



Συσχέτιση Δεδηλωμένης και Αποκαλυφθείσας Συμπεριφοράς του Οδηγού με Χρήση των Διαγνωστικών Στοιχείων του Οχήματος

Natalia Vittoratos¹, Dimitrios I. Tselentis¹, George Yannis^{1*}

¹ Department of Transportation Planning and Engineering, National Technical University of Athens, 5 Heroon Polytechniou str., GR-15773 Athens, *geyannis@central.ntua.gr

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η συσχέτιση της δεδηλωμένης και αποκαλυφθείσας συμπεριφοράς του οδηγού με χρήση δεδομένων από συσκευές διαγνωστικών στοιχείων (OBD) του οχήματος. Για το σκοπό αυτό, αξιοποιούνται δεδομένα από πειράματα οδήγησης στο οποίο συμμετείχαν 17 οδηγοί. Οι μετρήσεις είχαν διάρκεια 3 μήνες και αφορούσαν στην καταγραφή απότομης επιτάχυνσης ή φρεναρίσματος, τη μέση ταχύτητα κάθε διαδρομής που έκανε ο εκάστοτε οδηγός, τη συνολική απόσταση που διένυσε σε χιλιόμετρα, κτλ. σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης. Για τη μελέτη της δεδηλωμένης συμπεριφοράς του οδηγού αξιοποιούνται οι απαντήσεις που δόθηκαν στο ερωτηματολόγιο που χορηγήθηκε και προηγείται της ένταξης του συμμετέχοντα στο πείραμα. 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 από τον οδηγό συχνότητα απότομου φρεναρίσματος.

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

Abstract

The aim of this research 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.

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

1. Εισαγωγή

1.1 Γενική Ανασκόπηση

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).
- Η θεωρία της ροπής του ανθρώπου σε ατύχημα (Accident proneness theory, Thomas Forbes 1939).
- Αιτιώδη ατυχήματα (Causal accident Theory, 1940).
- Συστημική θεωρία ατυχημάτων (Systems Theory and epidemiological theory, 1960).
- Συμπεριφορική θεωρία ατυχημάτων (Behavioral Theory, Gerald Wilde 1980).

1.1.1 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.

1) Η Οδική ασφάλεια σε παγκόσμιο επίπεδο

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization, 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 είναι εκτεθειμένοι στον κίνδυνο του οδικού ατυχήματος ποικίλουν ανάλογα με :

- Την κοινωνική και οικονομική θέση
- Ηλικία
- Φύλο

2) Η Οδική ασφάλεια στην Ελλάδα

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

1.1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα (Dingus et al, 2016) είναι οι εξής:

- Παρατηρηθείσα διαταραχή (1.92 %)
- Σφάλματα στην απόδοση του οδηγού (4.81%)
- Στιγμαίο λάθος κρίσεως οδηγού (επιθετική/ταχεία οδήγηση) (4.22%)



- Απόσπαση προσοχής οδηγού (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.

1.1.3 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

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.



1.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση και περιλαμβάνει έρευνες στον τομέα τη οδικής ασφάλειας, το αντικείμενο και η μεθοδολογία των οποίων παρουσιάζει συνάφεια με την παρούσα διπλωματική εργασία. Για κάθε επιστημονική εργασία παρουσιάζεται σύντομη σύνοψη, με έμφαση στη μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε και στα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν.

1.2.1 Ανασκόπηση συναφών εργασιών

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.

Ο σκοπός της εργασίας των Nadeem, Tamer, et al. (2004) 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 το μοναδικό αριθμό αναγνώρισης, την ακριβή θέση, την ταχύτητα και την 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.

Απ' την άλλη μεριά, η εργασία των Huang, Yueng-Hsiang, et al. (2005) είχε σκοπό 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 στόχος ήταν να κατανοηθεί ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος να λαμβάνουν οι οδηγοί τις πληροφορίες αυτές. Η έρευνα επικεντρώθηκε στους οδηγούς μεγάλων αποστάσεων, καθώς βρίσκονται στο δρόμο περισσότερη ώρα από τους υπόλοιπους οδηγούς φορτηγών αυτοκινήτων και θα επωφεληθούν περισσότερο από την εξέλιξη της τεχνολογίας. Συνολικά, ερωτήθηκαν 198 οδηγοί και 66 άνθρωποι συμμετείχαν στην συλλογή των ποιοτικών δεδομένων σχετικά με τη στάση τους ως προς την τεχνολογία και την ανατροφοδότηση των πληροφοριών. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι οι οδηγοί μεγάλων αποστάσεων επιθυμούν να λαμβάνουν περισσότερες θετικές πληροφορίες σχετικά με την συμπεριφορά τους στο δρόμο. Παρόλα αυτά, θα προτιμούσαν αυτές οι πληροφορίες να προέρχονται από κάποιους επιβλέποντες ή managers παρά από τεχνολογικά μέσα. Όσον αφορά την μορφή ή τη συχνότητα της ανατροφοδότησης, δεν επέδειξαν κάποια ισχυρή προτίμηση σε



μια συγκεκριμένη απάντηση ενώ τόνισαν τη σημασία της προσαρμοστικότητας ενός τεχνολογικού προγράμματος στις απαιτήσεις του εκάστοτε οδηγού.

1.2.2 Σύγκριση μεθοδολογιών δεδηλωμένης προτίμησης και αποκαλυφθείσας προτίμησης

Στη βιβλιογραφία, 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.

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 (utility function) 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 πραγματοποίησής 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 υποθετικό σενάριο που τους παρατίθεται- και άλλο πράττουν, γεγονός που ανάλογα με το αντικείμενο της έρευνας, επιβάλλει 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 Srinivasan 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.

1.2.3 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.



2. Κυρίως Κείμενο

2.1 Θεωρητικό υπόβαθρο

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

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 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 ή 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 X και μία εξαρτημένη μεταβλητή Y , η οποία προσεγγίζεται ως μία γραμμική συνάρτηση του X . Η τιμή y_i της μεταβλητής Y , για κάθε τιμή της χίτης μεταβλητής X , δίνεται από τη σχέση:

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

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

- Ο σταθερός όρος a είναι η τιμή του y για $x = 0$
- Ο συντελεστής β του x είναι η κλίση (slope) της ευθείας ή αλλιώς ο **συντελεστής παλινδρόμησης** (regression coefficient). Εκφράζει την μεταβολή της μεταβλητής Y όταν η μεταβλητή X μεταβληθεί κατά μία μονάδα.
- Η τυχαία μεταβλητή ε_i λέγεται **σφάλμα παλινδρόμησης** (regression error) και ορίζεται ως η διαφορά της y_i από τη δεσμευμένη μέση τιμή $E(Y | X = x_i)$ όπου $E(Y | X = x_i) = a + \beta x_i$. Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνονται οι παρακάτω υποθέσεις:
- Η μεταβλητή X είναι ελεγχόμενη για το πρόβλημα υπό μελέτη, δηλαδή είναι γνωστές οι τιμές της χωρίς καμία αμφιβολία.



- Η εξάρτηση της Y από τη X είναι γραμμική
- Το σφάλμα παλινδρόμησης έχει μέση τιμή μηδέν για κάθε τιμή της X και η διασπορά του είναι σταθερή και δεν εξαρτάται από τη X , δηλαδή $E(\varepsilon_i)=0$ και $\text{Var}(\varepsilon_i)=\sigma^2$.

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 εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές X ($X_1, X_2, \dots, X_n$), τότε γίνεται αναφορά στην **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** (multiple linear regression). Η εξίσωση η οποία αποτυπώνει τη σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη και τις ανεξάρτητες μεταβλητές έχει τη γενικότερη μορφή:

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

Οι **υποθέσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης** είναι ίδιες με εκείνες της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, δηλαδή υποθέτει κανείς ότι τα σφάλματα ε_i της παλινδρόμησης (όπως και η τυχαία μεταβλητή Y για κάθε τιμή της X) ακολουθούν κανονική κατανομή με σταθερή διασπορά. Εκείνο που απαιτείται να εξασφαλιστεί είναι η μηδενική συσχέτιση των ανεξαρτήτων μεταβλητών, δηλαδή θα πρέπει να ισχύει:

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

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο εδάφιο, κάθε μοντέλο που αναπτύσσεται, για να θεωρηθεί αποδεκτό πρέπει να πληροί κάποιες βασικές προϋποθέσεις. Το πιο σημαντικό είναι να ισχύει η **κανονικότητα**. Λόγω της προϋπόθεσης αυτής, απαιτείται οι τιμές της μεταβλητής να ακολουθούν κανονική κατανομή και να πληρούνται οι κάτωθι περιορισμοί.

Συντελεστής προσαρμογής R^2

Μετά τον έλεγχο στατιστικής εμπιστοσύνης εξετάζεται η ποιότητα του μοντέλου. Η ποιότητα του μοντέλου καθορίζεται με βάση τον συντελεστή προσαρμογής. Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από την μεταβλητή X . Λαμβάνει τιμές από μηδέν έως ένα. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στην 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 απορριπτή, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή R^2 .

Στην παρούσα έρευνα, ως κριτήριο καταλληλότητας του μοντέλου, χρησιμοποιείται ο συντελεστής **Adjusted R^2** , ο οποίος είναι πάντοτε μικρότερος του R^2 και απομονώνει τους τυχαίους παράγοντες καθώς επικεντρώνεται μονάχα στους παράγοντες διακύμανσης της ανεξάρτητης μεταβλητής.

Τέλος όσον αφορά στο **σφάλμα** της εξίσωσης του μοντέλου, αυτό θα πρέπει να πληροί τρεις προϋποθέσεις:

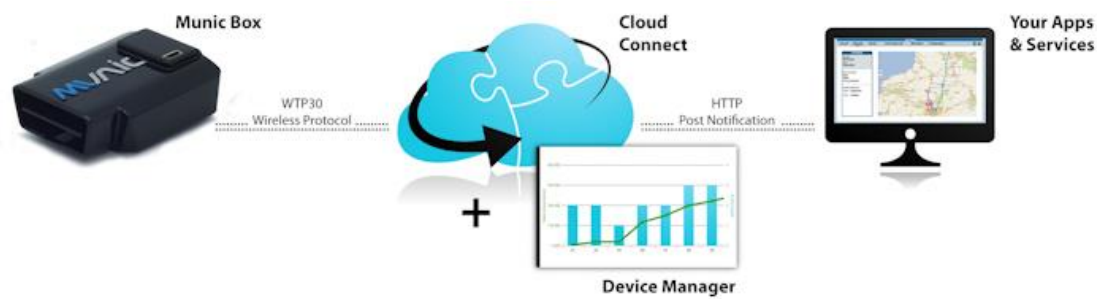
- Να ακολουθεί κανονική κατανομή
- Να έχει σταθερή διασπορά, $\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma^2 = c$ και
- Να έχει μηδενική συσχέτιση, $\rho(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \quad \forall i \neq j$



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

2.2 Συλλογή και επεξεργασία 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 μηχανήμα διαστάσεων 27 x 48 x 49.5 cm το οποίο στέλνει μέσω των δικτύων 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 μηχανήμα 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.

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



2.2.1. Ερωτηματολόγιο

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 παραβάσεων 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 δεδομένης συμπεριφοράς του οδηγού.

2.2.2 Συνοπτικά στατιστικά στοιχεία (Summary Statistics)

Με στόχο τη διερεύνηση της **δεδομένης 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 προκαταρκτική ανάλυση η οποία συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων και θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή ποιοτικότερων συμπερασμάτων.

Γενικά σχόλια-Παρατηρήσεις:

- 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.
- Η δεδομένη 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.
- 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
- 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
- Δεν φαίνεται να υπάρχει αναλογία μεταξύ των αριθμών ατυχημάτων με τις απότομες επιταχύνσεις ανά 100 χλμ.



- Δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ συχνότητας οδήγησης υπό την εήρεια αλκοόλ και τον αριθμό απότομων επιταχύνσεων ή φρεναρισμάτων

2.3 Ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων

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.

2.3.1 Ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων

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. 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).

Αφού βρέθηκαν οι συντελεστές συσχέτισης των μεταβλητών και διαμορφώθηκαν σε πίνακα στο αρχείο Excel, 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.

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

- ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων που έχει ο οδηγός μέχρι σήμερα
- το ετήσιο οικογενειακό εισόδημα
- η αντίληψη που έχει ο οδηγός ως προς το αν φρενάρει απότομα
- Αριθμός παραβίασης ΚΟΚ τα τελευταία δυο χρόνια
- 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:

- Διαδρομές/ημέρα
- 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.

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:

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

Από τις μεταβλητές αυτές, τα απότομα φρεναρίσματα και οι απότομες επιταχύνσεις ανά 100 χλμ. είναι συνεχείς δηλαδή λαμβάνουν οποιαδήποτε αριθμητική τιμή, ενώ ο αριθμός απότομων φρεναρισμάτων και επιταχύνσεων με ταχύτητα κίνησης μεταξύ 50 και 90 km/h λαμβάνουν διακριτές 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**).

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 β_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.

2.4 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 διερεύνηση 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. (**Harsh Brakings/100km**)
- Αριθμός απότομων επιταχύνσεων ανά 100 χλμ. (**Harsh Accelerations/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 βί και τις τιμές της σχετικής επιρροής ει των ανεξαρτήτων μεταβλητών.



Πίνακας 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	
		βι	ει	βι	ει	βι	ει	βι	ει
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						

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 :

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



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

3. Συμπεράσματα

3.1 Συνολικά Συμπεράσματα

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

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

Η στατιστική επεξεργασία των περισσότερων 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.

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.

3.2 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.

3.3 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 αναδιανεμηθούν 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.

Ευχαριστίες

Αυτή η έρευνα αξιοποίησε δεδομένα που παραχωρήθηκαν από την [OSeven Telematics](#).

4. Αναφορές-Βιβλιογραφία

1. Rune Elvik, Alena Høy, Truls Vaa & Michael Sørensen, "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
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. Αποστολία Σαλατά, Εμμανουήλ Ανδρουλιδάκη, Παράμετροι επιρροής της πρόθεσης των Ελλήνων οδηγών για την αποφυγή οδικών ατυχημάτων, Οκτώβριος 2004