων

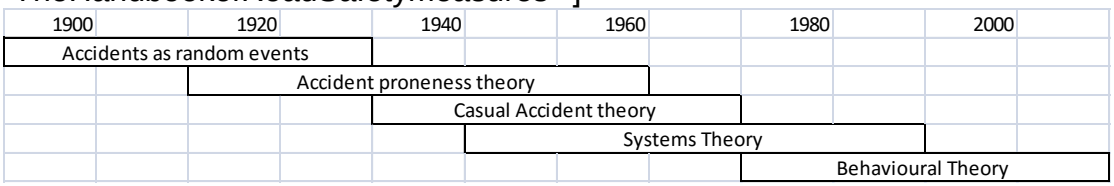
Η επιστημονική ανάλυση των **ατυχημάτων** γενικότερα ξεκίνησε πριν από 100 χρόνια. Από τότε γίνονται προσπάθειες να απαντηθεί το ερώτημα, *Γιατί συμβαίνουν τα ατυχήματα;*

Παρακάτω παρατίθενται **5 διαφορετικές θεωρίες** με χρονολογική σειρά που προσπαθούν να εξηγήσουν τα ατυχήματα.

Ατυχήματα ως τυχαία γεγονότα (Accidents as random events, *Bortkiewicz, 1898*).

Στο βιβλίο του The Law of Small Numbers (Leipzig 1898) ο Bortkiewicz μελέτησε τη συχνότητα των θανάτων από χτυπήματα αλόγων του Πρωσικού στρατού. Ανακάλυψε ότι η κατανομή των αριθμών των νεκρών ανά σώμα στρατού ανά χρόνο ήταν τυχαία. Προκειμένου να εξηγήσει την τυχαιότητα που χαρακτήριζε τα ατυχήματα,χρησιμοποίησε την κατανομή Poisson η οποία προσέγγιζε πολύ καλά την πραγματική κατανομή των ατυχημάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ατυχήματα είναι εντελώς τυχαία γεγονότα στα οποία ο άνθρωπος δεν έχει κανέναν έλεγχο.

Πίνακας 1.1: Οι θεωρίες των ατυχημάτων με χρονολογική σειρά [πηγή: ‘’TheHandbookofRoadSafetymeasures’’]



Η θεωρία της ροπής του ανθρώπου σε ατύχημα (Accident proneness theory, *Thomas Forbes 1939*).

Κατά τη διάρκεια του Πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου οι Greenwood και Yule (1920) παρατήρησαν έναν ‘’παράλογο’’ συγκεντρωμένο αριθμό εργατικών ατυχημάτων σε πυρομαχικά εργοστάσια. Για το λόγο αυτό πρότειναν διάφορα στατιστικά μοντέλα για να εξηγήσουν την παρατηρηθείσα κατανομή ατυχημάτων και το απλούστερο που περιέγραφε επαρκώς την κατανομή ήταν το αρνητικό διωνυμικό μοντέλο.

Με βάση το μοντέλο αυτό, η θεωρία ατυχημάτων εξελίχθηκε και πλέον βασίστηκε στο γεγονός ότι το ατύχημα δεν είναι τυχαίο γεγονός αλλά προκαλείται από λίγους ανθρώπους που παρουσιάζουν διαταραχή προσωπικότητας.

Εντούτοις, Το 1939 ο ThomasForbes αναθεώρησε τις έως τότε πεποιθήσεις, καθώς μελέτησε τα οδικά ατυχήματα και ανακάλυψε ότι τα περισσότερα από αυτά προκλήθηκαν από απλούς οδηγούς. Πιο συγκεκριμένα, ενώ μόλις το 1% των οδηγών συμμετείχε στο 23% όλων των ατυχημάτων την περίοδο 1931-33, το ίδιο 1% οδηγών συμμετείχε μόνο στο 4% των ατυχημάτων την περίοδο 1934-36. Τη δεύτερη περίοδο τα περισσότερα ατυχήματα προκλήθηκαν από οδηγούς οι οποίοι δεν είχαν κανένα τροχαίο ατύχημα την πρώτη περίοδο. Με αυτόν τον τρόπο ο Forbes έκανε αναφορά για πρώτη φορά στην παλινδρόμηση περί τον μέσο του αριθμού των ατυχημάτων.

Η εποχή της αυξημένης χρήσης αυτοκινήτου περίπου το 1940 στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και η αναμενόμενη αύξηση των οδικών ατυχημάτων έδειξαν ότι τα οδικά ατυχήματα μπορούν να συμβούν στον καθένα κι όχι σε μία μεμονωμένη ομάδα ατόμων με απρόσεκτη συμπεριφορά.

Αιτιώδη ατυχήματα (Causal accident Theory,1940).

Η θεωρία αυτή βασίστηκε στην άποψη ότι η αποφυγή οδικών ατυχημάτων μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την επίγνωση των πραγματικών αιτιών τους. Με τη σειρά τους τα αίτια αυτά πρέπει να μελετηθούν ξεχωριστά και λεπτομερώς για κάθε ατύχημα, οι συνθήκες στις οποίες πραγματοποιήθηκε καθώς και τα γεγονότα που μπορεί να οδήγησαν σε αυτό.

Η σε βάθος μελέτη της κάθε περίπτωσης μεμονωμένα έδειξε ότι τα ατυχήματα έχουν περισσότερα από ένα αίτια και ότι είναι σχεδόν αδύνατο να προσδιοριστεί ένας παράγοντας περισσότερο καθοριστικός από τον άλλο. Οι ανθρωπιστικοί παράγοντες, δηλαδή τα λάθη που έκαναν οι οδηγοί-χρήστες της οδού, αποδείχτηκαν ότι συνέβαλαν στα περισσότερα ατυχήματα. Η απόδειξη αυτή οδήγησε πολλούς από τους υποστηρικτές της θεωρίας αυτής να δώσουν περισσότερη έμφαση στην τροποποίηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, ως μοναδικό αποτελεσματικό μέτρο αποφυγής οδικών ατυχημάτων. Το μέτρο αυτό ασφαλώς ήταν ανεπαρκές για την ολιστική επίλυση του προβλήματος καθώς ήταν απαραίτητο να βρεθούν οι λόγοι για τους οποίους γίνονται ανθρώπινα λάθη. Η παραδοχή αυτή οδήγησε στην περαιτέρω εξέλιξη της θεωρίας των οδικών ατυχημάτων.

Συστημική θεωρία ατυχημάτων (Systems Theory and epidemiological theory, 1960).

Η θεωρία αυτή εμφανίστηκε το 1950 κι έγινε διαίτερα δημοφιλής την περίοδο 1960-1970. Η βασική αρχή είναι ότι τα ατυχήματα είναι το αποτέλεσμα της ‘’κακής‘’ αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα μέρη που συνιστούν ένα πολύπλοκο σύστημα όπως είναι το οδικό. Σύμφωνα με την αρχή αυτή δεν είναι δυνατόν να επιλεγεί ένας παράγοντας ενός συγκοινωνιακού συστήματος πιο καθοριστικός από έναν άλλο για την επιτυχή λειτουργία του. Αυτό σημαίνει ότι τα λάθη γίνονται επειδή το σύστημα δεν είναι επαρκώς σχεδιασμένο και προσεγγίσιμο στις ανθρώπινες ικανότητες.

Η θεωρία του συστήματος, η πιο επιτυχημένη έως τότε θεωρία ατυχημάτων, αναζήτησε την αποφυγή και παρεμπόδιση των ατυχημάτων τροποποιώντας

τεχνικά μέρη του συγκοινωνιακού οδικού συστήματος . Με πρωταρχικό στόχο πλέον την οδική ασφάλεια, οι βελτιώσεις που πραγματοποιήθηκαν στα οδικά συστήματα, στον έλεγχο της κυκλοφορίας και στον σχεδιασμό αυτοκινήτου, μείωσαν δραματικά τον δείκτη ατυχημάτων ανά χιλιόμετρο αρχικά στις Δυτικές αυτοκινούμενες χώρες.

Εντούτοις, τα τελευταία 15 με 20 χρόνια ούτε αυτή η θεωρία έχει δώσει πλήρη ικανοποιητική λύση στο πρόβλημα το οδικού ατυχήματος.

Συμπεριφορική θεωρία ατυχημάτων (Behavioral Theory, *Gerald Wilde 1980*).

Η βασική ιδέα όλων των θεωριών αυτής της κατηγορίας είναι ότι η εκτίμηση και αποδοχή του ανθρώπινου κινδύνου καθορίζει τον πραγματικό αριθμό των ατυχημάτων σε μία δραστηριότητα.Το 1980 ο Gerald Wilde παρουσίασε τη δική του θεωρία ομοιόστασης του κινδύνου, σύμφωνα με την οποία κάθε κοινωνία έχει τόσα ατυχήματα όσα η ίδια ‘’θέλει’’ και ο μόνος τρόπος να μειωθεί ο αριθμός αυτός είναι η αλλαγή του στοχευόμενου επιπέδου κινδύνου (ή του επιδιωκόμενου επιπέδου ασφαλείας).

1.1.2. Οδικά ατυχήματα τη σημερινή εποχή

Ο συνδυασμός των προαναφερθέντων θεωριών προσεγγίζει σε άριστο βαθμό τη σημερινή εποχή και περιλαμβάνει όλους τους πιθανούς παράγοντες που μπορεί να οδηγήσουν σε
οδικό ατύχημα.

- Η Οδική ασφάλεια σε παγκόσμιο επίπεδο

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (**WorldHealthOrganization, Μάιος 2016**)κάθε χρόνο περίπου 1.25 εκατομμύρια άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους ανά τον κόσμο σε οδικό ατύχημα, 20 με 50 εκατομμύρια άνθρωποι υποφέρουν από μη θανάσιμα τραύματα και πολλά από αυτά μπορεί να προκαλέσουν αναπηρία.

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

<u>•Την κοινωνική και οικονομική θέση</u>

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

•Ηλικία

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

•Φύλο

Από τη νεαρά ηλικία, οι άντρες έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα συμμετοχής σε τροχαίο ατύχημα από τις γυναίκες. Τα τρία τέταρτα (73%) των νεκρών σε τροχαίο ατύχημα είναι άντρες. Μάλιστα, όσων αφορά στους νέους οδηγούς, οι άντρες κάτω των 25 ετών έχουν τρεις φορές μεγαλύτερη πιθανότητα να τραυματιστούν θανάσιμα σε τροχαίο ατύχημα από τις νέες γυναίκες.

- Η Οδική ασφάλεια στην Ελλάδα

Το 2014 , ο ετήσιος αριθμός τωννεκρών 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 σύγχρονής 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%**(Πίνακας 1.2), 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).

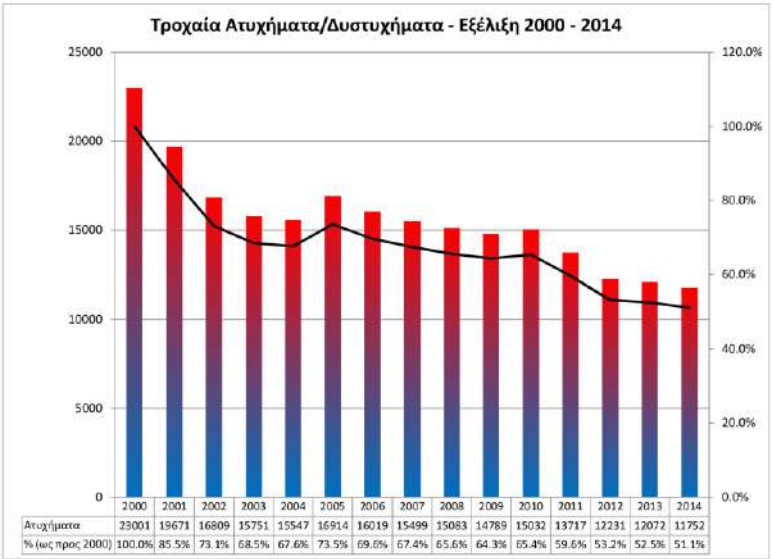
Παρ' όλα αυτά, η τάση αυτή φαίνεται να ανακόπτεται **το 2015 , καθώς για πρώτη φορά από το 2004 παρατηρείται αύξηση του αριθμού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα**. Σύμφωνα με προσωρινά στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ) , ο αριθμός των νεκρών σε ατυχήματα το 2015 αυξάνεται ελαφρώς κατά 1.3%, ενώ ο αριθμός των ατυχημάτων εμφανίζει μια μικρή μείωση της τάξης του 1%

Πίνακας 1.2: Βασικοί Δείκτες Οδικής Ασφάλειας στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση [πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ, EC-CARE, EUROSTAT]

Ελλάδα	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Μεταβολή
Νεκροί	1.670	1.658	1.657	1.612	1.553	1.456	1.258	1.141	988	879	795	**-52%**
Τραυματίες	20.179	22.048	20.675	19.766	19.010	18.641	19.108	17.259	15.640	15.175	14.564	-28%
Ατυχήματα	15.547	16.914	16.019	15.499	15.083	14.789	15.032	13.849	12.398	12.109	11.690	-25%
Οχήματα (εκ.)	6,30	6,64	7,00	7,38	7,73	7,91	8,06	8,09	8,07	8,04	8,05	28%
Νεκροί/1000οχ.	265	250	237	218	201	184	156	141	122	109	99	-63%
Νεκροί/εκ.κατ.	153	150	149	144	139	129	112	96	92	79	72	-53%
Ε.Ε.												
Νεκροί	47.973	45.992	43.774	43.222	39.728	35.444	31.347	30.528	28.191	25.923	25.861	**-46%**
Οχήματα (εκ.)	263,28	269,67	274,11	286,51	285,89	289,80	293,14	301,98	304,61	307,30	310,85	18%
Νεκροί/1000οχ.	182	171	160	151	139	122	107	101	93	84	83	-54%
Νεκροί/εκ.κατ.	96	92	87	86	78	70	62	60	56	51	51	-47%

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).

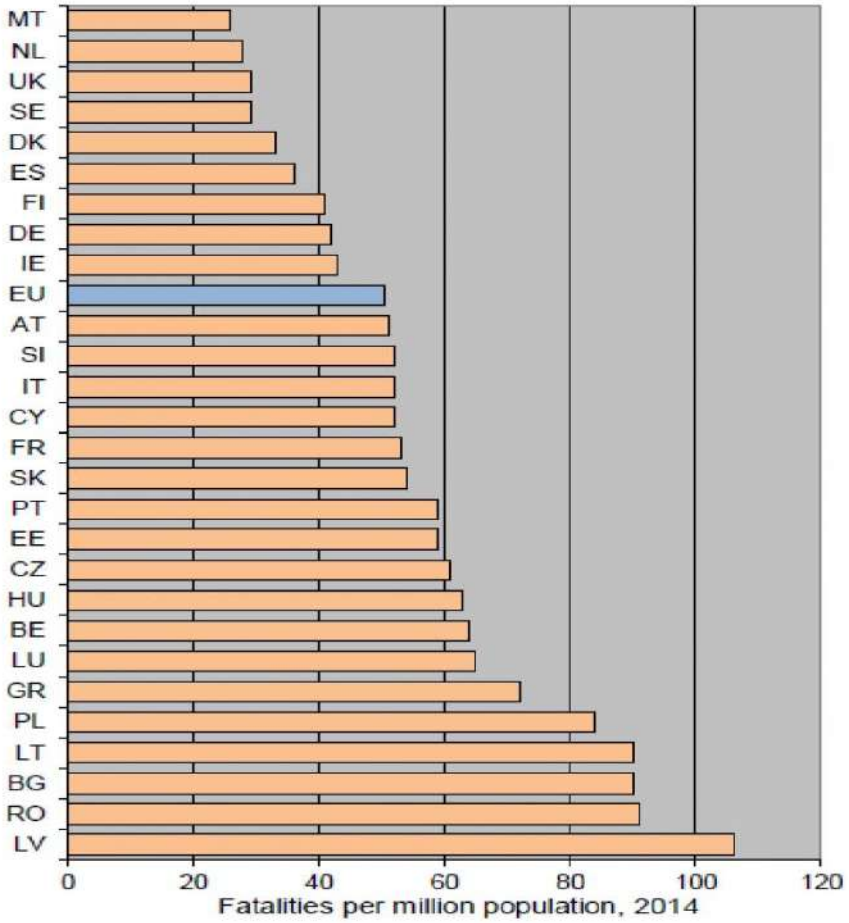
Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και το **European Transport Safety Council**, (www.etsc.eu) συγκριτικά με τιςάλλες ευρωπαϊκές χώρες η Ελλάδα στο πέρασμα των χρόνων παρουσιάζει **σημαντική μείωση** των αριθμό των νεκρών από οδικά ατυχήματα (βλέπε Διαγράμματα 1.1, 1.2) , παρόλα αυτά το **2015**παραμένει σε απόσταση πέντε θέσεωναπό το κράτος με τη χειρότερη επίδοση (βλέπε Διάγραμμα 1.3).



Διάγραμμα 1.1:Χρονική Εξέλιξη Οδικών Ατυχημάτων – Δυστυχημάτων την περίοδο 2000 – 2014. [πηγή : ΕΛΣΤΑΤ]

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται μικρή αύξηση των ατυχημάτων το έτος **2010**, περίοδος μεγάλης οικονομικής ύφεσης.

Διάγραμμα 1.2:Αριθμός νεκρών από οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα το διάστημα 2000-2015 [πηγή: ΕΛΣΤΑΤ]



Διάγραμμα 1.3: Νεκροί ανά εκατομμύρια πληθυσμού, 2014 [πηγή: EuropeanTransportSafetyCouncil (www.etsc.eu)]

1.1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα (Dingusetal, 2016) είναι οι εξής:

Παρατηρηθείσα διαταραχή

• Ναρκωτικά/ Μέθη (0.08%)
• Υπνηλία/ Κούραση (1.57%)
• Συναίσθημα (θυμός, λύπη κλπ.) (0.22%)

Συνολικά 1.92 %

Σφάλματα στην απόδοση του οδηγού

• Απειρία οδηγού (0.07%)
• Νεκρά σημεία (0.05%)
• Επικίνδυνη στροφή (0.51%)
• Παραβίαση σήμανσης (1.24%)
• Οδήγηση σε κατεύθυνση αντίθετη από την επιτρεπόμενη (0.19%)
• Οδήγηση με πολύ χαμηλές ταχύτητες (0.97%)
• Απότομο φρενάρισμα (0.01%)
• Αποτυχία έγκαιρης προειδοποίησης (2.27%)

Συνολικά 4.81%

Στιγμιαίο λάθος κρίσεως οδηγού (επιθετική/ταχεία οδήγηση)

• Επιθετική οδήγηση (σε γενικά πλαίσια) (0.10%)
• Παραβίαση ορίου ταχύτητας (2.77%)
• Παραβίαση ορίου ταχύτητας σε εργατική περιοχή (0.05%)
• Παράνομο/ επικίνδυνο προσπέρασα (0.18%)
• Μικρή απόσταση οχημάτων μεταξύ τους (007%)
• Επιτηδευμένη παραβίαση σήμανσης (1.23%)

Συνολικά 4.22%

Απόσπαση προσοχής οδηγού

• Ραδιόφωνο (2.21%)
• Έλεγχος κλιματιστικού εντός του οχήματος (0.56%)
• Συνολική απόσπαση προσοχής από τα μηχανήματα εντός του οχήματος (3.53%)
• Χρήση κινητού τηλεφώνου εντός του οχήματος (6.4%)
• Απόσπαση προσοχής από τα πίσωκαθίσματα(0.8%)
• Αλληλεπίδραση επιβατών (14.58%)
• Ανάγνωση / Γραφή εντός του οχήματος (0.09%)
• Διατροφή εντός του οχήματος (1.9%)

• Πόσις εντός του οχήματος (1.22%)
• Άλλα (4.81% συνολικά)

Συνολικά 51.93%

Τα ποσοστά αυτά δηλώνουν το ποσοστό του χρόνου στο οποίο ο εκάστοτε παράγοντας είναι παρών κατά τη διάρκεια της οδήγησης υπό κανονικές συνθήκες.

1.1.4 Δεδηλωμένη και αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού

Όπως προαναφέρθηκε, η ανθρώπινη συμπεριφορά αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τα οδικά ατυχήματα. Ο άνθρωπος έχει έμφυτη την τάση να υπερεκτιμά τις δυνατότητές του και αυτό ασφαλώς έχει επιπτώσεις και στην οδήγησή του.
Η αντίληψη του κινδύνου είναι αρκετά σημαντική καθώς νέοι οδηγοί συγκριτικά με άλλες κατηγορίες ηλικιών, τείνουν να υποτιμούν την πιθανότητα των κινδύνων σε ένα οδικό σύστημα και να υπερεκτιμούν τις ικανότητες τους στην οδήγηση(Brownetal, 1986).

Η **αντίληψη** που έχει ο οδηγός για την κυκλοφοριακή συμπεριφορά του δεν εξαρτάται μόνο από την ηλικία του αλλά και από (ESRA, 2016):

- το φύλο
- το ετήσιο εισόδημα
- την προσωπικότητα
- την εμπειρία στην οδήγηση

1.2 Στόχος της διπλωματικής εργασίας

Σύμφωνα με τα παραπάνω γίνεται απαραίτητη η ανάλυση και η συνεχής παρακολούθηση της απόκλισης ανάμεσα στη **δεδηλωμένης και την αποκαλυφθείσα συμπεριφοράς** του οδηγού.

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι **η συσχέτιση δεδηλωμένης και αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού με χρήση των διαγνωστικών στοιχείων του οχήματος** καθώς και των απαντήσεων σε σχετικά ερωτηματολόγια, όπως αυτά συλλέχθηκαν από ειδικό πείραμα οδήγησης στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

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, ετήσιο εισόδημα κτλ.) αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και καθορίζουν την κυκλοφοριακή του συμπεριφορά. Επίσης, 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 των διαγνωστικών στοιχείων του οχήματος (OBD).

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.

Με το τέλος της Διπλωματικής Εργασίας, εκτιμάται ότι τα **αποτελέσματα** που θα προκύψουν θα επιτρέψουν την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα διαγνωστικά στοιχεία του οχήματος και τα ερωτηματολόγια είναι σε θέση να εκφράσουν την δεδηλωμένη και αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού.

1.3 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 εύρεση του **τρόπου συλλογής στοιχείων.** Στο στάδιο αυτό πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις κυκλοφοριακών μεγεθών μέσω ειδικής συσκευής οχήματος υπό την επίβλεψη του τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακών υποδομών του ΕΜΠ. Τα ερωτηματολόγια και η συλλογή στοιχείων μέσω της ειδικής αυτής συσκευής, αποτέλεσαν τις βασικές πηγές της Διπλωματικής Εργασίας.

Στη συνέχεια, τα στοιχεία καταχωρήθηκαν σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων (Microsoft Excel), η οποία βελτιώθηκε σταδιακά έως ότου αποκτήσει την τελική της μορφή. Ακολούθησε η **επιλογή της μεθόδου** στατιστικής επεξεργασίας των στοιχείων και η εισαγωγή της βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης (SPSS 21.0).

Την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου διαδέχτηκε η ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων και η **παρουσίαση των αποτελεσμάτων**, στο πλαίσιο της οποίας πραγματοποιήθηκε περιγραφή της επιρροής των ανθρώπινων 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.

1.4 Δομή της Διπλωματικής εργασίας

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

Το **Κεφάλαιο 1** είναι **εισαγωγικό** και αποτελεί τη βάση για την κατανόηση του αντικειμένου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά, γίνεται αναφορά στις 5 διαφορετικές θεωρίες ατυχημάτων οι οποίες απεικονίζουν την εξέλιξη της ανθρώπινης σκέψης για την εύρεση των αιτίων των οδικών ατυχημάτων. Με στόχο να γίνει εμφανής ο βαθμός στον οποίο προσεγγίζουν οι θεωρίες αυτές τη σημερινή εποχή γίνεται αναφορά σε στατιστικά στοιχεία οδικών ατυχημάτων σε παγκόσμιο, πανευρωπαϊκό και ελληνικό επίπεδο καθώς και έως σήμερα υπαρκτά αίτια οδικών ατυχημάτων. Στη συνέχεια γίνεται μία γενική ανασκόπηση στην αντίληψη του κινδύνου του οδηγού. Ακολουθεί η καταγραφή με μεγαλύτερη σαφήνεια του στόχου που πρόκειται να επιτευχθεί μέσα από την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Τέλος, περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την διεκπεραίωση της και για την καλύτερη κατανόηση της παρατίθεται ένα διάγραμμα ροής που απεικονίζει την αλληλουχία των ενεργειών που πραγματοποιήθηκαν.

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 τα για την διευκόλυνση της κατανόησης τους.

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

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

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Γενικά

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. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται έρευνες που αναφέρονται στην …Για κάθε επιστημονική εργασία παρουσιάζεται σύντομη σύνοψη, με έμφαση στη μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε και στα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν.

2.2 Συναφείς Έρευνες

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα βασικά σημεία ερευνών οι οποίες σχετίζονται με τη μελέτη συμπεριφοράς οδηγών αυτοκινήτων, στα οχήματα των οποίων έχουν εγκατασταθεί ειδικά συστήματα. 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.

Οι έρευνες που παρατίθενται είναι οι εξής:

1. Ohta, Tohru, and Shouji Nakajima. "***Development of a driving data recorder***." JSAE Review 15.3 (1994): 255-258.
2. Nadeem, Tamer, et al. "***TrafficView: traffic data dissemination using car-to-car communication.***" ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review 8.3 (2004): 6-19.
3. Huang, Yueng-Hsiang, et al. "***Feedback by technology: Attitudes and opinions of truck drivers.***" Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour 8.4 (2005): 277-297.
4. Toledo, Tomer, Oren Musicant, and Tsippy Lotan. "***In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on drivers' behavior.***" *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 16.3 (2008): 320-331.
5. Zaldivar, Jorge, et al. "***Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones.***" Local Computer Networks (LCN), 2011 IEEE 36th Conference on. IEEE, 2011.

2.2.1 Development of a driving data recorder (1994)

Η έρευνα αυτή αποτελεί μία από τις πρώτες προσπάθειες ανάπτυξης ενός οργάνου καταγραφής δεδομένων από τον εγκέφαλο του αυτοκινήτου. Ο σκοπός της είναι να παρουσιάσει μία γενική επισκόπηση του οργάνου αυτού (DDR) και να παραθέσει τρόπους χρησιμοποίησής του.

Βασικά στοιχεία:

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

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

a) Σύστημα που βασίζεται στο χρόνο, όπου τα δεδομένα τοποθετούνται σε διαδοχική σειρά
b) Σύστημα που βασίζεται στη συχνότητα, όπου η τοποθέτηση των δεδομένων γίνεται με βάση είτε τη συχνότητα χρήσης είτε τη συχνότητα εμφάνισης.

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

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

2.2.2 TrafficView: traffic data dissemination using car-to-car communication (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 επειγόντων 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.

Οι καταγραφές για τα οχήματα περιλαμβάνουν:

- ✓ Μοναδικό αριθμό αναγνώρισης
- ✓ Ακριβή θέση
- ✓ Ταχύτητα
- ✓ Ώρα 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 Ratio-based 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.

2.2.3 Feedback by technology: Attitudes and opinions of truck drivers (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. Επιπλέον, 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 ερωτηματολόγια που μοιράστηκαν στους οδηγούς επικεντρώθηκαν σε 6 βασικές κατηγορίες ερωτημάτων:

i. Θα ήθελαν οι οδηγοί να λαμβάνουν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την συμπεριφορά τους στο δρόμο? Επιπλέον, θα προτιμούσαν οι πληροφορίες να έχουν θετική ή αρνητική χροιά?
ii. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της ανατροφοδότησης μέσω της τεχνολογίας?
iii. Ποια είναι τα μειονεκτήματα?
iv. Ποια είναι η προτιμότερη μορφή λήψης πληροφοριών σχετικά με την οδηγική συμπεριφορά? Επίσης, πόσο συχνά θα ήθελαν να ενημερώνονται?
v. Από ποιον θα ήθελαν οι οδηγοί να λαμβάνουν ανατροφοδότηση?
vi. Ποιες είναι οι πιο σημαντικές συμπεριφορές ασφαλής οδήγησης?

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.

2.2.4 In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on drivers' behavior (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. Επιπλέον, 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 πέρας 5 μηνών.

2.2.5 Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones (2011)

Σκοπός της έρευνας αυτής είναι η ανάπτυξη μιας εφαρμογής για κινητά τηλεφωνά 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 μηχάνημα OBD-II και λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του οχήματος. Επιπλέον, 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 εμπλεκομένων σε ατύχημα στο κοντινότερο νοσοκομείο. Ο χρόνος ειδοποίησης από την ώρα που συνέβη το ατύχημα υπολογίστηκε στα 3 δευτερόλεπτα, με τον μέγιστο χρόνο να φτάνει τα 6 δευτερόλεπτα. Η διαφορά έγκειται στην απόδοση σύνδεσης του κινητού τηλεφώνου στο διαδίκτυο.

2.3 Συναφείς Μεθοδολογίες

2.3.1 Μέθοδος δεδηλωμένης προτίμησης (Stated Preference)

Η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference) ανήκει σε μια ομάδα στατιστικών τεχνικών που αντικείμενό τους είναι η καταγραφή των απόψεων και των προτιμήσεων κάποιας μερίδας του πληθυσμού με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, αναφορικά με κάποιο θέμα. Η μερίδα αυτή του πληθυσμού αποτελεί το δείγμα της έρευνας, ενώ το θέμα γύρω από το οποίο γίνεται η καταγραφή απόψεων, αποτελεί το αντικείμενό της. Είναι δηλαδή, όπως αναφέρουν οι (Kroes,Sheldon, 1986), μία μέθοδος συλλογής δεδομένων, τα οποία μετά από κατάλληλη στατιστική επεξεργασία είναι δυνατό να οδηγήσουν στην ανάπτυξη ενός μαθηματικού προτύπου. Η μορφή του προτύπου και το είδος των πληροφοριών που παρέχει εξαρτώνται από τη στατιστική μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των δεδομένων.

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε για πρώτη φορά από τους Green και Srinivasan (1978), οι οποίοι την ορίζουν ως *"τη μέθοδο αποσύνθεσης που εκτιμά τη δομή της προτίμησης ενός καταναλωτή, δίνοντας τη συνολική αξιολόγησή του για μια σειρά εναλλακτικών επιλογών με διαφορετικά προκαθορισμένα χαρακτηριστικά".*

Τα κυριότερα **πλεονεκτήματ**α της μεθόδου της **δεδηλωμένης προτίμησης** είναι τα ακόλουθα:

- είναι απλή στην κατανόηση και χρήση,
- μπορεί να εφαρμοστεί και να αποφέρει αποτελέσματα σε σύντομο χρονικό διάστημα και με μικρό σχετικά κόστος. Για το λόγο αυτό έχει αποτελέσει ένα χρήσιμο και ευρέως διαδεδομένο εργαλείο για την εκπόνηση συγκοινωνιακών μελετών που επιδιώκουν τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών της συμπεριφοράς των οδηγών.
- αντλεί πληροφορίες για τη συμπεριφορά των ερωτώμενων βασιζόμενες σε ερωτήσεις για υποθετικά σενάρια και αξιοποιείται ως εργαλείο έρευνας προτιμήσεων σε νέα προϊόντα και υπηρεσίες

Ένας πολύ συνηθισμένος τρόπος συλλογής των απαραίτητων στοιχείων στο πλαίσιο της μεθόδου της δεδηλωμένης προτίμησης, είναι μέσω κατάλληλα σχεδιασμένου ερωτηματολογίου, το μέγεθος, η μορφή και το περιεχόμενο των ερωτήσεων του οποίου διαμορφώνονται ανάλογα με το αντικείμενο της έρευνας (JohnBates, 1998).

Στα πρώτα στάδια εφαρμογής της μεθόδου, ανάλογα με το αντικείμενο της έρευνας, καθορίζεται η μορφή των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου που αφορούν στις εξεταζόμενες μεταβλητές του προβλήματος όπου είτε ζητείται από τον ερωτώμενο η κατάταξη των προτεινόμενων εναλλακτικών επιλογών με σειρά προτίμησης ή η αξιολόγηση - βαθμολόγησή τους, ή η επιλογή του προτιμότερου σεναρίου στην περίπτωση που παρουσιάζονται σε ομάδες σεναρίων, συνήθως ανά δύο.

Ανάλογα με τον αριθμό των εναλλακτικών επιλογών / μεταβλητών, δύναται να εμφανίζονται όλες στον ερωτώμενο ή να γίνεται επιλογή κάποιων από αυτές

– full factorial design /fractional factorial design, σε μορφή πινάκων και σπανιότερα ερωτήσεων (Kroes, Sheldon, 1986).

Μέσω των απαντήσεων του κοινού παρέχονται οι απαραίτητες πληροφορίες για τις τιμές των αγνώστων του προβλήματος. Οπότε, επόμενο στάδιο στη διεξαγωγή της έρευνας αποτελεί ο καθορισμός του είδους των μεταβλητών (αγνώστων) του προβλήματος και του εύρους των τιμών που μπορούν να πάρουν. Πρέπει δηλαδή να καθοριστεί ποιες μεταβλητές θα είναι συνεχείς και ποιες διακριτές (dummy), καθώς επίσης και το εύρος τιμών μέσα στο οποίο θα κινηθεί η καθεμία από αυτές.

2.3.2 Σύγκριση μεθόδου δεδηλωμένης προτίμησης με αποκαλυφθείσαη προτίμηση

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, συναντώνται δύο μέθοδοι καταγραφής των προτιμήσεων του κοινού, η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης (stated-preference) στην οποία επιχειρείται η καταγραφή των προτιμήσεων των ερωτώμενων απέναντι σε κάποια νέα υποθετική κατάσταση και η μέθοδος της αποκαλυφθείσας προτίμησης (revealed-preference), στην οποία καταγράφεται η συμπεριφορά και οι επιλογές του κοινού, γύρω από υπάρχοντα εναλλακτικά σενάρια και επομένως στηρίζεται σε μετρήσεις και παρατηρήσεις, αφού αναφέρεται σε υπάρχουσες καταστάσεις. Ανεξάρτητα από τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο, στόχος της επεξεργασίας των στοιχείων που συλλέγονται αποτελεί η ανάπτυξη ενός μαθηματικού προτύπου, ανάλογου το αντικείμενο της έρευνας.

Στις **συγκοινωνιακές μελέτες**, τα μαθηματικά πρότυπα μεταφορικής ζήτησης που αναπτύσσονται, βασίζονται σε δεδομένα που λαμβάνονται είτε από απευθείας μετρήσεις και παρατηρήσεις, είτε από έρευνες στις οποίες καταγράφονται οι απόψεις του κοινού, βάσει των οποίων αποκαλύπτονται οι προτιμήσεις των επιβατών ενώ με τη χρήση κατάλληλης στατιστικής τεχνικής μπορεί να υπολογιστεί η συνάρτηση χρησιμότητας (utilityfunction) του κάθε εναλλακτικού τρόπου μετακίνησης, από την οποία μπορεί εύκολα να προκύψει η πιθανότητα να επιλεγεί καθένας από τους τρόπους αυτούς. Στις περιπτώσεις αυτές, για την ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων που εκτιμούν τη ζήτηση σε μετακινήσεις, η μέθοδος της **αποκαλυφθείσας προτίμησης** (revealed-preference) θεωρείται καταλληλότερη (Kroes, Sheldon, 1986). Ωστόσο όμως παρουσιάζει κάποιους **περιορισμούς** οι οποίοι μειώνουν την ευρεία και γενική χρήση της. Ειδικότερα :

- στερούνται ευελιξίας με αποτέλεσμα να μην είναι πάντα δυνατή η εξέταση όλων των μεταβλητών που ενδιαφέρουν την έρευνα.
- είναι πιθανό να εμφανίζεται ισχυρός συσχετισμός μεταξύ επεξηγηματικών μεταβλητών που παρουσιάζουν ενδιαφέρον (π.χ. χρόνος, κόστος ταξιδιού), γεγονός που καθιστά δύσκολο τον υπολογισμό των συντελεστών του μαθηματικού προτύπου.
- δεν είναι δυνατή η χρήση τους για την αξιολόγηση υποθετικών καταστάσεων
- προϋποθέτει ότι οι επεξηγηματικές μεταβλητές μπορούν να εκφραστούν σε απόλυτες μονάδες και επομένως η χρήση της συνήθως περιορίζεται στη συλλογή στοιχείων για αρχικού ενδιαφέροντος μεταβλητές (π.χ. χρόνος, κόστος ταξιδιού)και όχι στην αξιολόγηση της επίδρασης αλλαγών αναφορικά με δευτερεύουσες μεταβλητές (π.χ. ανέσεις σταθμού, σχεδιασμός θέσεων στο μέσο μεταφοράς).

Συνεπώς, η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης, τόσο λόγω της μεγαλύτερης ευελιξίας της ως προς τη δυνατότητα κατεύθυνσης του ερωτώμενου προς το πεδίο ενδιαφέροντος του ερευνητή και εξέτασης μεγαλύτερου αριθμού μεταβλητών, όσο λόγω του χαμηλού κόστους και σύντομου χρόνου πραγματοποίησή της, θεωρείται καταλληλότερη εν τέλει για την πραγματοποίηση κυκλοφοριακών μελετών σε σχέση με τη μέθοδο της αποκαλυφθείσας προτίμησης.

Ως **μειονέκτημα της μεθόδου της δεδηλωμένης προτίμησης,** αποτελεί το γεγονός ότι στις αντίστοιχες έρευνες με τη μέθοδο αυτή, πολλές φορές, οι ερωτώμενοι άλλο δηλώνουν -στο υποθετική σενάριο που τους παρατίθεται- και άλλο πράττουν, γεγονός που ανάλογα με το αντικείμενο της έρευνας, επιβάλει την επαλήθευση των αποτελεσμάτων της και με κάποια άλλη (αποτελέσματα εφαρμογής σε παρόμοιες συνθήκες). Σύμφωνα δε με τους Lin et al (1986) και Vander Hoorn et al (1984), θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων τέτοιου είδους μελετών γιατί όπως έχει αποδειχθεί οι κάτοικοι του δυτικού κόσμου έχουν την τάση να μεγαλοποιούν τις απαντήσεις τους όταν αντιλαμβάνονται ότι παίρνουν μέρος σε κάποιο πείραμα. Το μειονέκτημα αυτό μετριάζεται στην περίπτωση που το αντικείμενο της έρευνας αποτελεί η εκτίμηση της σχετικής βαρύτητας ορισμένων παραγόντων και όχι ο υπολογισμός απολύτων μεγεθών.

Γενικότερα ωστόσο, όταν απαιτείται εκτίμηση απόλυτων μονάδων 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.

Η μέθοδος της Δεδηλωμένης Προτίμησης χρησιμοποιείται ευρέως για την αποτίμηση μη οικονομικών αγαθών. Πρόσφατα χρησιμοποιείται στα οικονομικά στον τομέα της υγείας και της κυκλοφορίας. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε ως εργαλείο για τις μελέτες της επιστήμης του Marketing στις αρχές της δεκαετίας του 1970 (Kroes, Sheldon 1986), ενώ άρχισε να χρησιμοποιείται ευρύτατα από το 1978 (Green και Srinirasan 1978). Οι πρώτες διεθνείς δημοσιεύσεις γίνανε το 1981, 1982 από τους Steer και Philips (1985) καθώς και των Person και Maier et al (1989), οι οποίοι χρησιμοποίησαν τη Δεδηλωμένη Προτίμηση για τον υπολογισμό της Π.Ν.Π..

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:

- ✓ Για τη σωστή και αποτελεσματική λειτουργία των συστημάτων καταγραφής δεδομένων, απαιτείται **σύνδεση με Η/Υ** ώστε να αποθηκεύονται και να επεξεργάζονται άμεσα οι πληροφορίες.

- ✓ Οι πληροφορίες αυτές σχετίζονται με τον **τρόπο οδήγησης** του οδηγού (ταχύτητα, επιτάχυνση, επιβράδυνση, απόσταση με τα υπόλοιπα αυτοκίνητα κτλ.) καθώς και με τα **μηχανικά χαρακτηριστικά** του οχήματος (κατανάλωση καυσίμων, πίεση ελαστικών κοκ).

- ✓ Είτε πρόκειται για νέους είτε για έμπειρους οδηγούς, όταν υπάρχει **ηχητική ειδοποίηση** εντός του οχήματος σχετικά με κάποια πιθανή παράβαση στην οποία έχουν υποπέσει, εμφανίζεται η τάση να βελτιώνουν άμεσα την οδηγική τους συμπεριφορά.

- ✓ Τα συστήματα αυτά μπορούν να συμβάλλουν όχι μόνο στην βελτίωση της οδικής ασφάλειας και της συμπεριφοράς των οδηγών στο δρόμο, αλλά και στην **έγκαιρη πρόληψη και αντιμετώπιση οδικών ατυχημάτων**.

- ✓ 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.

3. Θεωρητικό υπόβαθρο

3.1 Εισαγωγή

‘’ Occam’s razor describes the problem extremely well – a model should be as simple as possible but not simpler’’

Στο Κεφάλαιο αυτό αναλύονται τα θεωρητικά στοιχεία που αφορούν στη γραμμική παλινδρόμηση ,στη διωνυμικη λογιστική και λογαριθμοκανονική παλινδρόμησή, εντοπίζονται τα κριτήρια αποδοχής ενός μαθηματικού προτύπου καθώς επίσης παρουσιάζεται ο τρόπος που επιτεύχθηκαν τα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης μέσω λειτουργιών του ειδικού στατιστικού λογισμικού.

3.2 Βασικές Έννοιες Στατιστικής

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

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

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

a) **Ποιοτικές μεταβλητές** (qualitative variables): Είναι οι μεταβλητές των οποίων οι δυνατές τιμές είναι κατηγορίες διαφορετικές μεταξύ τους. Η χρήση αριθμών για την παράσταση των τιμών μιας μεταβλητής είναι καθαρά συμβολική αι δεν έχει την έννοια της μέτρησης.

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

- Σε μία **διακριτή** μεταβλητή η μικρότερη μη μηδενική διαφορά που μπορούν να έχουν δύο τιμές της είναι σταθερή ποσότητα, Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο αριθμός μελών της οικογένειας.

- Αντίθετα, σε μία **συνεχή** μεταβλητή δύο τιμές μπορούν να διαφέρουν κατά οποιαδήποτε μικρή ποσότητα. Ως παράδειγμα αναφέρεται η ηλικία για την οποία η διαφορά ανάμεσα σε δύο τιμές θα μπορούσε να είναι χρόνια μήνες ημέρες ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα. Στην πράξη, συνεχής θεωρείται μία μεταβλητή όταν πάρει όλες τις τιμές σε ένα διάστημα, διαφορετικά θεωρείται διακριτή.

Μέτρα κεντρικής τάσης (measuresofcentraltendency): Σε περίπτωση ανάλυσης ενός δείγματος x1, x2,…, xv η **μέση τιμή** υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση :

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_{12} + \cdots + x_n)}{n} = (\frac{1}{n}) \sum_{i=1}^{n} (x_i)$$

Μέτρα διασποράς και μεταβλητότητας (measuresofvariability): Στην περίπτωση όπου τα δεδομένα αποτελούν ένα δείγμα, η **διακύμανση** συμβολίζεται με s^2 και ορίζεται ως:

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

Όπου $\bar{x}$ είναι ο δειγματικός μέσος , δηλαδή η μέση τιμή των παρατηρήσεων του δείγματος.
Η μαθηματική σχέση που δίνει την **τυπική απόκλιση** του δείγματος είναι:

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

Για την περίπτωση συμμετρικά κατανεμημένου δείγματος δεδομένων σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα, προκύπτει ότι :
• το διάστημα (-s, +s) περιέχει περίπου το 68% των δεδομένων
• το διάστημα (-2s, +2s) περιέχει περίπου το 95% των δεδομένων
• το διάστημα (-3s, +3s) περιέχει περίπου το 99% των δεδομένων

Η συνδιακύμανση (covariance of the two variables) αποτελεί ένα μέτρο της σχέσης μεταξύ δύο περιοχών δεδομένων κι δίνεται από τη σχέση*:*

$$\mathrm{cov}\,(\mathrm{X}, \mathrm{Y}) = \frac{1}{\mathrm{n}-1} \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}} (\mathrm{x_i} - \bar{\mathrm{x}})(\mathrm{y_i} - \bar{\mathrm{y}})$$

Μέτρα αξιοπιστίας είναι το **επίπεδο της εμπιστοσύνης** που ορίζεται ως η αναλογία των περιπτώσεων που μια εκτίμηση θα είναι σωστή και το **επίπεδο**

σημαντικότητάς , το οποίο ορίζεται ως η αναλογία των περιπτώσεων που ένα συμπέρασμα είναι εσφαλμένο.

3.3 Συσχέτιση Μεταβλητών -Συντελεστής Συσχέτισης

Έστω X,Y δύο τυχαίες και συνεχείς μεταβλητές. Ο βαθμός της γραμμικής συσχέτισης των δύο μεταβλητών X και Y, οι οποίες έχουν διασπορά $\sigma_\chi{}^2\ \kappa\alpha\iota\sigma_\psi{}^2$ αντίστοιχα και συνδιασπορά σ_{XY} = cov [X,Y] καθορίζεται με τον **συντελεστή συσχέτισης** (correlation coefficient), ο οποίος συμβολίζεται με ρ α ορίζεται ως:

$$\rho = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X}\frac{1}{\sigma_Y}$$

Ο συντελεστής συσχέτισης ρ εκφράζει το βαθμό και τον τρόπο που οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται. Δεν εξαρτάται από τη μονάδα μέτρησης των X και Y και λαμβάνει τιμές στο διάστημα [-1, +1]. Τιμές κοντά στο +1 δηλώνουν ισχυρή θετική συσχέτιση, τιμές κοντά στο -1 δηλώνουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση και τιμές κοντά στο 0 δηλώνουν γραμμική ανεξαρτησία των X και Y.
Η **εκτίμηση** του συντελεστή συσχέτισης ρ γίνεται με την αντικατάσταση στην παραπάνω εξίσωση της συνδιασποράς σ_{XY} και των διασπορών σ_X και σ_Y, από όπου προύπτει τελικά η έκφραση της εκτιμήτριας r:

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

3.4 Βασικές Κατανομές

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

3.4.1 Κανονική Κατανομή

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

$$F(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{\frac{(x-m)^2}{2s^2}}$$

Όπου m και s είναι σταθερές ίσες με ην μέση τιμή και την τυπική απόκλιση αντίστοιχα.

3.4.2 Κατανομή Poisson

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

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

Όπου x=0,1,2,3…. Και x! = x·(x-1)·…·3·2·1

Η μέση τιμή κα η διασπορά κατά Poisson είναι E{x} =μ και σ²{x} =μ 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).

3.4.3 Αρνητική Διωνυμική Κατανομή

Πολύ σημαντική κατανομή που χρησιμοποιείται στην οδική ασφάλεια είναι επίσης η αρνητική διωνυμική κατανομή. Η χρήση της κατανομής αυτής ενδείκνυται για περιπτώσεις όπου η διακύμανση των στοιχείων του δείγματος είναι μεγαλύτερή από το μέσο όρο. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί σε φαινόμενα που εμφανίζουν περιοδικές μεταβολές (όπως για παράδειγμα ο αριθμός αφίξεων οχημάτων που αφορούν σε μικρά χρονικά διαστήματα (πχ 10 sec) σε κάποιο σημείο μετά από φωτεινό σηματοδότη. Μία τυχαία μεταβλητή X θεωρείται ότι ακολουθεί την αρνητική διωνυμική κατανομή με παραμέτρουςk , p (k: θετικός ακέραιος, 0<p<1), και γράφεται X~NB(k, p), όταν έχεισυνάρτηση τη μάζα πιθανότητας την:

$$P(x) = \binom{X + K - 1}{X} p^K (1 - p)^X$$

Όπου X=0,1,2,3….

Μία συνήθης πρακτική στον έλεγχο στατιστικών υποθέσεων, είναι ο υπολογισμός της τιμής της πιθανότητας p (probability-valueή p-value). Η πιθανότητα ρείναι το μικρότερο επίπεδο σημαντικότητας α που οδηγεί στην

απόρριψή της μηδενικής υπόθεσης H_0έναντι τη εναλλακτικής H_1. Είναι μία σημαντική τιμή, διότι ποσοτικοποιεί τη στατιστική απόδειξη που υποστηρίζει την εναλλακτική υπόθεση. Γενικά, όσο πιο μικρή είναι η τιμή της πιθανότηταςp, τόσο περισσότερες είναι οι αποδείξεις για τη απόρριψή της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της εναλλακτικής H_1. Εάν η τιμή ρείναι μικρότερη ή ίση του επιπέδου σημαντικότητας α, τότε η μηδενική υπόθεση H_0 απορρίπτεται.

3.5 Μαθηματικά Πρότυπα

3.5.1. Γραμμική Παλινδρόμηση

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

Με τον όρο **εξαρτημένη μεταβλητή** εννοείται η μεταβλητή της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ ο όρος **ανεξάρτητη μεταβλητή** αναφέρεται σε εκείνη την μεταβλητή, η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψή της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δε θεωρείται τυχαία αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές. Μεταβλητή αντίθετα, θεωρείται τυχαία και ‘’καθοδηγείται’’ από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Προκειμένου να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή ένας συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών προκαλεί τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων. Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μία στατιστική διαδικασία που συμβάλει στην ανάπτυξη εξισώσεων που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ των ανεξαρτήτων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Επισημαίνεται ότι η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης του μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει συνεχείς η διακριτές τιμές.

Στη περίπτωση που **η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές μέγεθος** και ακολουθεί κανονική κατανομή χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης, της οποίας η πιο απλή περίπτωση είναι η απλή γραμμική **παλινδρόμηση** (simple linear regression. Στην **απλή γραμμική παλινδρόμηση** πάρει μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή Χ και μία εξαρτημένη μεταβλητή Υ, η οποία προσεγγίζεται ως μία γραμμική συνάρτηση του Χ. Η τιμή yi της μεταβλητής Υ, για κάθε τιμή της xiτης μεταβλητής Χ, δίνεται από τη σχέση:

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

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

• Οσταθερός όρος α είναι η τιμή του y για x =0

• Ο συντελεστής β του χείναι η κλίση (slope) της ευθείας ή αλλιώς ο **συντελεστής παλινδρόμησης** (regression coefficient). Εκφράζει την μεταβολή της μεταβλητής Y όταν η μεταβλητή X μεταβληθεί κατά μία μονάδα.

Η τυχαία μεταβλητή ε_iλέγεται **σφάλμα παλινδρόμησης** (regressionerror) και ορίζεται ως η διαφορά της yiαπό τη δεσμευμένη μέση τιμή E(Y| X = x_i) όπου E(Y| X = x_i) = α + βx_i .Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνονται οι παρακάτω υποθέσεις:

• Ημεταβλητή X είναι ελεγχόμενη για το πρόβλημα υπό μελέτη, δηλαδή είναι γνωστές οι τιμές της χωρίς καμία αμφιβολία.

• Η εξάρτηση της Y από τη X είναι γραμμική

•Το σφάλμα παλινδρόμησης έχει μέση τιμή μηδέν για κάθε τιμή της X αι η διασπορά του είναι σταθερή και δεν εξαρτάται από τη X, δηλαδή E(ε_i)=0 και Var(ε_i)=σε².

Οι παραπάνω υποθέσεις γραμμική σχέση και σταθερή διασπορά αποτελούν χαρακτηριστικά πληθυσμών με κανονική κατανομή. Με αυτόν τον τρόπο συνήθως σε προβλήματα γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται η υπόθεση ότι η δεσμευμένη κατανομή της Y είναι κανονική.

Σε περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή Y <u>εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές</u> X (X_1, X_2,, X_3,…, X_ν,) 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:

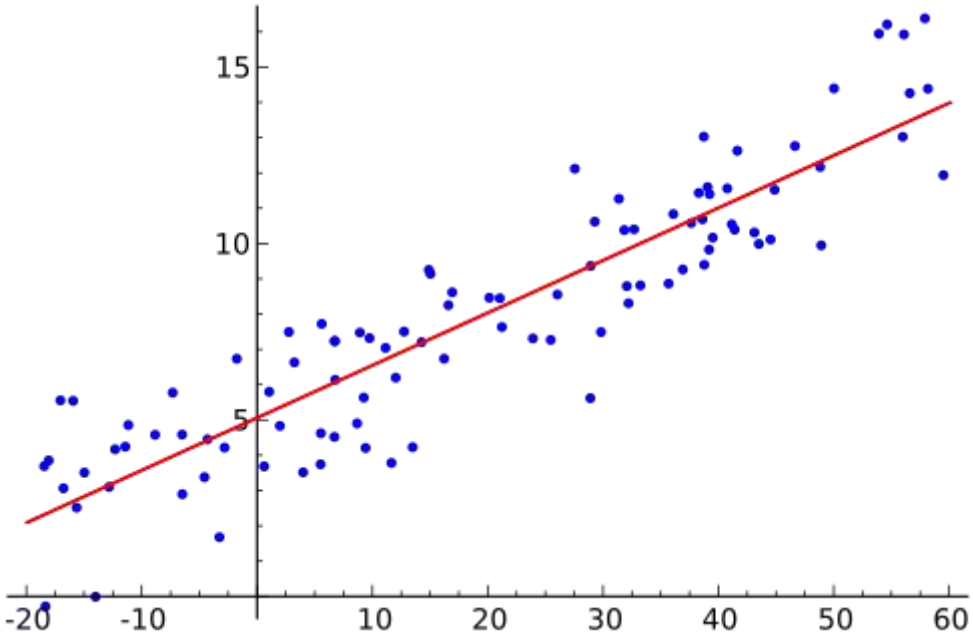
$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \cdots + \beta_\nu x_{\nu i} + \varepsilon_i$$

Οι **υποθέσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης** είναι ίδιες με εκείνες της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, δηλαδή υποθέτει κανείς ότι τα σφάλματα είτης 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 δ διαφέρει ουσιαστικά από εκείνο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Ένα καινούργιο στοιχείο στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι ότι πριν προχωρήσει κανείς στην εκτίμηση των παραμέτρων πρέπει να ελέγξει αν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητές μεταβλητές στο μοντέλο. Εκείνο που απαιτείται να εξασφαλιστεί είναι η μηδενική συσχέτιση των ανεξαρτήτων μεταβλητών, δηλαδή θα πρέπει να ισχύει:

$$\rho(X_i, X_j)\ i \neq j \rightarrow 0$$

3.5.1.1 Μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων

Η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται με τη **μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων** (least squares method). Σύμφωνα με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, ο προσδιορισμός των συντελεστών β_i δίνει μία προσεγγιστική ευθεία παλινδρόμησης της Y πάνω στη X. Σκοπός είναι το άθροισμα των τετραγώνων των κατακόρυφων αποστάσεων των σημείων (X,Y) από την ευθεία να είναι ελάχιστο. Παρακάτω δίνεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα της ευθείας ελαχίστων τετραγώνων.



Διάγραμμα 3.1 : Ευθεία ελαχίστων τετραγώνων

3.5.2 Λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης

Στα μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης που αναφέρθηκαν παραπάνω, ισχύει η προϋπόθεση ότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής. Στην περίπτωση που **η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή**, εφαρμόζεται **η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης.** Η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψής και ταξινόμησης. Είναι δυνατή η έκβαση μια κατηγορικής μεταβλητής με δύο κατηγορίες με τη χρήση ενός συνόλου συνεχών και διακριτών μεταβλητών. Σε αντίθεση με τη γραμμική παλινδρόμηση, η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η πιθανότατα έκβαση του αποτελέσματος να ισούται με 1. Χρησιμοποιείται ο νεπέριος λογάριθμος για την πιθανότητα ή το λόγο πιθανοφάνειας(likelihood ratio), η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι 1 σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$Y = \mathrm{logit}(P) = \ln\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = B_o + B_i\, x_i$$

όπου B_o: η σταθερά του μοντέλου

B_i : οι παραμετρικές εκτιμήτριες για τις ανεξάρτητες μεταβλητές ($x_i = 1,2, \dots n$) και
n: το σύνολο των εξαρτημένων μεταβλητών

Η πιθανότητα κυμαίνεται από 0 έως 1, ενώ ο νεπέριος λογάριθμος $\ln\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right)$ λαμβάνει τιμές από -∞ έως +∞. Όταν οι πιθανές κατηγορίες της εξαρτημένης μεταβλητής είναι δύο, η ανάλυση ονομάζεται **διωνυμική** λογιστική παλινδρόμηση (binary logistic regression), ενώ σε περίπτωση πλήθους κατηγοριών περισσότερων των δύο χρησιμοποιείται η **πολυωνυμική** λογιστική παλινδρόμηση(multinomial logistic regression).

Η λογική της λογιστικής παλινδρόμησης είναι παρόμοια με εκείνη της γραμμικής (πολλαπλής) παλινδρόμησης, με τη διαφορά ότι επειδή η εξαρτημένη μεταβλητή είναι κατηγορική, δεν προβλέπονται τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής, αλλά ταξινόμηση σε μία εκ των (δύο) κατηγοριών της (group membership).

Τα μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης υπολογίζουν **την καμπυλόγραμμη σχέση** ανάμεσα στην κατηγορική επιλογή Y και στις μεταβλητές X_iοι οποίες μπορεί να είναι συνεχείς ή διακριτές. Η καμπύλη της λογιστικής παλινδρόμησης είναι προσεγγιστικά γραμμική στις μεσαίες τιμές και λογαριθμική στις ακραίες τιμές. Με απλό μετασχηματισμό της παραπάνω σχέσης οδηγούμαστε στην εξής νέα σχέση:

$$\frac{P_i}{1-P_i} = e^{B_o + B_i x_i}$$

Ηθεμελιώδης εξίσωση για την λογιστική παλινδρόμηση δείχνει ότι όταν μία τιμή μίας ανεξάρτητης αυξηθεί κατά μία μονάδα και όλες οι υπόλοιπες παραμείνουν σταθερές, **ο νέος λόγος πιθανοφάνειας** $\frac{P_i}{1-P_i}$ δίδεται από τη σχέση:

$$\frac{P_i}{1-P_i} = e^{B_o + B_i x_i + 1} = e^{B_o} e^{B_i} e^{B_i}$$

Έτσι παρατηρείται ότι όταν η εξαρτημένη μεταβλητή X_i αυξηθεί κατά μία μονάδα, με όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές να παραμένουν σταθερές, η πιθανότητα αυξάνεται κατά ένα συντελεστή e^{B_i}.

3.5.3 Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση

Μέσω της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης** (lognormal regression) δίνεται η δυνατότητα ανάπτυξης ενός μοντέλου που συσχετίζει δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Η σχέση που συνδέει την εξαρτημένη με τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι γραμμική. Στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση οι συντελεστές των μεταβλητών του μοντέλου είναι οι συντελεστές της γραμμικής παλινδρόμησης. Υπολογίζονται από την ανάλυση της παλινδρόμησης με βάση την αρχή των ελαχίστων τετραγώνων.

Η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση βασίζεται στην υπόθεση ότι τα στοιχεία που περιέχονται στη βάση δεδομένων είναι μη αρνητικά, ο φυσικός λογάριθμο της ανεξάρτητης μεταβλητής ακολουθεί την κανονική κατανομή και ο αριθμητικός μέσος είναι σχετικά μεγάλος. Η μαθηματική σχέση που περιγράφει τη μέθοδο αυτή είναι η εξής:

$$\log(y_i) = b_o + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + \cdots + b_kx_{ki} + \varepsilon_i$$

Όπου y: η εξαρτημένη μεταβλητή
$b_o, b_1, \ldots, b_k$: οι συντελεστές μερικής παλινδρόμησης
$x_{1i}, x_{2i}, \ldots, x_{ki}$: οι εξαρτημένες μεταβλητές και
ε_i: το σφάλμα παλινδρόμησης

3.6 Διαδικασία Ανάπτυξης και Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο εδάφιο, κάθε μοντέλο που αναπτύσσεται, για να θεωρηθεί αποδεκτό πρέπει να πληροί κάποιες βασικές προϋποθέσεις. Αρχικά πρέπει να ισχύει η **κανονικότητα**, Βάσει της προϋπόθεσης αυτής, απαιτείται οι τιμές της μεταβλητής να ακολουθούν κανονική κατανομή.

• Μη συσχέτιση των ανεξαρτήτων μεταβλητών

Βασική προϋπόθεση είναι η μη συσχέτιση των ανεξαρτήτων μεταβλητών. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους, δηλαδή να ισχύει $\rho(x_i, x_j) i \neq j \rightarrow 0$γιατί διαφορετικά δε είναι δυνατη η εξακρίβωση της επιρροής της κάθε μεταβλητής στο αποτέλεσμα. Αν δηλαδή σε ένα μοντέλο εισάγονται δύο μεταβλητές που σχετίζονται αρκετά μεταξύ τους, εμφανίζονται προβλήματα μεροληψίας και επάρκειας.

• Λογική ερμηνεία των προσήμων

Σημαντικό κριτήριο για τη αποδοχή ενός μοντέλου μετά τη διαμόρφωση ου είναι οι τιμές και τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησηςβ. Πρέπει αρχικά να υπάρχει λογική ερμηνεία των πρόσημων τους. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντίθετα, αρνητικό πρόσημο επιφέρει μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης.

• Κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας (LikelihoodRatioTest-LRT)

Σημαντικό ρόλο την επιλογή των μεταβλητών των μοντέλων της λογιστικής παλινδρόμησης παίζει η πιθανοφάνεια. Για την εκτίμηση της επιρροής των παραμέτρων β χρησιμοποιείται η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας. Για να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια επιχειρείται ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας L=-likelihoodνα είναι όσο το δυνατόν μικρότερος, καθώς προτιμώνται μοντέλα με μικρότερο λογάριθμο της συνάρτησης πιθανοφάνειας. Μοντέλα που περιέχουν πολλές μεταβλητές είναι περισσότερο σύνθετα και χρειάζεται ένας κανόνας να αποφασίζει αν η μείωση του λογαρίθμου τη πιθανοφάνειας αξίζει την αυξημένη πολυπλοκότητα και για το σκοπό αυτό

χρησιμοποιείται το LikelihoodRatioTest (LRT) ή αλλιώς κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας.

Σύμφωνα με το συγκεκριμένο κριτήριο αν ισχύει :

$$\mathrm{LRT} = -2\big(\mathrm{L(b)} - \mathrm{L(0)}\big) > \mathrm{x^2}_{\mathrm{b,0.05}}$$

Όπου :
• $L(b)$ είναι ο λογάριθμος πιθανοφάνειας του μοντέλου με τις bμεταβλητές
• $L(0)$ είναι ο λογάριθμος πιθανοφάνειας του μοντέλου χωρίς τις bμεταβλητές
• $x^2_{b,0.05}$ η τιμή του κριτηρίου x² για bβαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Το μοντέλο είναι στατιστικά προτιμότερο από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές και γίνονται δεκτές οι μεταβλητές ως σημαντικές. Επισημαίνεται ότι οι διακριτές μεταβλητές με κατηγορίες kέχουν k-1 βαθμούς ελευθερίας, ενώ ι συνεχείς έχουν πάντοτε ένα βαθμό ελευθερίας.

• **Στατιστική αξιολόγηση των παραμέτρων**

Η στατιστική αξιολόγηση των παραμέτρων πραγματοποιείται μέσω του ελέγχου t-test (κριτήριο της κατανομής Student). Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατό να διαπιστωθεί αν οι παράμετροι που υπολογίστηκαν διαφέρουν σημαντικά από το 0, να προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητά των ανεξαρτήτων μεταβλητών και να καθορίζονται ποιες μεταβλητές τελικά θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Ο συντελεστής tεκφράζεται από τη σχέση:

$$\mathrm{t_{stat}} = \frac{\beta_i}{\mathrm{s.e}}$$

Όπου s.e: το τυπικό σφάλμα των σταθερών παραμέτρων (standarderror)
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 παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές του t_{stat} για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης.

Πίνακας 3.1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t

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

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα για ένα δείγμα περί τα 80 και επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι t*=1,671 και για επίπεδο εμπιστοσύνης 90% είναι t*=1,3. Έτσι αν για παράδειγμα μια μεταβλητή έχει τιμή t* ίση με -3.8, η απόλυτη τιμή της τιμής teίναι 3.8, δηλαδή μεγαλύτερη από 1,671 κι επομένως η μεταβλητή είναι αποδεκτή και στατιστικά σημαντική για το 95% των περιπτώσεων.
Όσον αφορά στα μοντέλα λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης, ισχύει ότι και την απλή γραμμική παλινδρόμηση, με τη διαφορά ότι στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης το αντίστοιχο t-testέχει την ονομασία Wald. Η τιμή του Wald για κάθε μεταβλητή πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1,7, όπως ακριβώς ισχύει και για τον συντελεστή t.

• Συντελεστής προσαρμογής R^2

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

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

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

Τα αρχικά SSRκαι SSTέχουν προέλθει από τις φράσεις υπόλοιπο άθροισμα τετραγώνων (ResidualSumofSquares) και συνολικό άθροισμα τετραγώνων (TotalSumofSquares) αντίστοιχα. Με $\hat{y}$ συμβολίζεται η προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής από της ανεξάρτητης.

Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από τη μεταβλητή X. Λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο οντά 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 R^2 που είναι αποδεκτή ή απορριπτέα, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή R^2. Ο συντελεστής R^2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο ισχυρότητας της γραμμικής σχέσης ανεξάρτητα από το αν το X παίρνει καθορισμένες τιμές ή αν είναι τυχαία μεταβλητή.

•Ελαστικότητα

Η ελαστικότητα αντικατοπτρίζει την **ευαισθησία** μιας εξαρτημένης μεταβλητής στην μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξαρτήτων μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα η τιμή της ελαστικότητας ερμηνεύεται ως το ποσοστό επί τοις εκατό της μεταβολής της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλείται από μία μεταβολή της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά 1%. Η ελαστικότητα, για γραμμικά πρότυπα, δίδεται από τη σχέση:

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

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

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

Όπου:

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

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

•να ακολουθεί κανονική κατανομή
• να έχει σταθερή διασπορά, Var(ε_i)=σ_ε^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 ου σφάλματος, δηλαδή τόσο καλύτερη είναι η πρόβλεψη που βασίζεται στην ευθεία παλινδρόμησης.

3.7 Λειτουργία του Ειδικού Στατιστικού Λογισμικού

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση ειδικού στατιστικού λογισμικού. Χρησιμοποιείται η εντολή Analyzeγια αυτήν την ανάλυση. Η εντολή περιλαμβάνει τις παρακάτω επιλογές:

•**Descriptive Statistics:** Διαδικασίες για την παραγωγή περιγραφικών αποτελεσμάτων. Εδώ βρίσκεται η επιλογή Options. Πρόκειται για χρήσιμες στατιστικές περιγραφικές συναρτήσεις (μέσος, τυπική απόκλιση, μέγιστο, ελάχιστο).

•**Correlate:** Η διαδικασία που μετράει τη συσχέτιση ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών. Από εδώ επιλέγεται η εντολή Bivariate correlations. Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο Variables και χρησιμοποιείται ο συντελεστης συσχέτισης **Pearson** αν πρόκειται για συνεχείς μεταβλητές και ο συντελεστής συσχέτισης **Spearman** αν πρόκειται για διακριτές μεταβλητές.

• **Regression**: Η διαδικασία εκτελεί διάφορα είδη αναλύσεων παλινδρόμησης. Λόγω της φύσης των εξαρτημένων μεταβλητών, **επιλέχθηκε η γραμμική παλινδρόμηση** (linear regression). Η μεταβλητή που ενδιαφέρει εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές με τις οποίες θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο Factor(s) αν είναι διακριτές ή στο πλαίσιο Covariate(s) αν είναι συνεχείς. Στο πλαίσιο Method μπορεί να επιλεγεί μία μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών. Αυτή συνήθως αφήνεται Enter που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όσες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Covariate(s) με τη σειρά που αναγράφονται εκεί, αν και δοκιμάστηκαν κι άλλες μέθοδοι.

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

<u>Επιδιώκεται:</u>

• Οι τιμές και τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης $\boldsymbol{\beta_i}$να μπορούν να εξηγηθούν λογικά.
• Ο **σταθερός όρος** της εξίσωσης, που εκφράζει το σύνολο των παραμέτρων που δε λήφθηκαν υπόψη, να είναι κατά το δυνατό μικρότερος.
• Η τιμή του στατιστικού ελέγχου **Wald** να είναι μεγαλύτερη από την τιμή 1,7 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και το επίπεδο σημαντικότητας να είναι μικρότερο από 5%.
• Τα τελικά μοντέλα να έχουν όσο το δυνατόν χαμηλότερο **LRT**, ειδικά σε σχέση με τα αρχικά (μοντέλα χωρίς μεταβλητές).
• Ο συντελεστής συσχέτισης $\mathbf{R^2}$ να είναι κατά το δυνατόν μεγαλύτερος.

4. Συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων

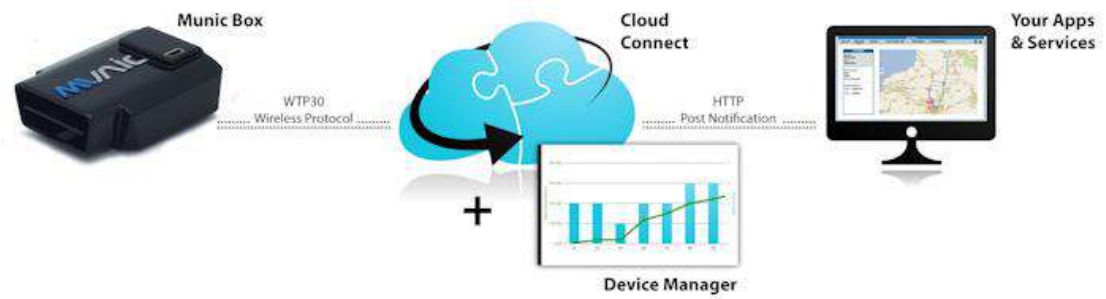
4.1 Εισαγωγή

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία έχει ως σκοπό τη διερεύνηση της δεδηλωμένης και αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού με χρήση διαγνωστικών στοιχείων του οχήματος. 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 ης διαδικασίας αυτής έτσι ώστε να δοθεί μία πλήρης εικόνα για την ποιότητα και αξιοπιστία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν.

4.2 Συλλογή στοιχείων

Όλα τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για τη διερεύνηση της δεδηλωμένης και αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού προέρχονται από μία συσκευή που βρίσκεται εντός του οχήματος και είναι συνδεδεμένη με την κεντρική ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Πρόκειται για ένα μηχάνημα διαστάσεων 27 x 48 x 49.5 cm το οποίο στέλνει μέσω των δικτυών κινητής τηλεφωνίας (με ή χωρίς κινητό τηλέφωνο) άμεσα πληροφορίες σχετικά με την οδήγηση του χρήστη στην κεντρική βάση δεδομένων (συνήθως cloud) για την περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυσή τους.



Εικόνα 4.1: Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας συστήματος [Πηγή: munic.box]

Η σύνδεση μεταξύ της ενσωματωμένης συσκευής στο όχημα και του Cloud Connect (υπηρεσία αποθήκευσης δεδομένων στο διαδίκτυο, όπου αποκτάς πρόσβαση μέσω δημιουργίας λογαριασμού) γίνεται μέσω ενός προηγμένου πρωτοκόλλου το οποίο επιτρέπει συνεχή και σε πραγματικό χρόνο μεταφορά

των δεδομένων, συμπίεση όλων των αρχείων και βελτιωμένη διαχείριση των δεδομένων παρακολούθησης του οδηγού.

Τα σύγχρονα οχήματα περιλαμβάνουν ένα περίπλοκο σύστημα ελέγχου του οχήματος (OBD – On Board Diagnostics) το οποίο είναι σε θέση να μας παρέχει όποια πληροφορία χρειάζεται σχετικά με το όχημα, όπως η χρήση ζωνών ασφαλείας, η εκπομπή ρύπων, η πίεση των ελαστικών κτλ. Επιπρόσθετα, το εν λόγω μηχάνημα δίνει τη δυνατότητα να πάμε ένα βήμα παραπέρα από το πρότυπο OBD και αποθηκεύοντας όλα τα δεδομένα που προκύπτουν από τη χρήση του οχήματος από τον οδηγό, είναι δυνατό να επεξεργαστούν καταλλήλως και να εκτιμηθεί η δεδηλωμένη και αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού, το οποίο αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

4.3 Επεξεργασία στοιχείων

4.3.1. Διαμόρφωση Δεδομένων

Αρχικά συλλέχθηκαν οι **απαντήσεις** που έδωσαν **17 οδηγοί** στα ερωτηματολόγια που παρείχε ο Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής. Πιο συγκεκριμένα οι οδηγοί έδωσαν πολύτιμες πληροφορίες όπως ηλικία, φύλο, ετήσιο εισόδημα, 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 **δεδηλωμένης 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
- Οδηγώ υπό την επήρεια αλκοόλ
- Οδηγώ επικίνδυνα για εμένα και τους άλλους
- 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 (Εικόνα 4.3) και η αποκωδικοποίηση των απαντήσεων διαμορφώθηκε στο ίδιο Excel σε άλλο φύλο (Εικόνα 4.4).

Q0.1	Q0.4	Q0.5	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13
D1	51	1	32	2	1983	2029	2	2	7	3	2	3	2	3	1
D2	31	1	12	1	2002	2042	2	5	7	4	2	4	2	3	1
D3	37	2	15	1	18	-	2	3	6	2	1	2	1	3	1
D4	32	1	13	1	2003	2048	2	3	4	3	3	2	3	6	1
D5	29	1	11	1	2004		2	5	6	4	1	3	2	4	1
D6	28	1	10	1			2	5	7	5	2	2	3	5	1
D7	35	1	16	2	2000	2046	2	4	7	3	5	2	4	5	2
D8	35	1	17	1	1998	2045	2	2	7	2	0	2	1	2	2
D9	34	1	16	1	2000	2029	2	4	7	5	0	4	1	4	1
D10	28	1	3	1	2010	2052	2	2	7	1	0	2	2	2	1
D11	31	1	13	1	2003	2050	2	4	5	5	1	2	2	5	1
D12	34	1	16	1	1999	-	2	2	4	3	1	2	1	3	1
D13	37	1	19	1	1996	2043	2	4	4	0	0	1	2	2	1
D15	38	2	20	1	1995	-	2	1	6	3	1	4	1	3	2
D16	31	1	13	1	2003	2049	2	5	4	4	2	4	2	5	1
D17	31	1	10	1	2008	2050	1	3	7	4	1	4	1	4	1
D18	24	1	6.5	1	2009	2056	2	2	6	2	1	3	1	2	1

Εικόνα 4.2: Απόσπασμα δεδομένων σε αρχείο Excel

Κωδικός	Κατηγορία	Ερώτηση	0	1	2	3	4	5
Q0.5	Γενικά	Φύλο		1=άντρας	2=γυναίκα			
Q1	Οδηγική εμπειρία	Πόσα χρόνια οδηγείτε	number					
Q2	Οδηγική εμπειρία	Σας αρέσει η οδήγηση		1=ναι	2=όχι			
Q3	Οδηγική εμπειρία	Πότε αποκτήσατε την άδεια οδήγησης σας	Year					
Q4	Οδηγική εμπειρία	Πότε λήγει η άδεια οδήγησης σας	Year					
Q5	Οδηγική εμπειρία	Είσαστε ή ήσασταν επαγγελματίας οδηγός		1=ναι	2=όχι			
Q6	Οδηγική εμπειρία	Πόσα χιλιόμετρα ανά έτος εκτιμάτε ότι διανύετε ως οδηγός		<5000	5001-10000	10001-15000	15001-20000	>20000

Εικόνα 4.3 : Απόσπασμα αποκωδικοποίησης απαντήσεων σε μορφή Excel

Παράλληλα, για κάθε ημέρα που ο κάθε οδηγός χρησιμοποίησε το **μηχάνημα** καταγράφηκαν δεδομένα ανά δευτερόλεπτο (second -based data) και στάλθηκαν στη συνδεόμενη συσκευή σε μορφή αρχείου csv.

CSV είναι αρχεία στα οποία αποθηκεύονται μέσα τους δεδομένα ‘’τύπου πίνακα’’. Είναι στην ουσία αρχεία που περιέχουν δεδομένα που περιέχουν πολλαπλά πεδία με μία ή περισσότερες τιμές για κάθε τέτοιο πεδίο, όπως συμβαίνει με έναν πίνακα excel, πχ με πολλαπλές γραμμές και στήλες. Το csv είναι τα αρχικά των λέξεων Comma Separated Values που υποδηλώνει μία σειρά μεταβλητών με τιμές μέσα τους χωρισμένες με ένα κόμμα.

Για τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, τα δεδομένα αποθηκεύονταν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

359006055918613-2016-02-23-00-00-00-201

FILE HOME INSERT PAGE LAYOUT FORMULAS DATA REVIEW VIEW

B27 1456237038

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	imei	Recorded	Date Time	Device Ev	Latitude	Longitude	Accuracy	Heading	Speed	True_Hea	x
2	3.59E+14	1.46E+09	16:52.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
3	3.59E+14	1.46E+09	16:53.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
4	3.59E+14	1.46E+09	16:54.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
5	3.59E+14	1.46E+09	16:55.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
6	3.59E+14	1.46E+09	16:56.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
7	3.59E+14	1.46E+09	16:57.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
8	3.59E+14	1.46E+09	16:58.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
9	3.59E+14	1.46E+09	16:59.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
10	3.59E+14	1.46E+09	17:00.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
11	3.59E+14	1.46E+09	17:01.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
12	3.59E+14	1.46E+09	17:02.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
13	3.59E+14	1.46E+09	17:03.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
14	3.59E+14	1.46E+09	17:04.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
15	3.59E+14	1.46E+09	17:05.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
16	3.59E+14	1.46E+09	17:06.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
17	3.59E+14	1.46E+09	17:07.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
18	3.59E+14	1.46E+09	17:08.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535
19	3.59E+14	1.46E+09	17:09.0		37.97879	23.77462	10	-1	0	307.6772	0.02535

Εικόνα 4.4: Απόσπασμα αρχικού αρχείου csv

Για τη διερεύνηση της αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού η πιο σημαντική ίσως πληροφορία που παρείχε το μηχάνημα 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 μηχάνημα την κατέγραφε και μας έδινε παράλληλα την τιμή της επιτάχυνσης (ή επιβράδυνσης) στο σημείο αυτό.

Για την ευχερέστερη ανάγνωση κι επεξεργασία των στοιχείων, κρίθηκε απαραίτητη η μετατροπή των σε αρχείο Excel. Στη συνέχεια, έγινε σύμπτυξη αυτού του Excel με το αρχικό, ώστε να είναι συγκεντρωμένα τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από τα ερωτηματολόγια με εκείνα από το μηχάνημα (Εικόνα4.5).

Q43	Q44	10 - HB	11 - HA	12 - HCL	13 - HCR	Distance (km)	10 - HB / 100km	11 - HA / 100km
5	5	1505	1391	0	0	1949	77.219	71.370
5	5	2809	2944	0	0	5919	47.457	49.738
5	5	1552	1969	938	1148	4945	31.385	39.818
5	3	569	627	0	0	5934	9.589	10.566
5	5	710	572	0	0	1393	50.969	41.062
5	5	1972	2516	0	0	4187	47.098	60.091
4	2	1511	2826	0	0	3585	42.148	78.828
5	5	1425	2050	0	0	1507	94.559	136.032
5	5	1055	1846	0	0	2524	41.799	73.138
5	5	1346	666	0	0	1607	83.759	41.444
5	4	1870	1719	0	0	3895	48.010	44.134
5	5	801	869	0	0	969	82.663	89.680
5	5	362	642	0	0	995	36.382	64.523
4	4	1366	972	0	0	2026	67.423	47.976
5	5	228	151	0	0	786	29.008	19.211
5	5	129	132	0	0	212	60.849	62.264
5	5	337	189	0	0	274	122.993	68.978

Εικόνα 4.5: Απόσπασμα απαντήσεων ερωτηματολογίων και διαγνωστικών στοιχείων οχήματος σε μορφή Excel

Τα διαγνωστικά στοιχεία του οχήματος (**OBD)** παρατίθενται επιγραμματικά παρακάτω:

- Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων
- Αριθμός απότομων επιταχύνσεων
- Αριθμός απότομων στροφών στα δεξιά
- Αριθμός απότομων στροφών στα αριστερά
- Διανυόμενα χιλιόμετρα
- Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων ανά 100 χλμ.
- Αριθμός απότομων επιταχύνσεων ανά 100 χλμ.
- Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων ή επιταχύνσεων με ταχύτητα κίνησης μικρότερη των 50km/h κατά την **έναρξη** του συμβάντος
- Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων ή επιταχύνσεων με ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90 km/h κατά την **έναρξη** του συμβάντος
- Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων ή επιταχύνσεων με ταχύτητα κίνησης μεγαλύτερη των 90km/h κατά την **έναρξη** του συμβάντος
- Ο αριθμός των απότομων φρεναρισμάτων με τιμή επιτάχυνσης μικρότερη των 0.24 $\frac{m}{s^2}$ στην αιχμή του συμβάντος.
- Ο αριθμός των απότομων φρεναρισμάτων με τιμή επιτάχυνσης μικρότερη των 0.28 $\frac{m}{s^2}$ στην αιχμή του συμβάντος. Κλπ.

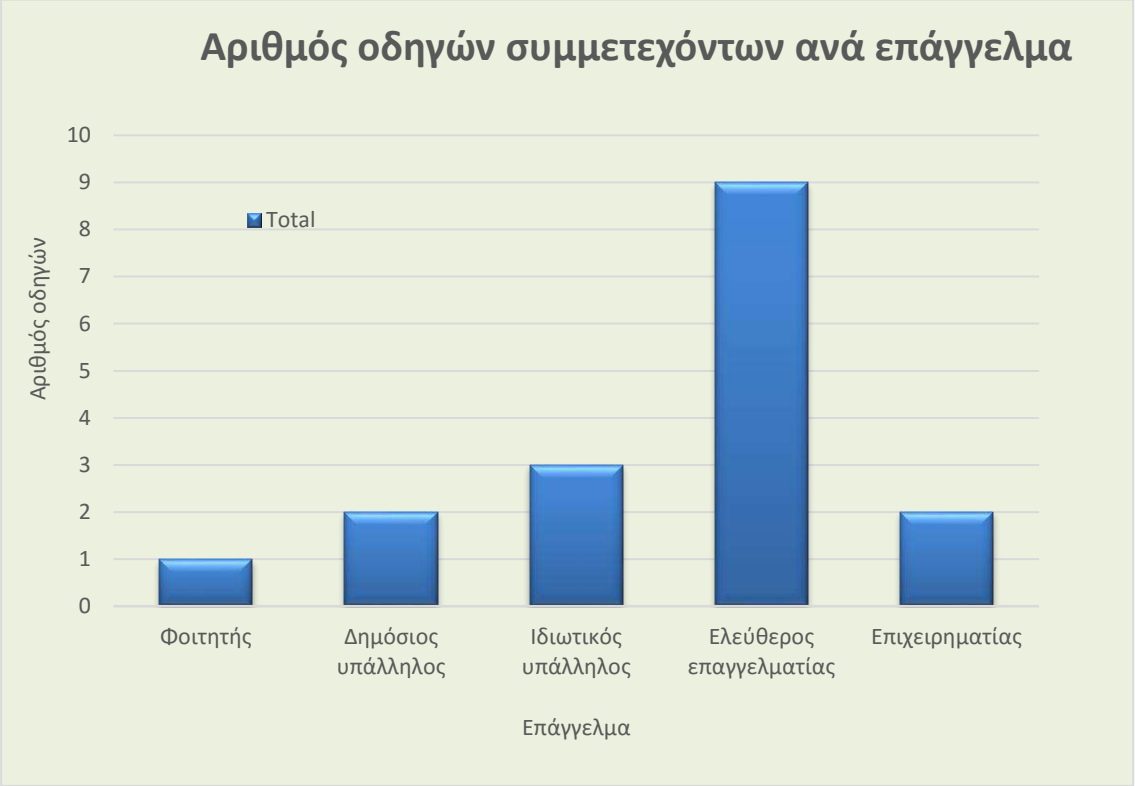
4.3.2 Συνοπτικά στατιστικά στοιχεία (Summary Statistics)

Με στόχο τη διερεύνηση της **δεδηλωμένης κι αποκαλυφθείσας 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 προκαταρτική 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**.



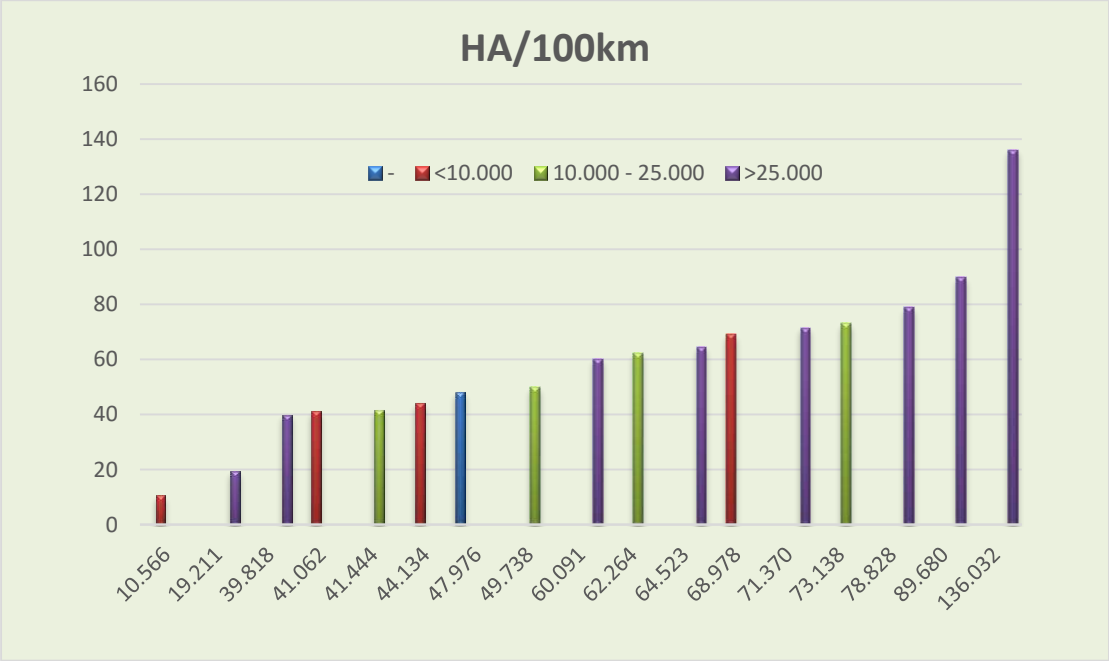
Εικόνα 4.6: Διάγραμμα κατανομής αριθμού οδηγών συμμετεχόντων στο πείραμα ανά επάγγελμα

Εικόνα 4.7 Διάγραμμα κατανομής αριθμού οδηγών συμμετεχόντων στο πείραμα ανά ετήσιο εισόδημα

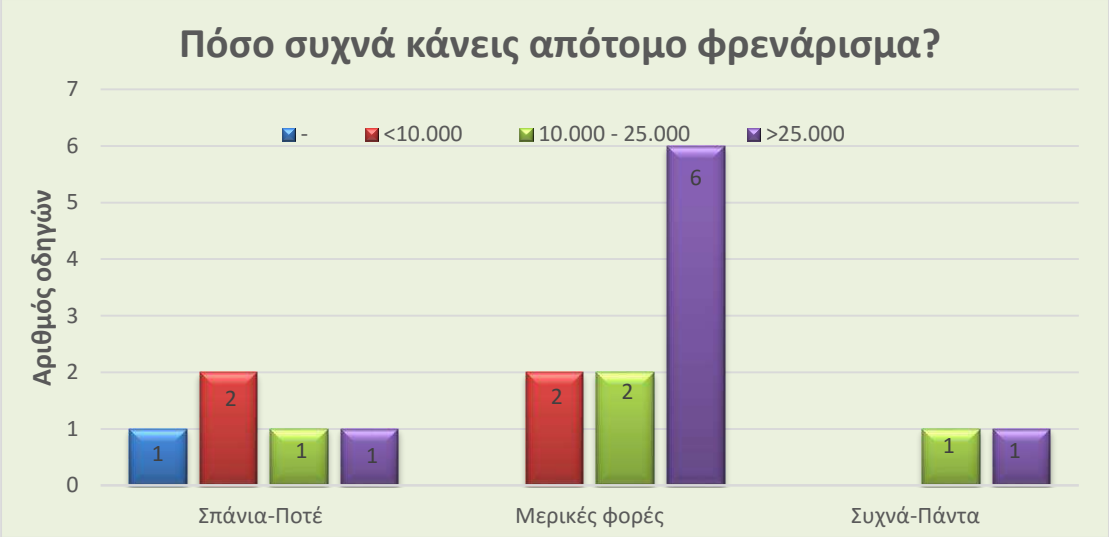
Εικόνα 4.8: Διάγραμμα κατανομής αριθμού συμμετεχόντων οδηγών ανά μορφωτικό επίπεδο

ii. Στη συνέχεια απεικονίζονται διαγράμματα που αποτυπώνουν τη δεδηλωμένη κι αποκαλυφθείσα συμπεριφορά συναρτήσει του **ετήσιου εισοδήματος** κάθε οδηγού.

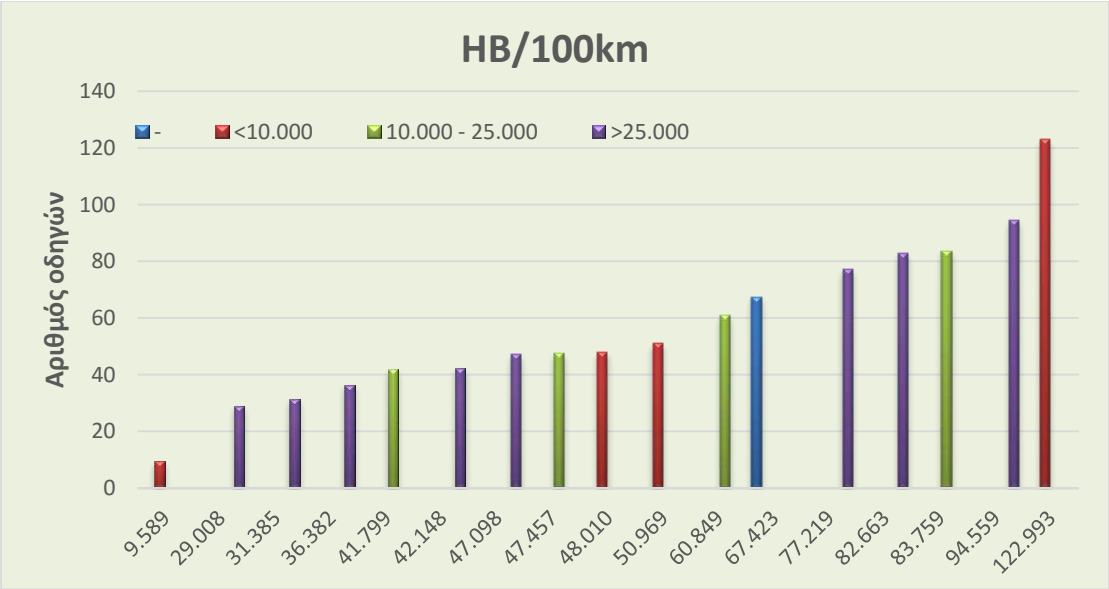
Εικόνα 4.9: Διάγραμμα δεδηλωμένης συχνότητας απότομων επιταχύνσεων



Εικόνα 4.10: Διάγραμμα αποκαλυφθείσας συχνότητας απότομων επιταχύνσεων 100 χλμ.



Εικόνα 4.11: Διάγραμμα δεδηλωμένης συχνότητας απότομων φρεναρισμάτων



Εικόνα 4.12: Διάγραμμα αποκαλυφθείσας συχνότητας απότομων φρεναρισμάτων ανά 100 χλμ.

Εικόνα 4.13: Διάγραμμα δεδηλωμένου συνολικού αριθμού ατυχημάτων

Αφού ομαδοποιήθηκαν οι απαντήσεις που δόθηκαν στο ερωτηματολόγιο σε ‘’Καθόλου’’ ,’’Μερικές φορές’’ και ‘’Συχνά-Πολύ’’ διαμορφώθηκαν τα παρακάτω διαγράμματα:

Εικόνα 4.14: Διάγραμμα δεδηλωμένης συμπεριφορά οδηγού συναρτήσει των παραβάσεων του ΚΟΚ

Εικόνα 4.15: Διάγραμμα δεδηλωμένων αριθμών κλήσεων συναρτήσει των απότομων επιταχύνσεων ανά 100 χλμ.

Εικόνα 4.16: Διάγραμμα αριθμών ατυχημάτων των οδηγών στο παρελθόν συναρτήσει των αριθμών απότομων επιταχύνσεων ανά 100 χλμ.

Εικόνα 4.17: Διάγραμμα δεδηλωμένης συχνότητας οδήγησης υπό την επήρεια αλκοόλ συναρτήσει των απότομων επιταχύνσεων ανά 100χλμ

Εικόνα 4.18: Διάγραμμα δεδηλωμένης συχνότητας οδήγησης υπό την επήρεια αλκοόλ συναρτήσει των απότομων φρεναρισμάτων ανά 100χλμ

<u>Γενικά σχόλια-Παρατηρήσεις:</u>

- ✓ Από τους 17 οδηγούς οι 9 που συμμετείχαν στο πείραμα είναι ελεύθεροι επαγγελματίες ενώ μόλις ένας είναι φοιτητής.
- ✓ Σχεδόν το 50% των συμμετεχόντων στο πείραμα έχουν υψηλό ετήσιο εισόδημα (Εικόνα 4.4).

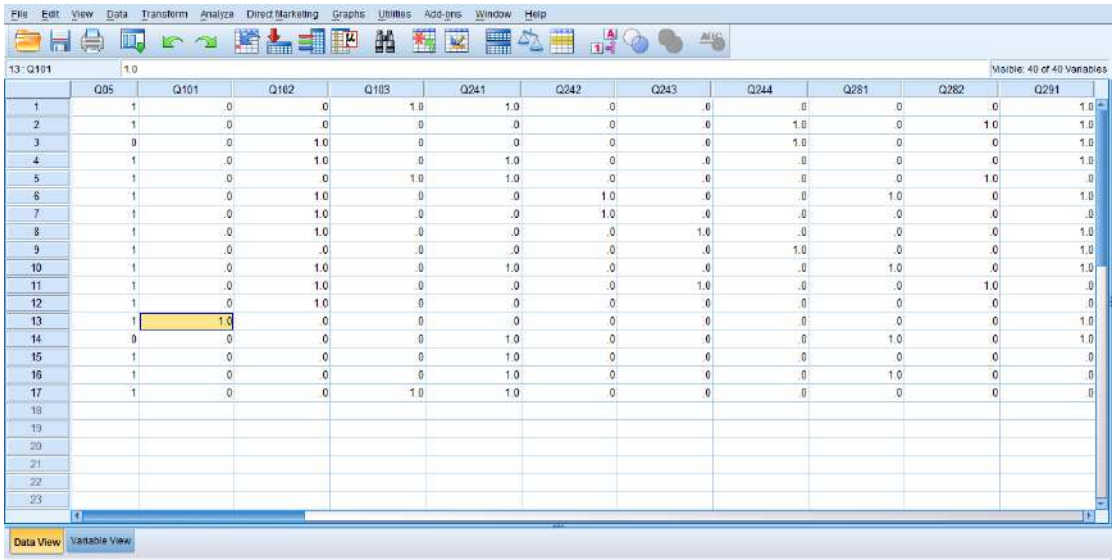
- ✓ Η δεδηλωμένη συχνότητα **απότομων επιταχύνσεων** ανταποκρίνεται σε γενικές γραμμές στην αντίστοιχη αποκαλυφθείσα συχνότητα. Επίσης, παρατηρούνται περισσότερες απότομες επιταχύνσεις ανά 100 χλμ. από οδηγούς με υψηλό εισόδημα ενώ δύο από αυτούς έχουν δώσει συντηρητική απάντηση. (Εικόνες 4.7 και 4.8).
- ✓ Αντίστοιχα για τον αριθμό των **απότομων φρεναρισμάτων** αξίζει να παρατηρηθεί ότι οι οδηγοί με υψηλό εισόδημα δηλώνουν μεγαλύτερο αριθμό από εκείνον που πραγματοποιούν, οι οδηγοί μετρίου εισοδήματος αποτυπώνουν την πραγματική τους συμπεριφορά καθώς επίσης ο οδηγός που εμφανίζει τον μεγαλύτερο αριθμό απότομων φρεναρισμάτων έχει χαμηλό ετήσιο εισόδημα.
- ✓ Η κατανομή του συνολικού αριθμού ατυχημάτων συναρτήσει του ετήσιου εισοδήματος είναι τυχαία.
- ✓ Επτά στους 17 οδηγούς που είχαν δηλώσει το μεγαλύτερο αριθμό παραβάσεων του ΚΟΚ δήλωσαν ότι είναι προσεκτικοί οδηγοί σε αντίθεση με τους υπόλοιπους που δήλωσαν λιγότερες φορές παραβίασης ΚΟΚ(Εικόνα 4.12)
- ✓ Οι οδηγοί που εμφανίζουν τον μικρότερο αριθμό απότομων επιταχύνσεων ανά 100 χλμ. εμφανίζουν και το μικρότερο αριθμό κλήσεων για παράβαση ΚΟΚ κάτι το οποίο μπορεί να εξηγηθεί λογικά. Όμως τα δύο αυτά μεγέθη δείχνουν τα μην συνδέονται λογικά σε όλες τις περιπτώσεις καθώς ο οδηγός με τον μεγαλύτερο αριθμό απότομων επιταχύνσεων δεν είχε καμία κλήση τα τελευταία δύο χρόνια (Εικόνα 4.13)
- ✓ Δεν φαίνεται να υπάρχει αναλογία μεταξύ των αριθμών ατυχημάτων με τις απότομες επιταχύνσεις ανά 100 χλμ.(Εικόνα 4.14)
- ✓ Δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ συχνότητας οδήγησης υπό την επήρεια αλκοόλ και τον αριθμό απότομων επιταχύνσεων ή φρεναρισμάτων

4.3.3 Διαμόρφωση βάσης δεδομένων

Πριν την εισαγωγή των δεδομένων στο ειδικό στατιστικό πρόγραμμα έγινε κατάλληλη επεξεργασία του προαναφερθέντος αρχείου Excel με σκοπό να επιλεγούν και να κωδικοποιηθούν οι μεταβλητές που μας ενδιαφέρουν για την ανάλυση μας.

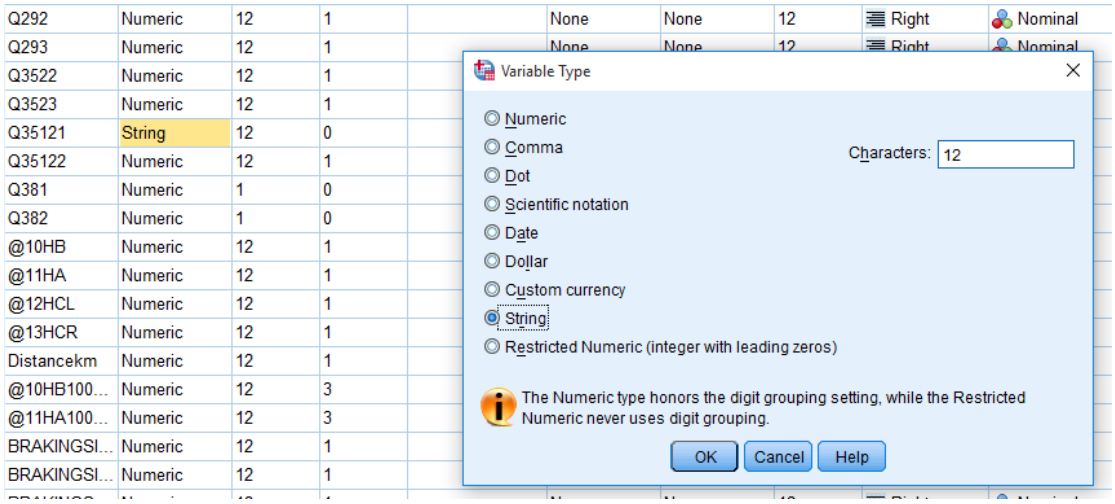
4.3.4 Εισαγωγή δεδομένων στο ειδικό στατιστικό πρόγραμμα

Μετά τη διαμόρφωση του πίνακα Excel με τις υποκατηγορίες των βασικών μεταβλητών σε δυαδική μορφή μαζί με τις μετρήσεις της ειδικής συσκευής πραγματοποιήθηκε εισαγωγή των στοιχείων στο πεδίο δεδομένων (data view) του ειδικού λογισμικού στατιστικής ανάλυσης(Εικόνα 4.12).



Εικόνα 4.19: Εισαγωγή των στοιχείων στο πεδίο δεδομένων

Τέλος, καθορίστηκε στο πεδίο μεταβλητών (Variable View) ο τύπος της μεταβλητής Numeric ή String. Επισημαίνεται ότι Numeric ονομάζεται μία μεταβλητή με τιμή έναν αριθμό και string μία μεταβλητή με τιμή μία λέξη (Εικόνα 4.13).



Εικόνα 4.20: Μετατροπή μεταβλητής από Numeric σε String

5. Ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων

5.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας, καθώς και την 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 επιλέχτηκε για την ανάλυση των στατιστικών στοιχείων της εργασίας, η οποία παρουσιάστηκε αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3 με τίτλο ‘’Θεωρητικό υπόβαθρο’’ είναι η γραμμική παλινδρόμηση (linear regression). Πιο συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή τη μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης κατάλληλων μοντέλων. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στην παρουσίαση ζητημάτων αξιοπιστίας των δεδομένων και στις διαδικασίες αντιμετώπισης τους. Αναπόσπαστο μέρος των αποτελεσμάτων αποτελούν οι στατιστικοί έλεγχοι που απαιτούνται για την αποδοχή ή την απόρριψή των μαθηματικών μοντέλων. Τέλος, με χρήση στατιστικών ελέγχων στη δεδηλωμένη συμπεριφορά του οδηγού γίνεται σύγκριση της με την αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του μέσω των μοντέλων που παρουσιάζονται.

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η διαδικασία ανάλυσης για την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων που αφορούν στη διερεύνηση της αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού. Σκοπός της ανάλυσης γραμμικής παλινδρόμησης είναι να υπολογισθεί στατιστικά σημαντικό μοντέλο και να εντοπιστούν οι μεταβλητές που επηρεάζουν περισσότερο την αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού.

5.2 Ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων

5.2.1 Επιλογή μεταβλητών

Λόγω του τεράστιου όγκου δεδομένων ήταν πρακτικά αδύνατο να αξιοποιηθούν όλες οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και οι μετρήσεις της ειδικής συσκευής.

Συγκεκριμένα, οι ερωτήσεις που ήταν διαθέσιμες αφορούσαν σε διάφορους τομείς οι οποίοι παρατίθενται παρακάτω:

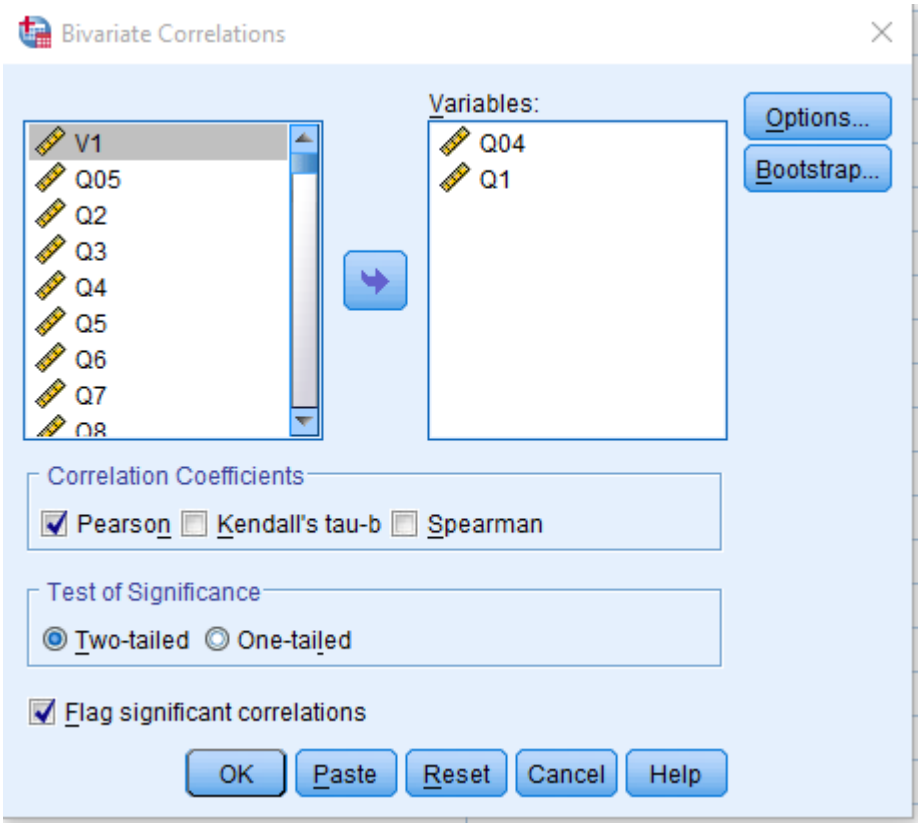
- γενικά στοιχεία του οδηγού,
- οδηγική εμπειρία - μετακινήσεις,
- ιστορικό συμβάντων
- δημογραφικά χαρακτηριστικά
- οδηγική ικανότητα,
- στοιχεία του οχήματος

Από τις συνολικά 77 ερωτήσεις επιλέχθηκαν εμπειρικά 25 ερωτήσεις ως πιο βασικές, που μπορούν δηλαδή να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό τη δεδηλωμένη κι αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού.

Πόσες φορές τα τελευταία δύο χρόνια, παραβιάσατε τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας ενώ οδηγούσατε
Τα τελευταία δύο χρόνια, πόσες κλήσεις είχατε για παραβάσεις του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας
Τα τελευταία δύο χρόνια, πόσες κλήσεις για υπέρβαση του ορίου ταχύτητας έχετε λάβει
Πόσο τηρείτε τα όρια ταχύτητας όταν οδηγείτε: Σε αυτοκινητόδρομο
Πόσο τηρείτε τα όρια ταχύτητας όταν οδηγείτε: Σε εθνική ή επαρχιακή οδό
Πόσο τηρείτε τα όρια ταχύτητας όταν οδηγείτε: Σε αστική οδό
Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε τη ζώνη ασφαλείας όταν οδηγείτε: Σε αυτοκινητόδρομο
Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε τη ζώνη ασφαλείας όταν οδηγείτε: Σε εθνική ή επαρχιακή οδό
Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε τη ζώνη ασφαλείας όταν οδηγείτε: Σε αστική οδό
Πόσο συχνά οδηγήσατε το τελευταίο εξάμηνο στις παρακάτω συνθήκες: Νύχτα
Πόσο συχνά οδηγήσατε το τελευταίο εξάμηνο στις παρακάτω συνθήκες: Σε ώρες κυκλοφοριακής αιχμής
Πόσο συχνά οδηγήσατε το τελευταίο εξάμηνο στις παρακάτω συνθήκες: Με βροχή

Εικόνα 5.1: Απόσπασμα επιλεγμένων (με πράσινο χρώμα) ερωτήσεων για περαιτέρω ανάλυση.

Στη συνέχεια, διερευνήθηκε η **συσχέτιση** των μεταβλητών αυτών με κριτήριο οι **ανεξάρτητες** μεταβλητές που θα επιλεγούν για την ανάλυση στοιχείων να μην έχουν συσχέτιση μεταξύ τους. (Correlation <0.4). Η διερεύνηση αυτή έγινε με την εισαγωγή του πίνακα των επιλεχθέντων μεταβλητών στο ειδικό στατιστικό λογισμικό SPSS 21, και τις εντολές Analyze → Correlate → Bivariate→ Επιλογή μεταβλητών στο Variables→ OK (Εικόνες 4.7,4.8).



Εικόνα 5.2: Εισαγωγή δύο μεταβλητών για τη διερεύνηση της συσχέτισης τους

Correlations

		Q04	Q1
Q04	Pearson Correlation	1	.949**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	17	16
Q1	Pearson Correlation	.949**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	16	16

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

Εικόνα 5.3: Συντελεστής συσχέτισης των δύο μεταβλητών

Αφού βρέθηκαν οι συντελεστές συσχέτισης των μεταβλητών και διαμορφώθηκαν σε πίνακα στο αρχείο Excel (Εικόνα 5.4), πραγματοποιήθηκε **επιλογή πέντε βασικών μεταβλητών** οι οποίες **δεν** συσχετίζονται με σκοπό να χρησιμοποιηθούν ως ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο το οποίο θα αναλυθεί στο Κεφάλαιο 5. Η επιλογή αυτή έγινε με την **παραδοχή** ότι οι συγκεκριμένες μεταβλητές που αναφέρονται παρακάτω είναι σημαντικές και δεν είναι δυνατό να παραλειφθούν καθώς απεικονίζουν την επιρροή τους στη δεδηλωμένη και αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού.

		Κωδικός Συμμετέχοντα	Ηλικία	Φύλο	Πόσα χρόνια οδηγείτε	Σας αρέσει η οδήγηση
V1	Pearson Correlation	.[a]	.[a]	.[a]	.[a]	.[a]
	Sig. (2-tailed)					
	N	0	0	0	0	0
Κωδικός Συμμετέχοντα	Pearson Correlation	.[a]	.[a]	.[a]	.[a]	.[a]
	Sig. (2-tailed)					
	N	0	0	0	0	0
Ηλικία	**Pearson Correlation**	.[a]	**1**	**.269**	**,949****	**,621****
	Sig. (2-tailed)			.296	.000	.008
	N	0	17	17	16	17
Φύλο	**Pearson Correlation**	.[a]	**.269**	**1**	**.175**	**-.133**
	Sig. (2-tailed)		.296		.518	.610
	N	0	17	17	16	17
Πόσα χρόνια οδηγείτε	**Pearson Correlation**	.[a]	**,949****	**.175**	**1**	**,587***
	Sig. (2-tailed)		.000	.518		.017
	N	0	16	16	16	16
Σας αρέσει η οδήγηση	Pearson Correlation	.[a]	,621**	-.133	,587*	1
	Sig. (2-tailed)		.008	.610	.017	
	N	0	17	17	16	17

Εικόνα 5.4 Πίνακας συντελεστών συσχέτισης μεταβλητών και απόσπασμα αυτού

Ως πέντε βασικές **ανεξάρτητες** μεταβλητές επιλέχθηκαν οι παρακάτω:

1. ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων που έχει ο οδηγός μέχρι σήμερα
2. το ετήσιο οικογενειακό εισόδημα
3. η αντίληψη που έχει ο οδηγός ως προς το αν φρενάρει απότομα
4. Αριθμός παραβίασης ΚΟΚ τα τελευταία δυο χρόνια
5. Αριθμός κλήσεων για παραβίαση ΚΟΚ τα τελευταία δυο χρόνια

Στη συνέχεια, διερευνήθηκε η συσχέτιση των πέντε βασικών μεταβλητών με τις υπόλοιπες και εκείνες που δεν συσχετίζονταν και **προστέθηκαν** στο σύνολο των ανεξαρτήτων μεταβλητών ήταν οι παρακάτω:

6. Διαδρομές/ημέρα
7. Η συχνότητα οδήγησης υπό την επήρεια αλκοόλ

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μεταβλητές **ηλικία** και **φύλο** δεν λήφθηκαν υπόψη εξ αρχής στην ανάλυση των στοιχείων λόγω της ιδιαιτερότητας του δείγματος. Συγκεκριμένα, ο μέσος όρος ηλικίας οδηγών είναι 30 με 40 ενώ συμμετέχουν

ένας 24χρονος και ένας 51χρονός. Αντίστοιχα από τους 17 οδηγούς μόνο οι 2 είναι γυναίκες.

5.2.2. Επεξεργασία μεταβλητών

Ωστόσο, πριν πραγματοποιηθεί η εισαγωγή των μεταβλητών στο ειδικό στατιστικό λογισμικό κρίνεται απαραίτητη η διαμόρφωση υποκατηγοριών των βασικών ανεξάρτητων μεταβλητών. Αυτό συμβαίνει διότι η κάθε μεταβλητή πρέπει να είναι σε μορφή 0 και 1. Συνεπώς για κάθε μία από τις 7 βασικές μεταβλητές δημιουργήθηκαν **n-1 υποκατηγορίες** όπου n: ο αριθμός των διαφορετικών απαντήσεων σε κάθε ερώτηση.

Για **παράδειγμα,** στην ερώτηση ''Πόσες διαδρομές περίπου πραγματοποιείτε την ημέρα ως οδηγός'' οι απαντήσεις που δόθηκαν ήταν σε μορφή κώδικα 1, 2, 3, ή 4. Δημιουργήθηκε λοιπόν ως κατηγορία αναφοράς η τελευταία (4) απάντηση (ομοίως και για τις υπόλοιπες ερωτήσεις) και διαμορφώθηκαν τρεις υποκατηγορίες που αντιστοιχούσαν στις απαντήσεις με μορφή κώδικα 1, 2 και 3. Αφού δημιουργήθηκε λοιπόν ο πίνακας με τις στήλες-υποκατηγορίες και τις σειρές-οδηγοί όταν η υποκατηγορία ταυτιζόταν με την απάντηση του οδηγού το κελί συμπληρωνόταν με τον αριθμό 1 ενώ στην αντίθετη περίπτωση με τον αριθμό 0(Εικόνα 4.11).

Q10		Q10.1	Q10.2	Q10.3
3		0	0	1
4		0	0	0
2		0	1	0
2		0	1	0
3		0	0	1
2		0	1	0
2		0	1	0
2		0	1	0
4		0	0	0
2		0	1	0
2		0	1	0
2		0	1	0
1		1	0	0
4		0	0	0
4		0	0	0
4		0	0	0
3		0	0	1
Διαδρομές/ημέρα				

Εικόνα 5.5: Διαμόρφωση Υποκατηγοριών για τη μεταβλητή Διαδρομές/ημέρα

Παρόμοια διαδικασία ακολουθήθηκε για τις υπόλοιπες μεταβλητές.

Στα στατιστικά μοντέλα προσδιορισμού της αποκαλυφθείσας συμπεριφορά των οδηγών με χρήση των διαγνωστικών στοιχείων του οχήματος εξετάσθηκαν όλες οι μεταβλητές που περιγράφηκαν σε προηγούμενο υποκεφάλαιο. Η βάση δεδομένων, η οποία ήταν ήδη εισηγμένη στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, επεξεργάστηκε σύμφωνα με τη διαδικασία που παρουσιάστηκε

αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο, όπου καθορίστηκε το όνομα και ο τύπος των μεταβλητών.

Σημειώνεται ότι τα τελικά μοντέλα που προέκυψαν ήταν αποτέλεσμα μιας σειράς πολλών δοκιμών, κατά τις οποίες αναπτύχθηκαν μαθηματικά μοντέλα που περιλάμβαναν συνδυασμούς όλων των μεταβλητών που καταγράφηκαν στα υποκεφάλαια 5.4 και 5.4. Τα μοντέλα αυτά αξιολογήθηκαν με βάση τα αποτελέσματα των στατιστικών ελέγχων (διακύμανση R^2, επίπεδο σημαντικότητας κλπ.). Όπως αυτοί έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο καθώς και με βάση τη λογική εξήγηση των αποτελεσμάτων. Στις δοκιμές αυτές απορρίφθηκαν οι μεταβλητές που αποδείχθηκαν ότι δεν έχουν στατιστικά σημαντική επιρροή. Με αυτή τη διαδικασία διαδοχικών δοκιμών και απόρριψης μοντέλων προέκυψαν τα μαθηματικά μοντέλα με τις καλύτερες επιδόσεις στατιστικής σημαντικότητας, όπως αυτά παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια.

5.2.3. Ανάλυση Γραμμικής Παλινδρόμησης

Οι **εξαρτημένες** μεταβλητές και αντιπροσωπευτικές της αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού που επιλέχθηκαν ανάμεσα στις μετρήσεις που έδειξε η ειδική συσκευή παρατίθενται παρακάτω:

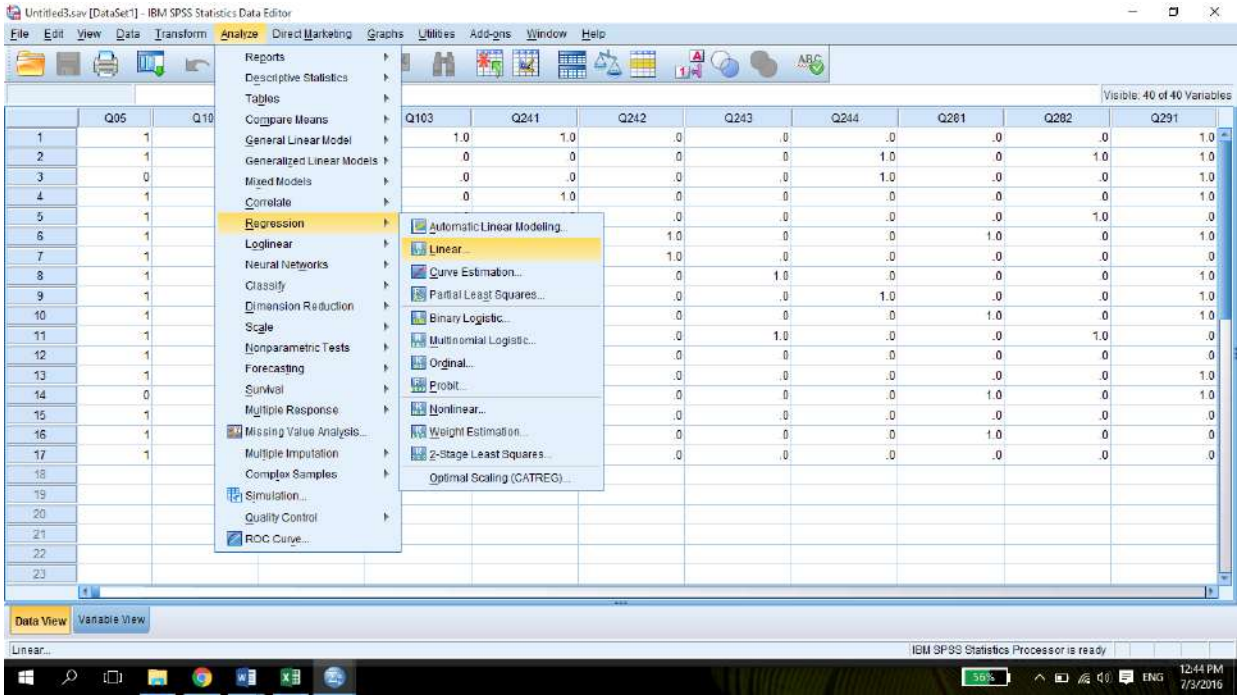
1. Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων ανά 100 χλμ.
2. Αριθμός απότομων επιταχύνσεων ανά 100 χλμ.
3. Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων με ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90km/h κατά την **έναρξη** του συμβάντος
4. Ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων με τιμή επιτάχυνσης μεταξύ 0.22g και 0.26$g\ \frac{m}{s^2}$ στην **αιχμή** του συμβάντος (Accelerationslt0.26).

Από τις μεταβλητές αυτές, τα απότομα φρεναρίσματα και οι απότομες επιταχύνσεις ανά 100 χλμ. είναι <u>συνεχείς</u> δηλαδή λαμβάνουν οποιαδήποτε αριθμητική τιμή, ενώ ο αριθμός απότομων φρεναρισμάτων και επιταχύνσεων με ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90 km/h λαμβάνουν <u>διακριτές</u> τιμές. Για το λόγο αυτό η ανάλυση έγινε με γραμμική παλινδρόμηση (**linear egression**). Εφόσον η εκάστοτε εξαρτημένη μεταβλητή εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές, η μέθοδος που χρησιμοποιείται ονομάζεται πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (**multiple linear regression**).

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

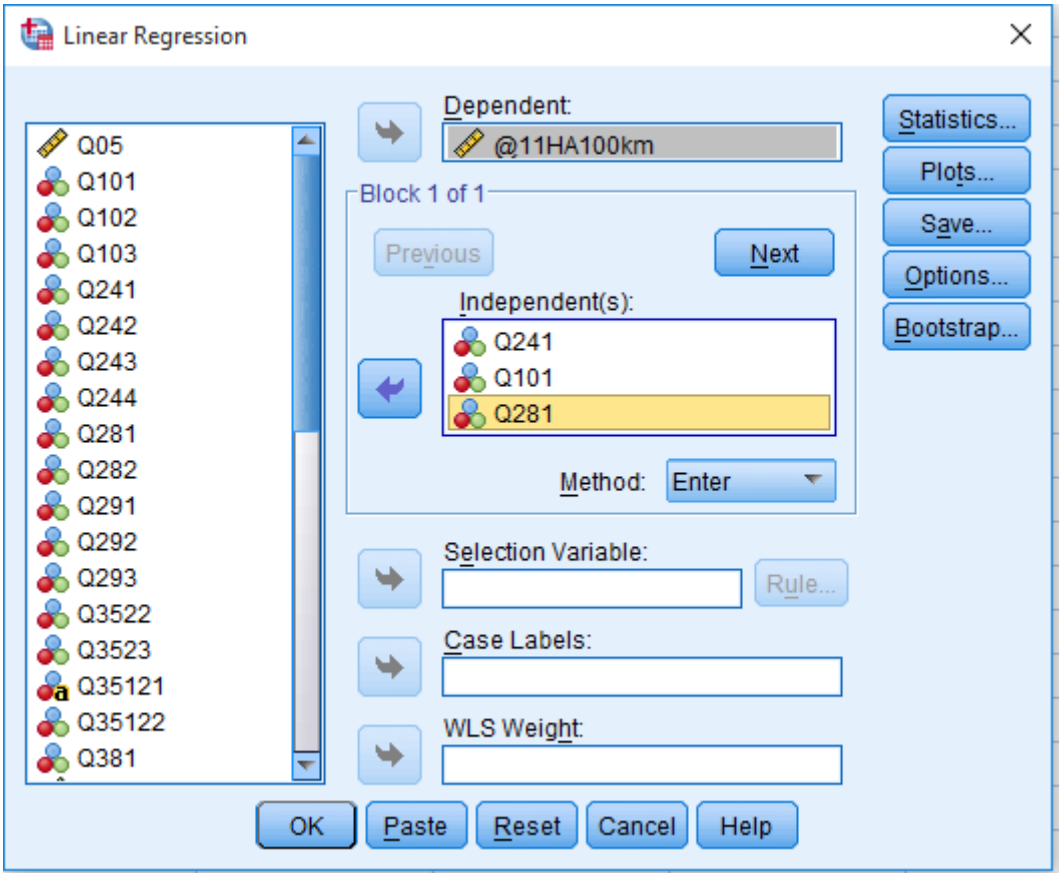
$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \cdots + \beta_\nu x_{\nu i} + \varepsilon_i$$

Στο SPSS η γραμμική παλινδρόμηση εφαρμόζεται μέσω της ακολουθίας των εντολών analyze → regression → linear. (Εικόνα 5.1)



Εικόνα 5.6: Ακολουθία εντολών για γραμμική παλινδρόμηση στο ειδικό στατιστικό λογισμικό

Ακολουθεί ο καθορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent ενώ οι μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν για να εξηγήσουν τη μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής (εξαρτημένες μεταβλητές) εισάγονται στο πλαίσιο Independent(s) (Εικόνα 5.8).



Εικόνα 5.7: Εισαγωγή ανεξάρτητων κι εξαρτημένων μεταβλητών στο ειδικό στατιστικό λογισμικό

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

- ✓ Οι τιμές και τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης $\boldsymbol{\beta_i}$ να μπορούν να εξηγηθούν λογικά.
- ✓ Ο **σταθερός όρος** της εξίσωσης (Constant) που εκφράζει το σύνολο των παραμέτρων που δε λήφθηκαν υπόψη, να είναι κατά το δυνατό μικρότερος.
- ✓ Το επίπεδο σημαντικότητας (Sig-Significance) να είναι μικρότερο από 5%.
- ✓ Ο συντελεστής συσχέτισης (Adjusted R square) να είναι κατά το δυνατόν μεγαλύτερος (ιδανικά μεγαλύτερος του 0.4) και ταυτόχρονα όχι πολύ υψηλός (μικρότερη του 0.85) καθώς πολύ υψηλό R^2 υποδηλώνει πως συσχετίζονται όμοια στοιχεία οπότε και δεν προκύπτουν ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

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

5.3. Εφαρμογή στατιστικών μοντέλων

Παρακάτω παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα βέλτιστα μαθηματικά μοντέλα ως αποτέλεσμα **περισσότερων από 150 δοκιμές**, που αφορούν στην αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού. Για κάθε μοντέλο παρουσιάζονται 3 πίνακες:

i. Περίληψη μοντέλου (Model Summary): ο πίνακας που περιλαμβάνει τους συντελεστές συσχέτισης R square και τους αντίστοιχους προσαρμοσμένους συντελεστές συσχέτισης Adjusted R Square καθώς και το σφάλμα της εκτίμησης Standard Error of the Estimate.

ii. Ανάλυση Διασποράς Analysis of Variance (ANOVA).

iii. Μεταβλητές στην εξίσωση (Coefficients): περιλαμβάνει τις ανεξάρτητες μεταβλητές που ορίζονται για κάθε εξαρτημένη μεταβλητή, απεικονίζοντας τις τιμές των συντελεστών β_i (Coefficients), τον έλεγχο t-test, τα τυπικά σφάλματα Standard Error και το επίπεδο σημαντικότητας Significance.

Ο βαθμός της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στα παρακάτω μοντέλα στις αντίστοιχες εξαρτημένες μεταβλητές που περιέχονται στις μαθηματικές σχέσεις των μοντέλων εκφράζεται ποσοτικά μέσω του μεγέθους της **σχετικής επιρροής**. 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 αδιάσταστο 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 έννοια της επιρροής έχει νόημα μόνο για συνεχείς μεταβλητές κι όχι για διακριτές, αλλά στη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εφόσον όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν είναι διακριτές υπολογίστηκε η σχετική επιρροή τους ως μια θεωρητική έννοια, μόνο για να πραγματοποιηθεί θεωρητικά μια σύγκριση μεταξύ των μεταβλητών του μοντέλο σε ότι αφορά στην επιρροή τους στην εκάστοτε εξαρτημένη μεταβλητή.

Υπενθυμίζεται 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 επιγραμματικά παρακάτω.

1. Αριθμός κλήσεων παράβασης ΚΟΚ τα τελευταία δύο χρόνια=1
2. Διαδρομές/ημέρα= 3
3. Αριθμός ατυχημάτων μέχρι σήμερα=2
4. Ετήσιο εισόδημα< 10.000 ευρώ
5. Πόσο συχνά φρενάρεις απότομα = ''Συχνά'' ή Μερικές φορές

Στην περιγραφή προσήμων 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, διαδρομών/ ημέρα, ατυχημάτων, ετήσιου εισοδήματος και με τη **μεγαλύτερη** δεδηλωμένη συχνότητα απότομων φρεναρισμάτων.

5.3.1. Μοντέλο 1 - Απότομα φρεναρίσματα ανά 100 χλμ. (HB100km)

Πίνακας 5.1: Περίληψη μοντέλου (Model Summary)

Model Summary

Model	R	R Square	R Square	of the
1	,768[a]	.591	.442	21.510967

a. Predictors: (Constant), Q381, Q243, Q292, Q103

Πίνακας 5.2: Ανάλυση διασποράς (ANOVA)

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7342.208	4	1835.552	3.967	,031[b]
	Residual	5089.939	11	462.722		
	Total	12432.147	15			

a. Dependent Variable: @10HB100km

b. Predictors: (Constant), Q381, Q243, Q292, Q103

Πίνακας 5.3: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the Equation)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	43.818	7.025		6.237	.000
	3 Διαδρομές/ημέρα	40.961	17.209	.574	2.380	.036
	2 ατυχήματα μέχρι σήμερα	44.115	18.083	.523	2.440	.033
	Μία κλήση παράβασης ΚΟΚ τα τελευταία δύο χρόνια	31.718	14.536	.493	2.182	.052
	Ετήσιο εισόδημα <10.000 ευρώ	-33.296	15.312	-.517	-2.175	.052

a. Dependent Variable: @10HB100km

Αφού βρέθηκαν οι λογάριθμοι των ανεξαρτήτων κι εξαρτημένων μεταβλητών αναπτύχθηκε νέο μοντέλο σύμφωνα με το οποίο υπολογίστηκαν οι **ψευδοελαστικότητες** και **σχετικές επιρροές** των ανεξάρτητων στις εξαρτημένες μεταβλητές.

Πίνακας 5.4: Σχετική επιρροή μεταβλητών μοντέλου απότομων φρεναρισμάτων ανά 100 χλμ.

		Μοντέλο 1			
Εξαρτημένη Μεταβλητή		Απότομα φρεναρίσματα ανά 100 χλμ.			
		βi	t	Ψευδοελαστικότητες	Σχετικές επιρροές
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Μία κλήση παράβασης ΚΟΚ	31.718	2.182	1.335	1
	3 Διαδρομές /ημέρα	40.961	2.38	1.465	1.097
	2 ατυχήματα μέχρι σήμερα	44.115	2.44	1.543	1.156
	Ετήσιο εισόδημα<10.000 ευρώ	-33.296	-2.175	1.564	1.172

<u>Μαθηματική σχέση:</u>

$$(1)\ \mathrm{Y} = 43{,}818 + 40{,}961 * \left({}^{3\ \Delta\iota\alpha\delta\rho o\mu\acute{\varepsilon}\varsigma}\big/_{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\alpha}\right) + 44{,}115 * (2\ \alpha\tau\upsilon\chi\acute{\eta}\mu\alpha\tau\alpha\ \mu\acute{\varepsilon}\chi\rho\iota\ \sigma\acute{\eta}\mu\varepsilon\rho\alpha) + 31{,}718 * (1\ \kappa\lambda\acute{\eta}\sigma\eta) - 33{,}296 * (E\tau\acute{\eta}\sigma\iota o\ \varepsilon\iota\sigma\acute{o}\delta\eta\mu\alpha < 10.000)$$

<u>Περιγραφή προσήμων</u>
Τα **πρόσημα** κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής μπορούν να **εξηγηθούν λογικά** ως ένα βαθμό.

• Όπως παρατηρείται οι οδηγοί που πραγματοποιούν 3 διαδρομές ανά ημέρα κάνουν περισσότερα απότομα φρεναρίσματα ανά 100 χλμ. (κατά 46.5% σύμφωνα με τη ψευδοελαστικότητα του Πίνακα 5.2) από ότι εκείνοι που πραγματοποιούν πάνω από 5 διαδρομές ανά ημέρα. Αυτό ενδεχομένως να

συμβαίνει λόγω εξοικείωσης του οδηγού με την οδήγηση με αποτέλεσμα να ελέγχει καλύτερα τα απότομα φρεναρίσματα που πραγματοποιεί.

• Οι οδηγοί που έχουν πραγματοποιήσει 2 ατυχήματα μέχρι σήμερα κάνουν περισσότερα απότομα φρεναρίσματα ανά 100 χλμ. (κατά 54.3%) από εκείνους που έχουν πραγματοποιήσει αντίστοιχα πάνω από 3 ατυχήματα. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να εξηγηθεί λογικά καθώς το γεγονός ότι κάποιοι οδηγοί έχουν συμμετάσχει σε λιγότερα 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 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 (κατά 33.5%) 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.

• Το αρνητικό πρόσημο του ετήσιου εισοδήματος δηλώνει ότι οι οδηγοί με ετήσιο εισόδημα μικρότερο των 10.000 ευρώ φρενάρουν απότομα λιγότερες φορές (κατά 56.4%) από τους οδηγούς με εισόδημα άνω των 25.000 ευρώ. Πιθανότατα οι οδηγοί με χαμηλό εισόδημα να είναι νέοι οδηγοί με μικρή εμπειρία οδήγησης ή λόγω ηλικίας να έχουν τάση να χρησιμοποιούν το όχημα ως μέσο επίδειξης αναπτύσσοντας πολύ υψηλές ταχύτητες με αποτέλεσμα να χρειάζεται να φρενάρουν πολύ πιο απότομα και σπάνια από εκείνους που έχουν υψηλό εισόδημα και οδηγούν προσεκτικά. Επίσης, ενδεχομένως οδηγοί νεαρότερης ηλικίας να θεωρούν ότι σε πολλά σημεία δεν χρειάζεται να φρενάρουν καθόλου.

<u>Σχετική επιρροή</u>

- Η μεταβλητή ''Αριθμός Κλήσεων'' εμφανίζει τη <u>μικρότερη σχετική επιρροή</u> στην εξαρτημένη μεταβλητή συγκριτικά με τις υπόλοιπες με ei=1.335. Αυτό ενδεχομένως να συμβαίνει διότι οι παραβάσεις του ΚΟΚ του οδηγού μπορεί να μην συνδέονται με τον αριθμό απότομων φρεναρισμάτων όπως είναι η μη χρήση ζώνη ή η χρήση του κινητού τηλεφώνου κλπ.

- Την <u>αμέσως μικρότερη επιρροή</u> στα απότομα φρεναρίσματα ανά 100 χλμ. παρουσιάζει η μεταβλητή ''Διαδρομές ανά ημέρα'' με επιρροή 1.097 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μεταβλητή ''Αριθμός κλήσεων''.

- Ακολουθούν οι μεταβλητές ‘’Αριθμός ατυχημάτων’’ και ‘’Ετήσιο εισόδημα’’ που έχουν 1.156 και 1.171 φορές μεγαλύτερη επιρροή από ότι ο ‘’Αριθμός κλήσεων’’**.** Παρότι ο αριθμός ατυχημάτων στα οποία εμπλέκεται ο οδηγός να μην οφείλονται στον ίδιο, ο αριθμός ατυχημάτων αποτελεί αντιπροσωπευτικό δείκτη του βαθμού στον οποίο ένας οδηγός είναι προσεκτικός ή όχι.

5.3.2. Μοντέλο 2 - Απότομες επιταχύνσεις ανά 100 χλμ. (HA100km)

Πίνακας 5.5: Περίληψη μοντέλου (Model Summary)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,860[a]	.740	.645	17.532824

a. Predictors: (Constant), Q3523, Q243, Q381, Q292

Πίνακας 5.6: Ανάλυση διασποράς (ANOVA)

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	9612.490	4	2403.123	7.818	,003[b]
	Residual	3381.399	11	307.400		
	Total	12993.889	15			

a. Dependent Variable: @11HA100km

b. Predictors: (Constant), Q3523, Q243, Q381, Q292

Πίνακας 5.7: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	70.521	8.144		8.659	.000
	2 ατυχήματα μέχρι σήμερα	57.078	14.315	.662	3.987	.002
	Μία κλήση παράβασηςη ΚΟΚ τα τελευταία δύο χρόνια	38.564	11.557	.586	3.337	.007
	Ετήσιο εισόδημα <10.000 ευρώ	-50.742	11.557	-.771	-4.390	.001
	Φρενάρω απότομα "Μερικές φορές"	-24.289	9.372	-.413	-2.592	.025

a. Dependent Variable: @11HA100km

Πίνακας 5.8: Σχετική επιρροή μεταβλητών μοντέλου απότομων επιταχύνσεων ανά 100 χλμ.

		Μοντέλο 2			
Εξαρτημένη Μεταβλητή		Απότομες επιταχύνσεις ανά 100 χλμ.			
		βi	t	Ψευδοελαστικότητες	Σχετικές επιρροές
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Ετήσιο εισόδημα<10.000 ευρώ	-50.742	-4.39	1.564	1.393
	2 ατυχήματα μέχρι σήμερα	57.078	3.987	1.523	1.356
	Μία κλήση παράβασης ΚΟΚ	38.564	3.337	1.433	1.276
	'Φρενάρω απότομα μερικές φορές''	-24.289	-2.592	1.123	1

Μαθηματική σχέση:

$$(2)\ \mathrm{Y} = 70{,}521 + 57{,}078 * (2\ \text{ατυχήματα}) + 38{,}564 * (1\ \text{Κλήση}) - 50{,}742 * (\text{Ετήσιο εισόδημα} < 10.000\ \text{ευρώ}) - 24{,}289 * (\text{φρενάρω απότομα ''Μερικέςφορές''})$$

Περιγραφή προσήμων:

• Οι οδηγοί που έχουν πραγματοποιήσει 2 ατυχήματα μέχρι σήμερα κάνουν περισσότερες επιταχύνσεις ανά 100χλμ(κατά 52.3%) από εκείνους που έχουν κάνει πάνω από 3 ατυχήματα αντίστοιχα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι οδηγοί με 2 ατυχήματα δηλαδή εκείνοι που είναι πιο προσεκτικοί ακινητοποιούν το όχημα ή μειώνουν κατά πολύ τις ταχύτητες πολύ πιο συχνά από τους δεύτερους οπότε και χρειάζεται να επιταχύνουν το σχεδόν ακινητοποιημένο ή χαμηλής ταχύτητας όχημα περισσότερες φορές από εκείνους που λόγω της υψηλότερης ταχύτητας κι επιτάχυνσης που συχνά αναπτύσσουν δεν χρειάζεται να επιταχύνουν παραπάνω.

• Παρομοίως, οι οδηγοί που έχουν λάβει μία κλήση παράβασης ΚΟΚ τα τελευταία δύο χρόνια πραγματοποιούν περισσότερες απότομες επιταχύνσεις ανά 100 χλμ. (κατά 43.3%) από εκείνους που έχουν λάβει πάνω από 3 κλήσεις αντίστοιχα υπό την προϋπόθεση πως οι υπόλοιπες μεταβλητές παραμένουν σταθερές.

• Οδηγοί με χαμηλό ετήσιο εισόδημα επιταχύνουν απότομα λιγότερες φορές (κατά 56.4%) από ότι οι οδηγοί με ετήσιο εισόδημα άνω των 25.000 ευρώ. Πέρα από τους πιθανούς λόγους οι όποιοί αναφέρθηκαν στο Μοντέλο 1, αυτό μπορεί να οφείλεται επίσης στο γεγονός ότι οδηγοί με χαμηλό εισόδημα ενδεχομένως να μην έχουν σταθερό εισόδημα και επομένως να μην έχουν τη δυνατότητα χρήσης του αυτοκινήτου κι εκτέλεσης συχνών μετακινήσεων όσο οι οδηγοί με οικονομική ανεξαρτησία. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα οδηγοί που χρησιμοποιούν το όχημα σε πιο αραιά διαστήματα να είναι πιο επικίνδυνοι και συνεπώς να αναπτύσσουν υψηλές ταχύτητες που καθιστούν περαιτέρω επιτάχυνση ανώφελη

• Παρατηρείται ότι οι οδηγοί που δηλώνουν ότι φρενάρουν απότομα ''Μερικές φορές'' κάνουν λιγότερες απότομες επιταχύνσεις ανά 100 χλμ. (κατά 12.3%) συγκριτικά με εκείνους που δηλώνουν ότι φρενάρουν απότομα ''Συχνά''. Αν γίνει η παραδοχή ότι οι απαντήσεις που δίνουν οι οδηγοί ανταποκρίνονται στην αλήθεια τότε το φαινόμενο αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα απότομου φρεναρίσματος τόσο μεγαλύτερη είναι η ανάγκη κι επομένως ο αριθμός απότομων επιταχύνσεων είναι ώστε να επανέλθει ο οδηγός σε κανονική ταχύτητα.

Σχετική επιρροή

- Η μεταβλητή **‘Αντίληψη οδηγού απότομων φρεναρισμάτων’’** εμφανίζει τη μικρότερη σχετική επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή συγκριτικά με τις υπόλοιπες με ei=1.123.

- Την αμέσως μικρότερη επιρροή στις απότομες επιταχύνσεις ανά 100 χλμ. παρουσιάζει η μεταβλητή **‘Αριθμός κλήσεων’’** με επιρροή 1.276 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μεταβλητή ‘’Αντίληψη οδηγού απότομων φρεναρισμάτων’’**.**

- Ακολουθούν οι μεταβλητές **‘’Αριθμός ατυχημάτων’’** και **‘’Ετήσιο εισόδημα’’** που έχουν 1.357 και 1.392 φορές μεγαλύτερη επιρροή από ότι η ‘’Αντίληψη οδηγού απότομων φρεναρισμάτων’’**.**

5.3.3. Μοντέλο 3 - Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων με ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90 km/h κατά την έναρξη του συμβάντος (Brakingslt90)

Πίνακας 5.9: Περίληψη μοντέλου (Model Summary)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,931[a]	.866	.818	2.308442886784670

a. Predictors: (Constant), Q3523, Q243, Q292, Q381

Πίνακας 5.10: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA)

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	379.985	4	94.996	17.827	,000[b]
	Residual	58.618	11	5.329		
	Total	438.603	15			

a. Dependent Variable: BRAKINGSlt90

b. Predictors: (Constant), Q3523, Q243, Q292, Q381

Πίνακας 5.11: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7.169	1.072		6.685	.000
	Ετήσιο εισόδημα <10.000 ευρώ	-7.694	1.522	-.636	-5.056	.000
	2 ατυχήματα μέχρι σήμερα	13.856	1.885	.875	7.351	.000
	Μία κλήση παράβασηςη ΚΟΚ τα τελευταία δύο χρόνια	8.601	1.522	.711	5.652	.000
	Φρενάρω απότομα "Μερικές φορές"	-2.752	1.234	-.254	-2.230	.048

a. Dependent Variable: BRAKINGSlt90

Πίνακας 5.12: Σχετική επιρροή μεταβλητών μοντέλου απότομων φρεναρισμάτων με ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90 km/h κατά την έναρξη του συμβάντος (Brakingslt90)

		Μοντέλο 3			
Εξαρτημένη Μεταβλητή		Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων με ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90km/h κατά την έναρξη του συμβάντος			
		βi	t	Ψευδοελαστικότητες	Σχετικές επιρροές
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Ετήσιο εισόδημα<10.000 ευρώ	-7.694	-5.056	1.242	1.135
	2 ατυχήματα μέχρι σήμερα	13.856	7.351	1.779	1.626
	Μία κλήση παράβασης ΚΟΚ	8.601	5.652	1.372	1.254
	'Φρενάρω απότομα μερικές φορές"	-2.752	-2.23	1.094	1

<u>Μαθηματική σχέση:</u>

(3) $\mathrm{Y} = 7{,}169 + 13{,}856 * (2\ \mathit{ατυχήματα}) + 8.601 * (1\ \mathit{κλήση}\ ) - 7{,}694 * (\mathit{Ετήσιο\ εισόδημα} < 10.000\ \mathit{ευρώ}) - 2{,}752 * (\text{φρενάρω απότομα}\ ''\text{Μερικέςφορές}'')$

<u>Περιγραφή προσήμων:</u>

• Οδηγοί που έχουν πραγματοποιήσει 2 ατυχήματα ή μία κλήση παράβασης ΚΟΚ τα τελευταία δύο χρόνια πραγματοποιούν περισσότερα απότομα φρεναρίσματα με ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90 km/h (κατά 77.9% και κατά 37.2%) από εκείνους με πάνω από 3 ατυχήματα και πάνω από 3 κλήσεις αντίστοιχα. Η ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90 km/h είναι **αρκετά υψηλή** για να δικαιολογηθεί ως κανονική οδηγική συμπεριφορά. Είναι δεδομένο ότι το ιστορικό ατυχημάτων καθώς και ο αριθμός κλήσεων ενός οδηγού απεικονίζει τον βαθμό στο οποίο ένας οδηγός είναι γενικότερα προσεκτικός με την παραδοχή ότι τα ατυχήματα και οι κλήσεις δεν οφείλονται σε τυχαίους παράγοντες. Πιθανώς οι οδηγοί που έχουν εκτελέσει τα περισσότερα απότομα φρεναρίσματα με αυτές τις ταχύτητες έχουν αποφύγει με αυτόν τον τρόπο ατυχήματα ή έχουν προσαρμοστεί γρήγορα σε δρόμους με χαμηλότερα όρια ταχυτήτων. Αντίθετα οι οδηγοί με περισσότερα ατυχήματα ή κλήσεις ενδεχομένως να παραβλέπουν τα όρια ταχυτήτων ή να μην εκτιμούν την πιθανότητα σύγκρουσης με άλλο όχημα οπότε και να μην φρενάρουν σε υψηλές ταχύτητες με αποτέλεσμα τελικά να προκαλούν ατυχήματα ή να λαβαίνουν κλήσεις.

• Οι οδηγοί με ετήσιο εισόδημα κάτω των 10.000 ευρώ φρενάρουν απότομα με ταχύτητα μεταξύ των 50 και 90 km/h λιγότερες φορές (κατά 24.2%) από ότι οι οδηγοί με ετήσιο εισόδημα άνω των 25.000 ευρώ. Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι οδηγοί με χαμηλό εισόδημα αναπτύσσουν υψηλές ταχύτητες και φανερώνουν επικίνδυνή οδηγική συμπεριφορά. Με αυτόν τον τρόπο, ακόμα και σε υψηλές ταχύτητες παραβλέπουν τον κίνδυνο και φρενάρουν πιθανότατα μόνο σε κρίσιμες καταστάσεις.

• Οι οδηγοί που δηλώνουν ότι φρενάρουν απότομα ‘’Μερικές φορές’’ φρενάρουν απότομα με ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90 km/h κατά την έναρξη του συμβάντος λιγότερες φορές (κατά 9.4%) συγκριτικά με εκείνους που δηλώνουν ότι φρενάρουν απότομα ‘’Συχνά’’. Το φαινόμενο αυτό είναι απολύτως λογικό.

Σχετική επιρροή

- Η μεταβλητή **‘Αντίληψη οδηγού απότομων φρεναρισμάτων’’** εμφανίζει τη μικρότερη σχετική επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή συγκριτικά με τις υπόλοιπες με ei=1.094.

- ✓ Την αμέσως μικρότερη επιρροή στον αριθμό απότομων φρεναρισμάτων με ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90 km/h κατά την έναρξη του συμβάντος παρουσιάζουν οι μεταβλητές **‘Ετήσιο Εισόδημα’’ και ‘’Αριθμός κλήσεων’’** με επιρροή 1.135 και 1.254 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μεταβλητή ‘’Αντίληψη οδηγού απότομων φρεναρισμάτων’’**.**

- Ακολουθεί η μεταβλητή **‘’Αριθμός ατυχημάτων’’** η οποία φαίνεται να έχει **μεγάλη επιρροή** συγκριτικά με τις υπόλοιπες στην εξαρτημένη μεταβλητή και πιο συγκεκριμένα έχει 1.626 φορές μεγαλύτερη επιρροή από ότι η ‘’Αντίληψη οδηγού απότομων φρεναρισμάτων’’**.**

5.3.4. Μοντέλο 4 - Ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων με τιμή επιτάχυνσης μεταξύ 0.22g και 0.26g $\frac{m}{s^2}$ στην αιχμή του συμβάντος (AccelerationsIt0.26).

Πίνακας 5.13: Περίληψη μοντέλου

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,804[a]	.646	.518	7.645299030407430

a. Predictors: (Constant), Q243, Q292, Q3522, Q381

Πίνακας 5.14: Ανάλυση διασποράς (ANOVA)

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1175.062	4	293.765	5.026	,015[b]
	Residual	642.957	11	58.451		
	Total	1818.018	15			

a. Dependent Variable: ACCELERATIONSIt026

b. Predictors: (Constant), Q243, Q292, Q3522, Q381

Πίνακας 5.15: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	16.645	2.592		6.422	.000
	Φρενάρω απότομα ΄΄Σπάνια΄΄	10.628	4.757	.432	2.234	.047
	Ετήσιο εισόδημα <10.000 ευρώ	-19.270	5.183	-.783	-3.718	.003
	Μία κλήση παράβασηςη ΚΟΚ τα τελευταία δύο χρόνια	12.753	4.951	.518	2.576	.026
	2 ατυχήματα μέχρι σήμερα	16.824	6.293	.522	2.674	.022

a. Dependent Variable: ACCELERATIONSIt026

Πίνακας 5.16: Σχετική επιρροή μεταβλητών μοντέλου απότομων επιταχύνσεων με τιμή επιτάχυνσης μεταξύ 0.22g και 26g $\frac{m}{s^2}$ στην αιχμή του συμβάντος (AccelerationsIt0.26).

		Μοντέλο 4			
Εξαρτημένη Μεταβλητή		Αριθμός απότομων επιταχύνσεων με τιμή επιτάχυνσης μεταξύ 0.22g και 0.26g m/s² στην αιχμή του συμβάντος			
		βi	t	Ψευδοελαστικότητες	Σχετικές επιρροές
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Ετήσιο εισόδημα<10.000 ευρώ	-19.27	-3.716	2.014	1.288
	2 ατυχήματα μέχρι σήμερα	16.824	2.674	2.002	1.280
	'Φρενάρω απότομα Σπάνια''	10.628	2.234	1.565	1.001
	Μία κλήση παράβασης ΚΟΚ	12.753	2.576	1.564	1.000

<u>Μαθηματική σχέση:</u>

(4) $$Y = 16{,}645 + 10.628 * (\text{φρενάρω απότομα ''Σπάνια''}) + 12.753 * (1\ \textit{Κλήση}) - 19.270 * (\textit{Ετήσιο εισόδημα} < 10.000\ \textit{ευρώ}) + 16.824 * (2\ \textit{Ατυχήματα})$$

<u>Περιγραφή προσήμων:</u>

Το μέτρο επιτάχυνσης 0.22g $\frac{m}{s^2}$ και 26g $\frac{m}{s^2}$ ισούνται περίπου με 7.2 και 9 km/h/s αντίστοιχα τα μέτρα των οποίων είναι **αρκετά μεγάλα** για να θεωρηθεί προσεκτική η συμπεριφορά του οδηγού. Παρατηρούνται ξανά τα ίδια πρόσημα των ανεξάρτητων μεταβλητών και απεικονίζουν φαινόμενα παρόμοια με αυτά που αναφέρθηκαν στα Μοντέλα 1, 2 και 3 με <u>εξαίρεση</u> την αντίληψη του οδηγού αν φρενάρει απότομα η οποία σχολιάζεται παρακάτω.

• Οι οδηγοί που έχουν λιγότερο από 10.000 ευρώ ετήσιο εισόδημα κάνουν <u>101.4%</u> λιγότερες απότομες επιταχύνσεις με τιμή επιτάχυνσης μεταξύ 0.22g και 0.26$g\ \frac{m}{s^2}$ από εκείνους που έχουν πάνω από 25.000 ευρώ ετήσιο εισόδημα με την προϋπόθεση ότι οι υπόλοιπες μεταβλητές παραμένουν σταθερές.

• Οι οδηγοί που έχουν πραγματοποιήσει 2 ατυχήματα έως σήμερα κάνουν <u>100.2%</u> περισσότερες απότομες επιταχύνσεις με τιμή επιτάχυνσης μεταξύ 0.22g και 0.26 $g\frac{m}{s^2}$ από εκείνους που έχουν κάνει αντίστοιχα πάνω από 3 ατυχήματα την ημέρα με την προϋπόθεση ότι οι υπόλοιπες μεταβλητές παραμένουν σταθερές.

• Οι οδηγοί που έχουν μία κλήση για παράβαση ΚΟΚ τα τελευταία δύο χρόνια κάνουν 56.4% περισσότερες απότομες επιταχύνσεις με τιμή επιτάχυνσης μεταξύ 0.22g και 0.26g $\frac{m}{s^2}$ από ότι εκείνοι που έχουν κάνει τον μέγιστο αριθμό κλήσεων (πάνω από 3 κλήσεις) υπό την προϋπόθεση πως οι υπόλοιπες μεταβλητές παραμένουν σταθερές.

• Στην ερώτηση *''Πόσο συχνά θεωρείτε ότι σας χαρακτηρίζει η έκφραση: <<Φρενάρω απότομα>>''* οι οδηγοί που απάντησαν *''Σπάνια''* κάνουν 56.5% **περισσότερες** απότομες επιταχύνσεις με τιμή επιτάχυνσης μεταξύ 0.22g και 0.26g $\frac{m}{s^2}$ στην αιχμή του συμβάντος από εκείνους που απάντησαν *''Συχνά''* με την προϋπόθεση ότι οι υπόλοιπες μεταβλητές παραμένουν σταθερές. Το αποτέλεσμα αυτό αντιβαίνει με όσα έχουν παρατηρηθεί στα προηγούμενα μοντέλα οπότε προκύπτει ότι η δεδηλωμένη συμπεριφορά του οδηγού επηρεάζει διαφορετικά τα απότομα φρεναρίσματα από τις απότομες επιταχύνσεις.

<u>Σχετική επιρροή</u>

- ➢ Η μεταβλητές **'Αντίληψη οδηγού απότομων φρεναρισμάτων'' και ''Αριθμός κλήσεων''** εμφανίζουν παρόμοια επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή.

- ✓ Οι μεταβλητές **'Ετήσιο Εισόδημα'' και ''Αριθμός ατυχημάτων''** εμφανίζουν ίδια επιρροή η καθεμία από ότι οι μεταβλητές 'Αντίληψη οδηγού απότομων φρεναρισμάτων'' και ''Αριθμός κλήσεων''.

5.4. Συνολική ανάλυση αποτελεσμάτων

5.4.1. Γενικές Παρατηρήσεις για τα μοντέλα

Μετά από **σύγκριση** των μοντέλων μεταξύ τους και **σχολιασμό** αυτών, προκύπτουν τα παρακάτω :

- ✓ Όλα τα μοντέλα περιλαμβάνουν ως ανεξάρτητες μεταβλητές τον αριθμό ατυχημάτων, κλήσεων και το ετήσιο εισόδημα καθώς επίσης έχουν σταθερό όρο.

- ✓ Όλα τα αποτελέσματα των μοντέλων μπορούν να εξηγηθούν λογικά, επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας.

- ✓ Καθοριστικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού αποτελούν ο αριθμός ατυχημάτων και το ετήσιο εισόδημα του οδηγού όπως προκύπτει από τις σχετικές επιρροές. Στη συνέχεια ακολουθεί ο αριθμός κλήσεων παράβασης ΚΟΚ, η αντίληψη του οδηγού ως προς τη συχνότητα απότομου φρεναρίσματος και λιγότερο καθοριστικός παράγοντας είναι οι διαδρομές ανά ημέρα οι οποίες εμφανίζονται μόνο σε ένα μοντέλο.

- ✓ Τα τελικά μοντέλα που παρουσιάζονται παραπάνω είναι τα **βέλτιστα** ως αποτέλεσμα πολλαπλών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν και συνεπώς **προβλέπουν** όσο το δυνατόν καλύτερα την εκάστοτε εξαρτημένη μεταβλητή.

- ✓ Όλοι οι **στατιστικοί έλεγχοι** ($Sig<0.05$, $0.4<R^2$) ικανοποιούνται σε γενικές γραμμές.

- ✓ Έγιναν **αποδεκτά** μοντέλα με επίπεδο σημαντικότητας κάτω από 0.01 ως αξιόπιστα.

- ✓ Ο συντελεστής διακύμανσης **δεν ξεπερνάει** το 0.9 κάτι το οποίο θα δήλωνε ότι το εκάστοτε μοντέλο δεν είναι αξιόπιστο καθώς συγκρίνονται όμοια στοιχεία.

- ✓ Οι διαδρομές/ημέρα επηρεάζουν **μόνο** τα απότομα φρεναρίσματα ανά 100 χλμ.

- ✓ Κατά τη διάρκεια της έρευνας έγιναν δοκιμές και με **ανεξάρτητες** τις συνεχείς μεταβλητές των απότομων επιταχύνσεων ή φρεναρισμάτων ανά 100 χλμ. αλλά τα μοντέλα δεν ήταν αξιόπιστα καθώς είτε ο συντελεστής διακύμανσης R^2 ήταν πολύ υψηλός (>09) γεγονός που υποδήλωνε ότι συγκρίνονταν όμοια στοιχεία είτε το επίπεδο σημαντικότητάς ξεπερνούσε το 5-10%.

- ✓ Οι υπόλοιπες μεταβλητές που επιλέχθηκαν αρχικά ως ανεξάρτητες μεταβλητές όπως η <u>συχνότητα οδήγησης υπό την επήρεια αλκοόλ</u> ή ο <u>αριθμός παραβίασης ΚΟΚ τα τελευταία 2 χρόνια</u> δεν εμφανίστηκαν σε

κανένα βέλτιστο μοντέλο. Συνεπώς **δεν δείχνουν να επηρεάζουν** στο ελάχιστο την αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού.

- ✓ Οι μεταβλητές ‘’Αριθμός ατυχημάτων’’ και ‘’Ετήσιο εισόδημα’’ έχουν γενικότερα τη **μεγαλύτερη σχετική επιρροή** στις εξαρτημένες μεταβλητές συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταβλητές.

- ✓ Οι οδηγοί με χαμηλό ετήσιο εισόδημα πραγματοποιούν αρκετά υψηλότερο αριθμό απότομων φρεναρισμάτων κι επιταχύνσεων ανά 100 χλμ. (της τάξης του +50%) από εκείνους με υψηλό εισόδημα.

- ✓ Οι οδηγοί που έχουν 2 ατυχήματα στο ιστορικό τους σε αντίθεση με εκείνους που έχουν περισσότερα από 3 ατυχήματα φαίνεται να πραγματοποιούν πολύ περισσότερες απότομες επιταχύνσεις και φρεναρίσματα ανά 100 χλμ.(της τάξης του +50%) καθώς και με τιμή επιταχύνσεων και ταχύτητας σχετικά υψηλές κατά την έναρξη του συμβάντος (των τάξεων του +80 και +100 % αντίστοιχα).

- ✓ Οι οδηγοί που έχουν μόνο μία κλήση παράβασης ΚΟΚ πραγματοποιούν σχετικά περισσότερες καταγραφές γεγονότων από ότι οι οδηγοί με περισσότερες από 3 κλήσεις παράβασης ΚΟΚ τα τελευταία 2 χρόνια.

- ✓ Οι οδηγοί που κάνουν 3 διαδρομές / ημέρα πραγματοποιούν 46.5 % περισσότερα απότομα φρεναρίσματα από εκείνους που κάνουν παραπάνω από 5 διαδρομές/ημέρα. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι οι διαδρομές/ημέρα δε φαίνεται να επηρεάζουν άλλη εξαρτημένη μεταβλητή.

- ✓ Οι οδηγοί που απαντούν ότι φρενάρουν απότομα ‘’μερικές φορές’’ δεν δείχνουν να έχουν σχετικά παρόμοια οδηγική συμπεριφορά με εκείνους που απαντούν ‘’Σπάνια’’.

5.4.2. Σύγκριση αποτελεσμάτων περιγραφικών στατιστικών και μοντέλων

Σύμφωνα με τα περιγραφικά στατιστικά τα οποία περιγράφηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο γίνεται **σύγκριση** αυτών με τα αποτελέσματα των μαθηματικών στατιστικών μοντέλων που αναπτύχθηκαν. Οι παρατηρήσεις που προέκυψαν από τη σύγκριση αυτή παρατίθενται παρακάτω :

i. Σύμφωνα με τα περιγραφικά στατιστικά οι οδηγοί με υψηλό εισόδημα εμφανίζουν το μεγαλύτερο αριθμό απότομων φρεναρισμάτων και επιταχύνσεων ανά 100χλμ. καθώς επίσης το ίδιο φαινόμενο απεικονίζεται και στα μοντέλα.

ii. Οι οδηγοί με υψηλό εισόδημα πραγματοποιούν μεγαλύτερο αριθμό απότομων φρεναρισμάτων από εκείνον που δηλώνουν.

iii. Ο αριθμός των κλήσεων παράβασης ΚΟΚ δεν φαίνεται να συσχετίζεται καταρχήν με τον αριθμό απότομων επιταχύνσεων ανά 100 χλμ., σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των μοντέλων τα οποία δείχνουν ότι ο όσο αυξάνεται ο αριθμός των κλήσεων που έχει λάβει ο οδηγός μειώνεται η πιθανότητα καταγραφής απότομης επιτάχυνσης ή φρεναρίσματος.

iv. Στην αρχική στατιστική ανάλυση βρέθηκε ότι ο αριθμός ατυχημάτων δεν δείχνει να επηρεάζει τις απότομες επιταχύνσεις ανά 100 χλμ., αντίθετα στα μαθηματικά μοντέλα ο αριθμός ατυχημάτων αποτελεί τον πιο καθοριστικό παράγοντα.

v. Τόσο στην αρχική στατιστική ανάλυση όσο και στα μοντέλα είναι φανερό ότι η οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ δεν επηρεάζει την καταγραφή κάποιου γεγονότος.

Πίνακας 5.17: Σύγκριση αποτελεσμάτων περιγραφικών στατιστικών με τα αποτελέσματα των μοντέλων

Εξαρτημένη Μεταβλητή		Απότομες επιταχύνσεις ή φρεναρίσματα ανά 100 χλμ.	
		Περιγραφικά Στατιστικά (Summary statistics)	Μοντέλα
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Ετήσιο εισόδημα -	καλή συσχέτιση (+)	υψηλή συσχέτιση (-)
	Αριθμός κλήσεων παράβασης	χαμηλή συσχέτιση	καλή συσχέτιση (+)
	Συχνότητα οδήγησης υπό την επήρεια αλκοόλ	χαμηλή συσχέτιση	δεν συσχετίζονται
	Αριθμός ατυχημάτων	χαμηλή συσχέτιση	υψηλή συσχέτιση (+)

6. Συμπεράσματα

6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί **η συσχέτιση δεδηλωμένης και αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού με τη χρήση των διαγνωστικών στοιχείων του οχήματος.**

Η συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων για τη διερεύνησης της δεδηλωμένης κι αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού πραγματοποιήθηκε με αποστολή στοιχείων από το σύστημα των διαγνωστικών του οχήματος, μέσω μιας ειδικής συσκευής που κατέγραφε δεδομένα ανά δευτερόλεπτο, τα οποία συγκεντρώνονται σε μία κεντρική βάση δεδομένων.

Μετά από κατάλληλη επεξεργασία και μία σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν μαθηματικά μοντέλα με τη μέθοδο της **γραμμικής παλινδρόμησης** για τις παρακάτω **εξαρτημένες μεταβλητές**, από ένα μεγάλο αριθμό στοιχείων ανά δευτερόλεπτο που συλλέχθηκαν από τα διαγνωστικά του οχήματος.

- ✓ Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων ανά 100 χλμ. (**H**arsh **B**rakings/100km)
- ✓ Αριθμός απότομων επιταχύνσεων ανά 100 χλμ.(**H**arsh **A**ccelerations/100km
- ✓ Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων με ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90 km/h κατά την **έναρξη** του συμβάντος (Brakingslt90)
- ✓ Ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων με τιμή επιτάχυνσης μεταξύ 0.22g και 0.26g $\frac{m}{s^2}$ στην **αιχμή** του συμβάντος (Accelerationslt0.26).

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 βi και τις τιμές της σχετικής επιρροής ei των ανεξαρτήτων μεταβλητών.

Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων των τεσσάρων μοντέλων

		Μοντέλο 1		Μοντέλο 2		Μοντέλο 3		Μοντέλο 4	
Εξαρτημένες Μεταβλητές		Απότομα φρεναρίσματα ανά 100 χλμ.		Απότομες επιταχύνσεις ανά 100 χλμ.		Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων με ταχύτητα κίνησης μεταξύ		Αριθμός απότομων επιταχύνσεων με τιμή επιτάχυνσης μεταξύ 0.22g	
		βi	ei	βi	ei	βi	ei	βi	ei
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Ετήσιο εισόδημα<10.000 ευρώ	-33.296	1.171	-50.742	1.392	-7.694	1.135	-19.3	1.288
	2 ατυχήματα μέχρι σήμερα	44.115	1.156	57.078	1.357	13.856	1.626	16.824	1.280
	'Φρενάρω απότομα Σπάνια"							10.628	1.001
	Μία κλήση παράβασης ΚΟΚ	31.718	1	38.564	1.276	8.601	1.254	12.753	1
	'Φρενάρω απότομα Μερικές Φορές"			-24.289	1	-2.752	1		
	3 Διαδρομές /ημέρα	40.961	1.097						

6.2 Συνολικά Συμπεράσματα

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

1. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού είναι αρκετοί αλλά από τις αναλύσεις ελαστικότητας προκύπτει ότι οι πιο **καθοριστικοί παράγοντες** είναι ο αριθμός ατυχημάτων που έχει εμπλακεί ο οδηγός μέχρι σήμερα καθώς και το ετήσιο εισόδημα του. Στην ιεράρχηση καθοριστικών παραγόντων ακολουθεί ο αριθμός κλήσεων παράβασης του ΚΟΚ που έχει λάβει ο οδηγός τα τελευταία 2 χρόνια καθώς οι παράγοντες που έχουν αρκετά μικρότερη επιρροή στην κυκλοφοριακή συμπεριφορά του οδηγού είναι η αντίληψη του ως προς τη συχνότητα που φρενάρει απότομα και οι διαδρομές που πραγματοποιεί ανά ημέρα.

2. 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 σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός απότομων φρεναρισμάτων ή επιταχύνσεων τόσο πιο προσεκτικός είναι ο οδηγός. Πιο συγκεκριμένα, οι οδηγοί που φρενάρουν πιο πολλές φορές απότομα μειώνουν πιο συχνά την ταχύτητα τους λόγω εμποδίων, σήμανσης ή ορίων ταχυτήτων και αντίστοιχα επιταχύνουν πιο πολλές φορές λόγω των χαμηλών ταχυτήτων που αναπτύσσουν ώστε να προσαρμοστούν ξανά σε κανονικές συνθήκες κυκλοφορίας. Τέλος, ενδεχομένως να φρενάρουν απότομα περισσότερες φορές ώστε να αποφύγουν αποτελεσματικά ατυχήματα και λήψη κλήσεων.

3. Οι οδηγοί με χαμηλό **ετήσιο εισόδημα** δείχνουν να είναι πιο επικίνδυνοι και απρόσεκτοι από τους οδηγούς με υψηλό εισόδημα εφόσον καταγράφουν λιγότερα γεγονότα κι επομένως αυτό σημαίνει ότι αναπτύσσουν υψηλότερες ταχύτητες. Το συμπέρασμα αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι η ζωή των οδηγών με υψηλό εισόδημα χαρακτηρίζεται από μία σταθερότητα και ασφάλεια που λείπει από την ζωή των πρώτων. Οδηγοί χαμηλού εισοδήματος πιθανότατα να είναι οι νέοι οδηγοί, με μικρή εμπειρία οδήγησης ή πιθανώς να έχουν φορτωμένο πρόγραμμα ώστε να επιτύχουν υψηλούς επαγγελματικούς στόχους με αποτέλεσμα τελικώς να προτάσσουν την ταχύτητα έναντι της ασφάλειας. Επίσης, πιθανώς οι νέοι οδηγοί να έχουν την τάση να χρησιμοποιούν το όχημα ως μέσο επίδειξης παρά ως μέσο μετακίνησης. Τέλος, οδηγοί με χαμηλό εισόδημα μπορεί να μην έχουν την οικονομική δυνατότητα χρήσης του οχήματος όσο οι οδηγοί με υψηλό εισόδημα με αποτέλεσμα οδηγοί που χρησιμοποιούν το όχημα σε πιο αραιά διαστήματα να είναι πιο επικίνδυνοι.

4. Η **δεδηλωμένη συμπεριφορά** του οδηγού η οποία αποτυπώνεται μέσω της ανεξάρτητης μεταβλητής της δεδηλωμένης συχνότητας απότομου φρεναρίσματος του οδηγού **φαίνεται να επηρεάζει την αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του λιγότερο από τις άλλες μεταβλητές**. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι η ανθρώπινη αντίληψη εμπεριέχει πολλά σφάλματα υπερεκτίμησης των δυνατοτήτων και πιο δύσκολα καθίσταται ικανή να εκτιμήσει την κυκλοφοριακή συμπεριφορά. Πιο συγκεκριμένα, ο οδηγός δεν έχει πάντα όλες τις απαιτούμενες γνώσεις ως προς την οδική ασφάλεια ώστε να αξιολογήσει την οδήγηση του, όπως επίσης συχνά από τη φύση του υπερεκτιμά ή υποτιμά τις δυνατότητες του ή πιθανώς δεν θυμάται οδικά περιστατικά ώστε να δώσει ακριβή στοιχεία.

5. Οι **διαδρομές ανά ημέρα** επηρεάζουν μόνο ένα από τα τέσσερα μοντέλα τα οποία αναπτύχθηκαν και μάλιστα σε πολύ μικρό βαθμό. Το γεγονός αυτό είναι άξιο σχολιασμού καθώς φανερώνει ότι η συχνότητα μετακινήσεων ανά ημέρα δείχνει να αποτελεί δευτερεύοντα παράγοντα στην αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού. Αναλυτικότερα ο οδηγός δεν φαίνεται να συνηθίζει σε έναν τύπο οδηγικής συμπεριφοράς όταν κάνει πολλές διαδρομές αλλά ενδεχομένως αυτός να επηρεάζεται μόνο από το προσωπικό χαρακτήρα του οδηγού, τη ψυχολογική του κατάσταση ανάλογα με την εκάστοτε ημέρα ή τις εκάστοτε κυκλοφοριακές συνθήκες.

6. Η **συχνότητα οδήγησης υπό την επήρεια αλκοόλ** δεν εμφανίστηκε σε κανένα μοντέλο καθώς απορρίφθηκε μετά από δοκιμές. Το γεγονός ότι η συχνότητα μέθης του οδηγού δεν φαίνεται να επηρεάζει την αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι επηρεάζει περισσότερο τον χρόνο αντίδρασης ο οποίος δεν εξετάστηκε στην παρούσα Εργασία λόγω έλλειψης των σχετικών στοιχείων.

7. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών απορρίφθηκε και η μεταβλητή του **αριθμού παραβίασης ΚΟΚ τα τελευταία 2 χρόνια** ως πιθανή ανεξάρτητη μεταβλητή. Αυτό προκύπτει καθώς η παραβίαση ΚΟΚ περιέχει πολλές ενέργειες ενός οδηγού οι οποίες δεν συνδέονται απαραίτητα με την ταχύτητα που αναπτύσσει κατά τη διάρκεια οδήγησης και συνεπώς με την καταγραφή γεγονότων. Μερικές από τις ενέργειες αυτές είναι για παράδειγμα η μη χρήσης ζώνης, η παραβίαση φωτεινού σηματοδότη σε μία περιοχή όπου δεν περνούσαν οχήματα και πεζοί, ή η χρήση του κινητού τηλεφώνου την ώρα τη οδήγησης. Συνεπώς οι οδηγοί που απάντησαν σε αυτήν την ερώτηση μπορεί να ανέφεραν μεμονωμένες ενέργειες παραβίασης του ΚΟΚ οι οποίες δεν μπορούν να αποτυπώσουν ικανοποιητικά τη συνολική αποκαλυφθείσα του συμπεριφορά.

8. Από τη σύγκριση των περιγραφικών στατιστικών με τα αποτελέσματα των μοντέλων προκύπτει ότι τα περιγραφικά στατιστικά αποτελούν μία **προκαταρκτική ανάλυση των στοιχείων** χωρίς να δίνουν ακριβείς ενδείξεις της επιρροής των μεταβλητών που έχουν στην αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού. Αντίθετα, τα μαθηματικά στατιστικά μοντέλα αναδεικνύουν πολύ καλύτερα τις πολύπλοκες σχέσεις των μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, η μοναδική ανεξάρτητη μεταβλητή που φάνηκε από την ανάλυση των περιγραφικών στατιστικών και την ανάπτυξη μοντέλων να επηρεάζει σε μικρό και μεγάλο βαθμό αντίστοιχα την αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού είναι ο αριθμός ατυχημάτων.

9. Η στατιστική επεξεργασία των περισσοτέρων στοιχείων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της **γραμμικής παλινδρόμησης**, που αποδείχθηκε κατάλληλη για τέτοιου είδους ανάλυση. Η ανάλυση των στοιχείων με αυτή τη μέθοδο οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών μοντέλων διερεύνησης της δεδηλωμένης και αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού. Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου έγινε καθώς οι ανεξάρτητες μεταβλητές προς εξέταση ήταν διακριτές, λαμβάνοντας τις τιμές 0 και 1.

10. Τέλος, αναφέρεται ότι, υπό προϋποθέσεις, μπορεί να καταστεί δυνατή **η γενίκευση των αποτελεσμάτων** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ώστε να χρησιμοποιηθούν και σε επόμενες συναφείς έρευνες με αντικείμενο τη διερεύνηση της δεδηλωμένης κι αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού μέσω χρήσης των διαγνωστικών στοιχείων. Θα πρέπει βέβαια να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες προσαρμογές όσων αφορά την επιλογή των μεταβλητών ανάλογα με το αντικείμενο και τον στόχο της έρευνας.

6.3 Προτάσεις για βελτίωση της δεδηλωμένης κι αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα και τα συνολικά συμπεράσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, επιχειρείται η παράθεση μιας σειράς προτάσεων, οι οποίες ενδεχομένως να συμβάλλουν στη βελτίωση της δεδηλωμένης και αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού.

- ✓ Η παρούσα ανάλυση πρέπει να **διευρυνθεί,** εντάσσοντας συνεχώς όλο και περισσότερους οδηγούς, οι οποίοι θα ενημερώνονται για τα αποτελέσματά της και θα γνωρίζουν πως συμπεριφέρονται στο δρόμο έτσι ώστε να είναι σε θέση να βελτιωθούν.

- ✓ 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.

- ✓ Πρέπει να υπάρξει μια συντονισμένη αντιμετώπιση του προβλήματος από την Πολιτεία αλλά 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 οδικής ασφάλειας στα πλαίσια των σχολικών δραστηριοτήτων.

- ✓ Πρέπει να **ελέγχεται ηλεκτρονικά η ταχύτητα** των οχημάτων (ιδίως στους δρόμους ταχείας κυκλοφορίας) μέσω ειδικών μηχανημάτων, ώστε να γνωρίζουν οι ειδικοί φορείς και η αστυνομία ποιος υπερβαίνει τα νομοθετημένα όρια και να προβαίνουν στις απαραίτητες ενέργειες.

6.4 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

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

- ✓ Από μία ανάλογη έρευνα θα προκύπταν επιπρόσθετα χρήσιμα αποτελέσματα έχοντας διαθέσιμο ένα **ευρύτερο δείγμα οδηγών**, ώστε να είναι εφικτή η ομαδοποίηση των συμμετεχόντων και η εξαγωγή συμπερασμάτων με βάση διαφορετικά στοιχεία των οδηγών, όπως το φύλο, τα χρόνια οδήγησης, η ηλικία κτλ.

- ✓ Επιπλέον, εφόσον η αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού μεταβάλλεται ανάλογα και με την **ψυχολογική κατάσταση** του καθενός, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η εν λόγω έρευνα αφού πρώτα έχουν εξεταστεί οι συμμετέχοντες από ειδικούς ψυχολόγους.

- ✓ Παράγοντες που επίσης επηρεάζουν την αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού και πρέπει να εξεταστούν είναι **οι εκάστοτε κυκλοφοριακές συνθήκες** όπως καιρικές συνθήκες ή κυκλοφοριακός φόρτος κατά τη διάρκεια της οδήγησης.

- ✓ 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.

- ✓ Σε συνέχεια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας θα μπορούσε να διευρυνθεί η επιρροή της ηλικίας ως ανεξάρτητη μεταβλητή στην αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του οδηγού. Πριν γίνει μία τέτοια ανάλυση προτείνεται οι οδηγοί ηλικίας 24 και 51 χρονών να μην συμμετέχουν στην επεξεργασία του δείγματος καθώς έχουν μεγάλη ηλικιακή διαφορά με τους υπόλοιπους 15 οδηγούς.

- ✓ 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 ειδική συσκευή. 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 αποκαλυφθείσα συμπεριφορά του.

7. Βιβλιογραφία

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

2. 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

3. *‘’Personality* attitudes and risk perception as predictors of risky driving behavior among young drivers’’, Department of Psychology, Norwegian University of Science and Technology, 2002
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753501000777

4. Σαπλαούρας Ευστράτιος, ‘’Διερεύνηση της Κυκλοφοριακής Συμπεριφοράς του οδηγού με χρήση των διαγνωστικών στοιχείων του οχήματος’’ , Αθήνα 2015

5. World Health Organization, ΄΄Road traffic injuries΄΄, Μάιος 2016

6. Σύλλογος Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων , ‘’Οι θέσεις ου συλλόγου των Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων για την Οδική ασφάλεια στην Ελλάδα ΄΄ Απρίλιος 2016

7. Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΑΤ), 2000-2016

8. National Technical University of Athens, Road Safety Observatory 2016 www.nrso.ntua.gr

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

10. Nadeem, Tamer, et al. "*TrafficView: traffic data dissemination using car-to-car communication.*" ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review 8.3 (2004): 6-19.

11. Huang, Yueng-Hsiang, et al. "*Feedback by technology: Attitudes and opinions of truck drivers.*" Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour 8.4 (2005): 277-297.

12. Toledo, Tomer, Oren Musicant, and Tsippy Lotan. "*In-vehicle datarecorders for monitoring and feedback on drivers' behavior.*" *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 16.3 (2008): 320-331.

13. Zaldivar, Jorge, et al. "*Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones.*" Local Computer Networks (LCN), 2011 IEEE 36th Conference on. IEEE, 2011.

14. Αποστολίας Σαλατά, Εμμανουηλ Ανδρουλιδάκη, Παράμετροι επιρροής της πρόθεσης των Ελλήνων οδηγών για την αποφυγή οδικών ατυχημάτων, Οκτώβριος 2004

Ερωτηματολόγιο

Α. ΟΔΗΓΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ – ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ

1. Πόσα χρόνια οδηγείτε;

2. Σας αρέσει η οδήγηση;

Ναι	Όχι

3. Πότε αποκτήσατε την άδεια οδήγησης σας;

4. Πότε λήγει η άδεια οδήγησης σας;

5. Είσαστε ή ήσασταν επαγγελματίας οδηγός;

Ναι	Όχι

6. Πόσα χιλιόμετρα ανά έτος εκτιμάτε ότι διανύετε ως οδηγός;

< 5.000	5.001 - 10.000	10.001 - 15.000	15.001 - 20.000	> 20.000

7. Πόσες ημέρες την εβδομάδα χρησιμοποιείτε το αυτοκίνητό σας;

1	2	3	4	5	6	7

8. Πόσα χιλιόμετρα περίπου οδηγείτε την εβδομάδα εντός πόλης;

<20	20-50	50-100	100-150	150+	Δεν ξέρω

9. Πόσα χιλιόμετρα περίπου οδηγείτε την εβδομάδα εκτός πόλης;

<20	20-50	50-100	100-150	150+	Δεν ξέρω

10. Πόσες διαδρομές περίπου πραγματοποιείτε την ημέρα ως οδηγός;

1	2	3	4	5+

11. Τι ποσοστό περίπου της συνολικής απόστασης που διανύετε ετησίως είναι σε αυτοκινητόδρομο;

<10%	10-30%	30-60%	60-90%	<90%

12. Υποδείξτε το μέσο μήκος των διαδρομών σας σε χιλιόμετρα:

1-2	3-5	6-9	10-15	16-29	30+	Δεν ξέρω

13. Είστε ιδιοκτήτης αυτοκινήτου ΙΧ;

Ναι	Όχι

Β. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ

14. Το όχημα

Είναι ιδιοκτησία σας	Ανήκει σε άλλο μέλος της οικογένειας σας	Ανήκει στην εταιρεία που εργάζεστε

15. Το όχημα χρησιμοποιείται από εσάς κατά:

>90%	50%-90%	<50%

16. Ποιος είναι ο κυβισμός του οχήματος;

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

17. Ποια είναι η ηλικία του οχήματος;

<5 έτη	5-10 ετών	10-15 ετών	>15 ετών

18. Κάθε πότε κάνετε συντήρηση (service) του οχήματος;

Κάθε 6 μήνες	Κάθε χρόνο	Κάθε 2 χρόνια	Σε άτακτα χρονικά διαστήματα

19. Πόσα χρήματα δαπανάτε μηνιαίως για καύσιμα του οχήματός σας (σε Ευρώ);

<50	51 - 100	101 - 200	> 200

20. Τι είδους ασφάλεια διαθέτετε;

Απλή	Μικτή

21. Ποια είναι η ασφαλιζόμενη αξία του οχήματος (σε Ευρώ);

<5.000	5.001-10.000	10.001-20.000	20.001-30.000

22. Πόσο είναι το ετήσιο ασφάλιστρο για το όχημα (σε Ευρώ)

<200	201-300	301-400	401-500	501-600	>600	Δεν γνωρίζω

23. Με ποιο τρόπο επιλέγετε την ασφαλιστική σας εταιρεία;

Μέσω πράκτορα	Διαδικτυακά	Δε γνωρίζω

Γ. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ

24. Πόσα ατυχήματα συνολικά είχατε ως οδηγός μέχρι σήμερα;

0	1	2	3	>3

25. Πόσες φορές <u>τα τελευταία δύο χρόνια</u>, αποφύγατε «την τελευταία στιγμή» ένα ατύχημα;

0	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 10

26. Πόσα ατυχήματα μόνο με υλικές ζημιές είχατε τα τελευταία δύο χρόνια με το αυτοκίνητο;

0	1	2	3	>3

27. Πόσα σοβαρά ατυχήματα με τραυματισμό είχατε τα τελευταία δύο χρόνια με το αυτοκίνητο;

0	1	2	3	>3

28. Πόσες φορές <u>τα τελευταία δύο χρόνια</u>, <u>παραβιάσατε</u> τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας ενώ οδηγούσατε;

0 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	>20

29. <u>Τα τελευταία δύο χρόνια,</u> <u>πόσες κλήσεις</u> είχατε για παραβάσεις του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας;

0	1	2	3	>3

30. <u>Τα τελευταία δύο χρόνια,</u> <u>πόσες κλήσεις</u> για υπέρβαση του ορίου ταχύτητας έχετε λάβει;

0	1	2	3	>3

31. Πόσο τηρείτε τα όρια ταχύτητας όταν οδηγείτε:

**Σημειώστε με √ το κουτάκι της επιλογής σας*	1 = Καθόλου	2	3	4	5 = Πολύ
σε αυτοκινητόδρομο;					
σε εθνική ή επαρχιακή οδό;					
σε αστική οδό;					

32. Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε τη ζώνη ασφαλείας όταν οδηγείτε:

*Σημειώστε με √ το κουτάκι της επιλογής σας	1 = Καθόλου	2	3	4	5 = Πολύ
σε αυτοκινητόδρομο;					
σε εθνική ή επαρχιακή οδό;					
σε αστική οδό;					

Δ. ΟΔΗΓΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

33. Πόσο συχνά οδηγήσατε το τελευταίο εξάμηνο στις παρακάτω συνθήκες:

*Σημειώστε με √ το κουτάκι της επιλογής σας	**Καθόλου**	**Λιγότερο από μια φορά το μήνα**	**Τουλάχιστον μια φορά τον μήνα**	**Τουλάχιστον 1-2 φορές τη βδομάδα**	**Τουλάχιστον τέσσερις φορές τη βδομάδα**
Νύχτα					
Σε ώρες κυκλοφοριακής αιχμής					
Με βροχή					
Σε αυτοκινητόδρομους					
Σε άγνωστες περιοχές					
Εκτός πόλης					
Εντός πόλης					
Κοντά στην περιοχή κατοικίας σας					
Διανύοντας μεγάλες αποστάσεις					

34. Γενικότερα:

*Σημειώστε με √ το κουτάκι της επιλογής σας	1 = Καθόλου	2	3	4	5 = Πολύ
Πόσο επιδέξιος οδηγός πιστεύετε ότι είστε;					
Πόσο προσεκτικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε;					
Πόσο επιθετικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε;					

35. Ποια από τα παρακάτω και πόσο συχνά θεωρείτε ότι σας χαρακτηρίζουν στην οδήγηση;

**Σημειώστε με √ το κουτάκι της επιλογής σας*	**Ποτέ**	**Σπάνια**	**Μερικές φορές**	**Συχνά**	**Πάντα**
Οδηγώ πάνω από το όριο ταχύτητας					
Φρενάρω απότομα					
Επιταχύνω απότομα					
Στρίβω απότομα					
Οδηγώ πολλές ώρες					
Οδηγώ με χαμηλό δείκτη κατανάλωσης καυσίμου					
Οδηγώ νυχτερινές ώρες (00.00-04.00)					
Κάνω περίπου τις ίδιες διαδρομές					
Χρησιμοποιώ το κινητό μου τηλέφωνο					
Χρησιμοποιώ GPS για τις μετακινήσεις μου					
Αλλάζω λωρίδα κυκλοφορίας απότομα					
Οδηγώ υπό την επήρεια αλκοόλ					
Προσπερνώ προπορευόμενα οχήματα					
Καθυστερώ να αντιδράσω σε περίπτωση αναγκαστικού φρεναρίσματος					
Οδηγώ επικίνδυνα για εμένα και τους άλλους					

Ε. Δημογραφικά Χαρακτηριστικά

36. Οικογενειακή κατάσταση:

Ανύπαντρος	Παντρεμένος

37. Αριθμός παιδιών:

Κανένα	1	2	>2

38. Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα:

>10.000	10.001-25.000	>25.000

39. Μορφωτικό επίπεδο:

Πρωτοβάθμια	ΑΕΙ	Μεταπτυχιακό Δίπλωμα	Άλλο
Δευτεροβάθμια	ΑΤΕΙ	Διδακτορικό	

40. Επάγγελμα

Ιδιωτικός Υπάλληλος	Ελεύθερος Επαγγελματίας	Οικιακά	Δημόσιος Υπάλληλος	Επιχειρηματίας
Συνταξιούχος	Φοιτητής	Εργάτης	Άνεργος	Άλλο

41. Χρησιμοποιείτε ηλεκτρονικό υπολογιστή;

Ναι	Όχι

42. Πόσο χρησιμοποιείτε το Smartphone σας;

1 = Καθόλου	2	3	4	5 = Πολύ

43. Η εξοικείωση σας με το Διαδίκτυο / Internet είναι:

1 = Καθόλου	2	3	4	5 = Πολύ

44. Η εξοικείωση σας με τις εφαρμογές των SmartPhones είναι:

1 = Καθόλου	2	3	4	5 = Πολύ