

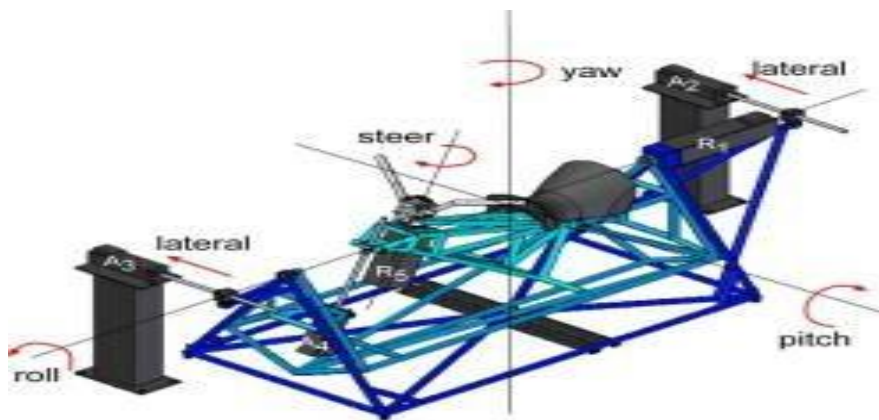


# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ  
ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διερεύνηση Μικροσκοπικών Παραμέτρων  
Οδήγησης Μοτοσικλετιστών σε Διάφορα  
Οδικά Περιβάλλοντα και Περίόδους Ημέρας



ΣΠΥΡΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

Επιβλέπουσα : Λέκτορας ΒΛΑΧΟΓΙΑΝΝΗ ΕΛΕΝΗ

ΑΘΗΝΑ ΙΟΥΛΙΟΣ 2013

Αφιερωμένο

Στη γυναίκα μου Βασιλεία στην κόρη μου Αλεξάνδρα και στους Γονείς μου

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Πριν αρχίσει η παρουσίαση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ.α. Βλαχογιάννη Ελένη, Λέκτορα του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, που μου επέτρεψε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο σύγχρονο και άκρως ενδιαφέρον θέμα, για τη βοήθεια που μου προσέφερε για την ολοκλήρωση της εργασίας και την άψογη συνεργασία μας .

Αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο για τη βοήθεια που μου παρείχε στη συλλογή στοιχείων και το δανεισμό σημαντικών άρθρων και βιβλίων από την πλούσια βιβλιοθήκη του για την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω και στην κ.α. Τσακίρη Κατερίνα για τις πολύτιμες συμβουλές της.

Αθήνα Φεβρουάριος 2013

Ευάγγελος Σπύρης

## ΣΥΝΟΨΗ

Τα τελευταία χρόνια και κυρίως από τα μέσα της δεκαετίας του 90 και μετά παρατηρείται σε πολλές χώρες μια μεγάλη αύξηση τόσο των οδηγών μοτοσυκλέτας όσο και των ατυχημάτων στις οποίες αυτές εμπλέκονται. Αυτό το φαινόμενο έχει οδηγήσει τους αναλυτές της οδικής ασφάλειας στο να αναπτύξουν κατευθυντήριες οδηγίες και μέτρα τα οποία θα προστατεύουν τους οδηγούς από πιθανά ατυχήματα και θα μειώνουν τις επιπτώσεις τους στους αναβάτες. Πρόσφατες σχετικές έρευνες υποδεικνύουν ότι πρέπει να προσδιοριστεί τόσο το οδηγικό προφίλ όσο και η χρονική στιγμή κατά την οποία ο μοτοσυκλετιστής μεταβάλλει τη συμπεριφορά του από φυσιολογική σε ακραία και αντίστροφα.

Η παρούσα διπλωματική εστιάζει αφενός στον εντοπισμό των μεταβλητών που είναι σημαντικές για τον προσδιορισμό του οδηγικού προφίλ ενός μόνο οδηγού και αφετέρου στον εντοπισμό των στιγμών που αλλάζει η συμπεριφορά του αναβάτη από φυσιολογική σε ακραία. Υπολογίζεται επίσης το πλήθος και η χρονική διάρκεια στις οποίες εμφανίζονται οι μεταβολές αυτές.

## **ABSTRACT**

Recently, and particularly since the mid 90s, a significant increase in the number of Powered-Two-Wheeler (PTW) drivers as well as motorcycle accidents, in which these riders are involved, has been observed in many countries. This phenomenon has shifted traffic safety research to developing guidelines and measures to reduce the number of motorcycle accidents and their consequences. Current relevant research suggests that their driving profile should be identified and the time when a PTW driver changes his/her behavior from regular to irregular and vice versa should be detected.

The present thesis focuses on detecting the variables which are significant to determine the PTW driving profile of one driver and on identifying the cut-off point in the riders' behaviour that distinguishes regular from irregular driving. Differences in PTW driving between inside and outside urban areas as well as daylight and night are also thoroughly analyzed. Finally the number of incidents and their time length are also valuated and discussed.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια και κυρίως από τα μέσα της δεκαετίας του 90 και μετά παρατηρείται παγκοσμίως μια μεγάλη αύξηση τόσο των οδηγών μοτοσυκλέτας όσο και των ατυχημάτων στις οποίες αυτές εμπλέκονται. Κατά συνέπεια είναι πολύ σημαντικό να σχεδιαστούν μέτρα τα οποία θα προστατεύουν τους οδηγούς τους από πιθανά ατυχήματα και θα μειώνουν τις επιπτώσεις τους στους αναβάτες. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να προσδιοριστεί το οδηγικό τους προφίλ και να εντοπισθούν σημεία στα οποία η συμπεριφορά τους αλλάζει και από φυσιολογική γίνεται μη φυσιολογική (irregular behavior). Ο προσδιορισμός του οδηγικού προφίλ θα τροφοδοτεί τα ευφυή συστήματα με τα απαραίτητα δεδομένα ώστε να ρυθμίζουν τις μηχανικές παραμέτρους της μοτοσυκλέτας και να προστατεύουν τον αναβάτη από πιθανό ατύχημα. Η παρούσα διπλωματική εστιάζει αφενός στον εντοπισμό των μεταβλητών που υποδεικνύουν την αλλαγή της συμπεριφοράς ενός μόνο αναβάτη αφετέρου στο πλήθος και στη χρονική διάρκεια που παρατηρούνται οι μεταβολές αυτές.

Ο εντοπισμός των μεταβλητών θα γίνει αναλύοντας δεδομένα που προέρχονται από πειράμα φυσικής οδήγησης που διεξήχθη στα πλαίσια του πανευρωπαϊκού προγράμματος 2 BE SAFE (2 BE SAFE 2009). Η ανάλυση θα γίνει με τη μέθοδο των κύριων συνιστωσών και θα πραγματοποιηθεί και στο σύνολο τους, αλλά και σε υποκατηγορίες. Σκοπός της ανάλυσης είναι να ανιχνευθούν διαφοροποιήσεις στο στυλ του οδηγού ανάλογα με το αν κινείται εντός ή εκτός πόλης και ανάλογα της χρονικής στιγμής που πραγματοποιείται η διαδρομή.

Με την ανάλυση των κύριων συνιστωσών επιτυγχάνεται συμπύκνωση της πληροφορίας που παρέχουν οι μεταβλητές και στη συνέχεια με τον αλγόριθμο του Bacon θα εντοπισθεί το πλήθος των ακραίων παρατηρήσεων (outliers), δηλαδή το πλήθος των συμβάντων που λαμβάνουν μέρος. Γνωρίζοντας το πλήθος των συμβάντων εύκολα προσδιορίζεται η διάρκεια τους. Στη συνέχεια μελετάται αν διαφοροποιείται η διάρκεια των συμβάντων στο σύνολο των δεδομένων και στις διάφορες υποκατηγορίες (εντός ή εκτός πόλης μέρα ή νύχτα, μέρα, σούρουπο ή σκοτάδι)

Τα βασικά ευρήματα της διπλωματικής αυτής είναι:

- Με μικρή απώλεια πληροφορίας της τάξης του 15% οι 13 μεταβλητές μειώνονται σε 6 και δημιουργούν 3 κύριες συνιστώσες που ονομάστηκαν

επιτάχυνση, ελιγμός και φρενάρισμα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή του τρόπου οδήγησης της μηχανής.

- Η μεταβλητή που αποτελεί τη συνιστώσα φρενάρισμα δεν είναι ή ίδια σε κάθε ανάλυση και επομένως μπορεί να προσδιοριστεί ο τύπος της οδού ή η ώρα οδήγησης γνωρίζοντας ποια μεταβλητή είναι σημαντική, χωρίς την παρακολούθηση του βίντεο.
- Όμοια συμπεράσματα προκύπτουν από την τιμή των συντελεστών των μεταβλητών που απαρτίζουν την επιτάχυνση.
- Οι περισσότερες ακραίες παρατηρήσεις, σε σχέση με το σύνολο των παρατηρήσεων, εμφανίζονται τις νυχτερινές ώρες σε ποσοστό που υπερβαίνει το 13% έναντι 1.18% που είναι το ποσοστό που εμφανίζεται τις πρωινές ώρες.
- Σε αστικό δίκτυο εμφανίζονται πιο πολλές μεταβολές του οδηγικού στυλ που έχουν κατά μέσο όρο μικρή διάρκεια.
- Τις βραδινές ώρες (υποανάλυση σκοτάδι) εμφανίζονται πιο λίγες μεταβολές του οδηγικού στυλ που έχουν κατά μέσο όρο μεγάλη διάρκεια.
- Εφαρμόζοντας το λογαριθμικό μετασχηματισμό ή διάρκεια των συμβάντων στις υποαναλύσεις σκοτάδι και Εντός αστικού δικτύου ακολουθούν κανονική κατανομή.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	3
Σύνοψη .....	4
Abstract.....	5
Περίληψη .....	6
Περιεχόμενα.....	8
Ευρετήριο Πινάκων.....	10
Ευρετήριο Διαγραμμάτων .....	11
Κεφάλαιο 1 .....	12
1.1 Χρήση Δικύκλου Σε Αστικά Κέντρα.....	12
1.2 Συμπεριφορά και Ασφάλεια Δικυκλιστών.....	14
1.3 Σκοπός Διπλωματικής.....	14
1.4 Διάρθρωση .....	15
Κεφάλαιο 2 .....	16
2.1 Ανάλυση Προγενέστερης Έρευνας .....	16
2.2 Συνοψη.....	17
Κεφάλαιο 3 .....	19
3.1 Γενικά.....	19
3.2 Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών .....	20
3.3 Εντοπισμός Ακραίων Συμπεριφορών με τη Μέθοδο Bacon.....	22
Κεφάλαιο 4 .....	25
4.1 Περιγραφή Πειράματος και Δεδομένων .....	25
4.2 Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών.....	28



4.3 Ανάλυση με Αλγόριθμο Bacon .....	41
Κεφάλαιο 5 .....	50
5.1 Γενικά.....	50
5.2 Βασικά Συμπεράσματα .....	50
5.3 Περιορισμοί.....	53
5.4 Προτάσεις Για Περαιτέρω Έρευνα.....	53
ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....	55
Παράρτημα .....	60
Εντός.....	60
Εκτός.....	62
Ημέρα .....	64
Νύχτα .....	66
Σκοτάδι .....	68
Σούρουπο .....	70

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Έλεγχος Bartlett .....	29
Πίνακας 2 Συσχέτιση Αντι-Εικόνα .....	30
Πίνακας 3 Εταιρικότητες.....	32
Πίνακας 4 Διαδοχικά Αφαιρετέες Μεταβλητές .....	33
Πίνακας 5 Τελικός Πίνακας Συσχέτισης Αντι-Εικόνα.....	33
Πίνακας 6 Εταιρικότητες Τελικού Μοντέλου .....	33
Πίνακας 7 Έλεγχος Bartlett στο Τελικό Μοντέλο .....	33
Πίνακας 8 Ερμηνεία Συνολικής Διασποράς .....	34
Πίνακας 9 Ερμηνεία Συνολικής Διασποράς για Κάθε Ανάλυση.....	35
Πίνακας 10 Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών .....	35
Πίνακας 11 Συντελεστές Επιτάχυνσης για Κάθε Ανάλυση.....	37
Πίνακας 12 Συντελεστές Ελιγμού για Κάθε Ανάλυση.....	37
Πίνακας 13 Συντελεστές Φρεναρίσματος για Κάθε Ανάλυση .....	37
Πίνακας 14 Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών για το Πρώτο Μισό του Δείγματος...38	
Πίνακας 15 Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών για το Δεύτερο Μισό του Δείγματος.38	
Πίνακας 16 Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Χωρίς Ακραίες Τιμές .....	39
Πίνακας 17 Chronbach Alpha για την Επιτάχυνση .....	40
Πίνακας 18 Chronbach Alpha για τον Ελιγμό .....	40
Πίνακας 19 Chronbach Alpha για το Φρενάρισμα .....	40
Πίνακας 20 Τελικός Συντελεστής Φρεναρίσματος για Κάθε Ανάλυση.....	40
Πίνακας 21 Σύνοψη Συντελεστών για Όλες τις Αναλύσεις .....	41
Πίνακας 22 Αποτελέσματα Bacon .....	43
Πίνακας 23 Περιγραφικά Στατιστικά Συμβάντων .....	48
Πίνακας 24 Συνοπτικός Πίνακας Παρατηρήσεων Outliers / Συμβάντων .....	48
Πίνακας 25 Έλεγχος Kolmogorov Smirnov .....	49
Πίνακας 26 Έλεγχος Kolmogorov Smirnov (Λογαριθμικός Μετασχηματισμός) .....	49

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1 Διάγραμμα Ροής Εργασιών .....	19
Διάγραμμα 2 Διάγραμμα Αγκώνα.....	34
Διάγραμμα 3 Τυπική Διαδρομή 3 λεπτών (Σούρουπο).....	44
Διάγραμμα 4 Τυπική Διαδρομή 3 λεπτών (Νύχτα).....	44
Διάγραμμα 5 Τυπική Διαδρομή 3 λεπτών (Ημέρα) .....	45
Διάγραμμα 6 Τυπική Διαδρομή 3 λεπτών (Σκοτάδι) .....	45
Διάγραμμα 7 Τυπική Υπεραστική Διαδρομή 3 λεπτών .....	46
Διάγραμμα 8 Τυπική Διαδρομή Εντός Βόλου 3 λεπτών .....	46
Διάγραμμα 9 Τυπική Συνολική Διαδρομή 3 λεπτών .....	47

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

---

## *Εισαγωγή*

### **1.1 ΧΡΗΣΗ ΔΙΚΥΚΛΟΥ ΣΕ ΑΣΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ**

Τα τελευταία χρόνια και κυρίως από τα μέσα της δεκαετίας του 90 και μετά παρατηρείται παγκοσμίως μια μεγάλη αύξηση των οδηγών μοτοσικλέτας (Jamson and Chorlton, 2009). Πλέον υπάρχουν πάνω από είκοσι επτά εκατομμύρια μηχανάκια και μοτοσικλέτες στην Ευρώπη (50 κυβικά και παραπάνω) στην οποία την τελευταία πενταετία έχει καταγραφεί μια αύξηση της τάξης του 41% στους οδηγούς αυτής της κατηγορίας (CARE 2008). Από πλευράς χιλιομετρικής απόστασης τα χιλιόμετρα που διανύουν τα μηχανάκια και οι μοτοσικλέτες έχουν αυξηθεί κατά 49% ενώ η αντίστοιχη αύξηση στα άλλα οχήματα κυμαίνεται μόλις στο 15%. Τα νούμερα αυτά αποδεικνύουν ότι δε μεταβλήθηκε μόνο ο αριθμός των μοτοσικλετών σε αστικές περιοχές με μεγάλο κυκλοφοριακό φόρτο, όπου η επιλογή της μοτοσικλέτας προσφέρει ευελιξία στις μετακινήσεις και άνεση στο παρκάρισμα λόγω του μικρού όγκου της (Lin and Kraus, 2009) αλλά είναι μια γενικότερη αύξηση που αντανακλάται στο οδικό σύστημα.

Η αύξηση αυτή οφείλεται και στο γεγονός ότι η επιλογή μοτοσικλέτας έναντι αυτοκινήτου είναι σαφώς μια πιο οικονομική επιλογή (λαμβάνοντας υπόψη και την οικονομία στην κατανάλωση καυσίμου). Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας οι μοτοσικλέτες έχουν γίνει πολύ πιο φιλικές προς το περιβάλλον σε σχέση με τα μοντέλα προηγούμενων ετών (ERSO 2006) προσφέροντας στον αναβάτη μια ιδιαίτερη ελευθερία που τον κάνει να απολαμβάνει τη διαδρομή. Όμως ο μικρός όγκος της μοτοσικλέτας εκτός από τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν έχει και ένα βασικό μειονέκτημα. Την καθιστά ευάλωτη σε σοβαρά ατυχήματα σε σύγκριση με τα ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται αυτοκίνητα (Preusser et al., 1995; Chen, 2009; Wong et al., 2010). Αυτό φυσικά δεν οφείλεται μόνο στο μικρό μέγεθος τους αλλά και σε άλλους παράγοντες όπως η μεγάλη ταχύτητα που αναπτύσσουν, η έλλειψη συσκευών που θα προστατεύει τους αναβάτες σε περίπτωση ατυχήματος, οι ελιγμοί που κάνουν, η κακή ποιότητα του οδοστρώματος που οδηγεί στην απώλεια της τριβής, η εμπάθεια των οδηγών των άλλων οχημάτων για τους μοτοσικλετιστές

(Musselwhite et al., 2011). Η δυσκολία στην οδήγηση μιας μοτοσικλέτας έγκειται στο ότι οι αναβάτες πρέπει να συντονίσουν το σώμα τους για να διατηρήσουν τον έλεγχο της μηχανής καθώς περνούν πάνω από οδοστρώματα διαφόρων ποιοτικών καταστάσεων και δρόμους με στροφές. Αν συνυπολογιστεί ότι οι οδηγοί των άλλων οχημάτων, αρκετές φορές δεν τους έχουν αντιληφθεί ή δεν μπορούν να προβλέψουν πως θα κινηθούν οι αναβάτες, καθίσταται η οδήγηση μοτοσικλέτας πολύ πιο επικίνδυνη από την οδήγηση ενός αυτοκινήτου (Vlahogianni et al., 2012). Αυτό αποδεικνύεται και από έρευνα του παγκόσμιου οργανισμού πρόβλεψης ατυχημάτων (Srami et al., 2012) που αναφέρει ότι ο κίνδυνος θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων για τους μοτοσικλετιστές είναι δεκαοκτώ φορές υψηλότερος από τους οδηγούς αυτοκινήτων.

Μέχρι το 1996 το ποσοστό των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων ήταν 9,6% ενώ από το 2001 έως το 2009 στην Ευρωπαϊκή Ένωση το ποσοστό έφτασε στο 16% που αντιστοιχεί σε πάνω από 62000 θύματα. Αξίζει να σημειωθεί πως ο αριθμός των ατυχημάτων μειώνεται όσο μεγαλώνει η ηλικία του οδηγού (Srami et al., 2012). Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα ευρήματα έρευνας (Yiannis 2012) που αναφέρουν ότι το 40% των θανατηφόρων ατυχημάτων με μηχανάκι αφορούν τις ηλικίες 15-24 και ότι τα θανατηφόρα ατυχήματα με οδηγούς μοτοσικλέτας στις ηλικίες πάνω από 40 ήταν διπλάσια το 2008 από το 1999. Στην ίδια έρευνα γίνεται αναφορά πως το μεγαλύτερο ποσοστό θανατηφόρων ατυχημάτων οδηγών δίκυκλων οχημάτων λαμβάνουν μέρος σε περιφερειακούς δρόμους και όχι στις εθνικές οδούς ή στα κέντρα πόλεων.

Κατά συνέπεια είναι πολύ σημαντικό να σχεδιαστούν μέτρα τα οποία θα προστατεύουν τους οδηγούς μοτοσικλέτας από πιθανά ατυχήματα και θα μειώνουν τις επιπτώσεις τους στους αναβάτες. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να προσδιοριστεί το οδηγικό τους προφίλ και να εντοπισθούν σημεία στα οποία η συμπεριφορά τους αλλάζει και από φυσιολογική γίνεται μη φυσιολογική (irregular behavior). Αυτή η αλλαγή συμπεριφοράς στατιστικά υποδεικνύεται με την ύπαρξη ακραίων τιμών (outliers). Σύμφωνα με τους Barnett and Lewis (1994) ακραία παρατήρηση θεωρείται η παρατήρηση η οποία δεν είναι συνεπής με τα υπόλοιπα δεδομένα. Η χρησιμότητα των ακραίων τιμών έγκειται στο ότι μπορεί να αποκαλύψει κάποια πρότυπα στην κυκλοφοριακή ροή (Chen et al., 2009). Ο προσδιορισμός του προσωπικού στυλ οδήγησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ευφυή μεταφορικά συστήματα (Intelligent Transportation Systems) καθώς τα συστήματα αυτά αναγνωρίζοντας το στυλ

οδήγησης, έχουν τη δυνατότητα να ενεργήσουν διαφορετικά σε μια μη συνηθισμένη ενέργεια του οδηγού και να τον προστατέψουν.

## **1.2 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΔΙΚΥΚΛΙΣΤΩΝ**

Τα οδικά ατυχήματα αποτελούν σπάνια γεγονότα τα οποία αντιστοιχούν σε ένα πολύ μικρό ποσοστό των πραγματικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ οδηγών και οδικού περιβάλλοντος ή μεταξύ οδηγών. Αν και αποτελούν σπάνιο γεγονός, οι πληροφορίες που μπορούν να αντληθούν από αυτά τα συμβάντα είναι ένα σπουδαίο εργαλείο για τους ειδικούς της οδικής ασφάλειας στην προσπάθεια τους να διερευνήσουν τα αίτια ατυχημάτων. Στο οδικό δίκτυο της Ελλάδας κάθε χρόνο λαμβάνουν χώρα πάνω από 16.000 ατυχήματα με πάνω από 1.600 νεκρούς και 19.000 τραυματίες (Καλαμπόκης 2009). Οι μοτοσυκλετιστές, οι οποίοι αποτελούν μια ιδιαίτερη κατηγορία οδηγών, σύμφωνα με τη Εθνική Στατιστική υπηρεσία Ελλάδος (μέχρι το 2010), αντιπροσωπεύουν στην Ελλάδα ένα μικρό ποσοστό της οδικής κίνησης 16,5% και αποτελούν το 35,8% των θανάτων από τροχαία ατυχήματα. Σε πιο αναπτυγμένες χώρες τα ποσοστά αυτά μεγαλώνουν (Solere, 2010, Musso and Corazza, 2010) και στην Ευρωπαϊκή Ένωση πάνω από 62000 άτομα σκοτώθηκαν τη χρονική περίοδο 2001-2009 (Yannis et.al 2012). Τα νούμερα αυτά από μόνα τους δηλώνουν το πόσο σημαντικό είναι να κατανοήσει κάποιος τη συμπεριφορά των οδηγών δίτροχων οχημάτων ώστε να σχεδιαστούν τα κατάλληλα μέτρα για την μείωση των ατυχημάτων (Yannis et.al 2005).

## **1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ**

Συχνά στο δρόμο ο οδηγός καλείται να αντιμετωπίσει απροσδόκητες καταστάσεις και μέσα σε κλάσματα του δευτερολέπτου αναγκάζεται να αλλάξει τον τρόπο οδήγησης του. Δηλαδή αναγκάζεται να αλλάξει ταχύτητα είτε πατώντας φρένο είτε ανοίγοντας το γκάζι, να στρίψει το τιμόνι και γενικώς να κάνει κινήσεις μη συνυφασμένες με το οδηγικό του στυλ. Όπως είναι ευνόητο κάθε οδηγός έχει διαφορετικό στυλ οδήγησης, το οποίο ορίζεται από παραμέτρους οδήγησης όπως η ταχύτητα, η χρήση μπρός ή πίσω φρένου, η πίεση στο φρένο, το στρίψιμο του τιμονιού και αντιδρά διαφορετικά σε μη αναμενόμενα συμβάντα. Συνεπώς, ο τρόπος μετάβασης από κανονική σε μη κανονική «ακραία» συμπεριφορά οδήγησης θα πρέπει να ορισθεί για κάθε οδηγό αποκλειστικά και όχι για το σύνολο των οδηγών.

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η διερεύνηση της αλλαγής συμπεριφοράς των οδηγών δίκυκλων οχημάτων υπό την εμφάνιση κρίσιμων συμβάντων. Αναπτύσσονται μαθηματικά εργαλεία για τον προσδιορισμό του κρίσιμου σημείου πέρα από το οποίο ο οδηγός παύει να οδηγεί με βάση την τυπική του συμπεριφορά και ενεργεί ακραία. Στόχος είναι ο εντοπισμός των σημείων αυτών μόνο από τα δεδομένα χωρίς να είναι απαραίτητη ή οπτική παρακολούθηση του φαινομένου (π.χ. με βίντεο). Στην παρούσα εργασία, η ανίχνευση των ακραίων ενεργειών ταυτίζεται με τον εντοπισμό των ακραίων παρατηρήσεων (outliers). Για τον εντοπισμό των τιμών αυτών, εφαρμόζεται στα πολυμεταβλητά δεδομένα η μέθοδος της ανάλυσης κυρίων παραγόντων (principal component analysis) για να εντοπιστούν ποιες μεταβλητές είναι σημαντικές ή ποιος συνδυασμός μεταβλητών είναι σημαντικός και στη συνέχεια εφαρμόζεται ο αλγόριθμος του BACON (Blocked Adaptive Computationally Efficient Outlier Nominators) για να εντοπιστούν τα ακραία γεγονότα. Η μεθοδολογία εφαρμόζεται στο σύνολο των δεδομένων, αλλά και σε υποκατηγορίες, σε μια προσπάθεια να ανιχνευθούν διαφοροποιήσεις στο στυλ του οδηγού ανάλογα με το αν κινείται εντός ή εκτός πόλης και αν οδηγεί μέρα, απόγευμα ή νύχτα.

#### **1.4 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι δομημένη σε πέντε βασικά κεφάλαια:

Στο **1<sup>ο</sup> κεφάλαιο** γίνεται μια εισαγωγή στη χρήση δικύκλου σε αστικά κέντρα, στη συμπεριφορά και ασφάλεια των οδηγών μοτοσυκλέτας και περιγράφεται ο σκοπός και η διάρθρωση της διπλωματικής.

Στο **2<sup>ο</sup> κεφάλαιο** γίνεται αναφορά σε παλαιότερες έρευνες που μελετούν μακροσκοπικά τον κίνδυνο ατυχημάτων που εμπλέκονται μοτοσυκλέτες και τα συμπεράσματα που εξήχθησαν.

Στο **3<sup>ο</sup> κεφάλαιο** αναπτύσσονται οι στατιστικές τεχνικές (μέθοδος κυρίων συνιστωσών- Bacon) με βάση τις οποίες θα αναλυθούν τα δεδομένα

Στο **4<sup>ο</sup> κεφάλαιο** περιγράφεται η έρευνα χάρη στην οποία προέκυψαν τα δεδομένα και γίνεται η ανάλυση τους με βάση τις τεχνικές του τρίτου κεφαλαίου.

Στο **5<sup>ο</sup> κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν, οι περιορισμοί στους οποίους υπόκειται η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική και καταγράφονται προτάσεις για περαιτέρω επιστημονική έρευνα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

---

### *Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας*

#### **2.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΗΣ ΈΡΕΥΝΑΣ**

Στην παγκόσμια βιβλιογραφία έχουν γίνει είτε έρευνες που μελετούν μακροσκοπικά τον κίνδυνο ατυχημάτων που εμπλέκονται μοτοσυκλέτες (Thomas 2005, Dupont 2009, Yannis 2010) είτε έρευνες που μελετούν τη συμπεριφορά των οδηγών αυτών και βασίζονται σε ερωτηματολόγια, συνεντεύξεις, παρατηρήσεις οπτικού υλικού, και προσομοιώσεις (Engstrom 2005, Savolainen και Mannering 2007, Haque 2010, Huang και Abdel-Aty 2010). Όλες αυτές αποσκοπούν στο να προσδιορίσουν τους παράγοντες που αυξάνουν τα ατυχήματα των μοτοσικλετιστών αλλά δε μας παρέχουν καμία πληροφορία για την οδική συμπεριφορά των οδηγών πριν κατά τη διάρκεια και μετά την εμφάνιση επικίνδυνων καταστάσεων.

Μια καινούργια και αποτελεσματική τεχνική για τη μελέτη της οδικής συμπεριφοράς των οδηγών οχημάτων είναι η συνεχής παρακολούθηση και καταγραφή πραγματικών διαδρομών χρησιμοποιώντας τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας. Σε μια τέτοια έρευνα αποδείχθηκε ότι η μοναδικότητα του στυλ οδήγησης αντανακλάται στην ποσότητα πίεσης που ασκεί στο φρένο ή στο γκάτσι ένας οδηγός και στο αν χρησιμοποιεί το φλας ή όχι. Τέτοια αποτελέσματα θα μπορούσαν να γενικευθούν και για τους οδηγούς μοτοσικλέτας. Από πείραμα φυσικής οδήγησης προέκυψε το συμπέρασμα πως οι μεταβλητές που συνδέονται με τα μηχανικά χαρακτηριστικά της μοτοσικλέτας, όπως το φρενάρημα (braking), ή ταχύτητα του τροχού (wheel speed), το γκάτσι (throttle) και το στρίψιμο του τιμονιού (steering) είναι επαρκείς ώστε να διαχωρίσουν τη φυσιολογική από την ακραία συμπεριφορά. Αντίθετα οι παράμετροι που σχετίζονται με την κυκλοφορία όπως η επιτάχυνση (acceleration) και η ταχύτητα (speed) δεν αποδείχθηκαν ότι συμβάλλουν στον εντοπισμό των συμβάντων. Αυτό το συμπέρασμα μπορεί να έχει πολύ σημαντικές επιπτώσεις για την εξέλιξη των πειραμάτων φυσικής οδήγησης μοτοσικλέτας. Πρέπει όμως να επισημανθεί πως η χρήση λιγότερων αισθητήρων για την ανίχνευση συμβάντων δε σημαίνει απαραίτητα πως οι υπόλοιπες οδηγικές παράμετροι πρέπει να αγνοηθούν καθώς μπορεί να παρέχουν κάποιες επιπρόσθετες σημαντικές πληροφορίες (Vlahogianni et al., 2012).



Στην Ευρώπη την Αυστραλία και την Αμερική έχουν διεξαχθεί έρευνες για μοτοσυκλετιστές και κάποια αποτελέσματα τους έχουν δημοσιοποιηθεί όπως the 100-Car study (NHTSA 2006), SHRP 2 Naturalistic Driving Study (SHRP2 2011) Euro-FOT (Csepinszky Benmimoun 2010). Σύμφωνα με τους Olson (2009) και Klauer (2010) η πιο συνηθισμένη αιτία για την οποία προκαλούνται ατυχήματα είναι η απόσπαση της προσοχής του οδηγού κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Αν ο οδηγός δεν κοιτάζει το δρόμο για περισσότερο από 2 δευτερόλεπτα (ανεξάρτητα αν κοιτάζει τους καθρέπτες ή κάτι άλλο) τότε η πιθανότητα ατυχήματος αυξάνεται σημαντικά. Αν η προσοχή του διασπαστεί για λιγότερο από 2 δευτερόλεπτα κοιτάζοντας τους καθρέπτες τότε δεν είναι πιθανό να εμπλακεί σε ατύχημα. Αντιθέτως αν κοιτάζει το κινητό του ή κάτι άλλο που δεν έχει σχέση με το οδηγικό του καθήκον τότε πάλι αυξάνεται η πιθανότητα ατυχήματος. Ο Klauer στην ίδια έρευνα εξήγαγε το συμπέρασμα πως οι νεότεροι σε ηλικία οδηγοί εμπλέκονται σε περισσότερα ατυχήματα. Το ίδιο ισχύει και για οδηγούς που έχουν μικρή σχετικά εμπειρία (μικρότερη των 10 ετών) οι οποίοι σαν χαρακτήρες μπορεί να θεωρηθούν ότι είναι ισχυρογνώμονες, μη συνειδητοποιημένοι και απόλυτοι στις απόψεις τους. Ως μέτρα προστασίας των αναβατών θα μπορούσε να είναι η αύξηση του ορίου ηλικίας για την απόκτηση άδεια οδήγησης, βελτίωση της εκπαίδευσης μείωση του ανώτατου ορίου ταχύτητας και εντατικοποίηση της αστυνόμευσης στους δρόμους. Αυτά τα μέτρα δεν θα είναι ιδιαίτερα δημοφιλή ούτε στους αναβάτες των οχημάτων ούτε και στις κατασκευαστικές εταιρίες που μπορεί να διαπιστώσουν μείωση των εσόδων τους. Για να γίνουν πιο αποδεκτά τα μέτρα αυτά, θα πρέπει οι εναλλακτικές επιλογές (όπως τα ποδήλατα κινούμενα με ηλεκτρική ενέργεια,) να είναι πιο ελκυστικές. Με τον όρο εναλλακτικές επιλογές δε συμπεριλαμβάνονται τα δημόσια μέσα μεταφοράς, τα ποδήλατα και τα αυτοκίνητα Dakota(2012).

Όμως οι παραπάνω έρευνες και όλες οι προηγούμενες που έχουν διεξαχθεί δεν έχουν δημοσιοποιηθεί αποτελέσματα που να αφορούν την οδηγική συμπεριφορά των οδηγών (Reagan 2006, NHTSA 2006, FESTA 2008, Baldanzini 2009).

## **2.2 ΣΥΝΟΨΗ**

Στις μέχρι τώρα δημοσιευμένες μελέτες η συνηθισμένη στρατηγική για να οριστεί η επικίνδυνη κατάσταση ήταν να δοθεί σε κάποια παράμετρο ένα άνω όριο. Η υπέρβαση αυτού του ορίου οδηγούσε αυτόματα στον χαρακτηρισμό της κατάστασης

ως επικίνδυνη χωρίς να λαμβάνει υπόψη της τις ιδιαιτερότητες και το προσωπικό στυλ οδήγησης του εκάστοτε οδηγού. Η προσέγγιση αυτή είναι μονομεταβλητή.

Με βάση τη μέχρι τώρα βιβλιογραφία οι έρευνες για τον εντοπισμό διαφορών μεταξύ μέρας και νύχτας έχουν επικεντρωθεί κυρίως στην αύξηση των ατυχημάτων τη νύχτα (Konstantopoulos et al., 2010) ή την επιρροή των πεζών στα ατυχήματα (Doherty et al., 1998) και όχι στον εντοπισμό του στυλ οδήγησης. Παρόμοια συμπεράσματα προέκυψαν και από μελέτες εντός και εκτός κατοικημένης περιοχής (Nordfjærn et al., 2010) όπου οι αναλύσεις εστιάστηκαν στις διαφοροποιήσεις μεταξύ φύλου, εκπαίδευσης και ηλικίας δηλαδή στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτώμενων.

Στην παρούσα διπλωματική θα χρησιμοποιηθούν υψηλής ανάλυσης δεδομένα πραγματικής οδηγικής συμπεριφοράς και θα προταθεί μεθοδολογία εύρεσης του προσωπικού στυλ οδήγησης μοτοσικλετιστών. Η μεθοδολογία δε θα βασιστεί στην παρατήρηση των βίντεο, που είναι η συνήθης τακτική, αλλά σε μαθηματικά εργαλεία που θα αναλύουν τα πολυμεταβλητά δεδομένα όπως η ανάλυση κύριων παραγόντων και ο αλγόριθμος του Bacon. Με την ίδια μεθοδολογία θα ανιχνευθούν διαφοροποιήσεις στο στυλ του οδηγού ανάλογα με το αν κινείται εντός ή εκτός πόλης και αν οδηγεί μέρα απόγευμα ή νύχτα.

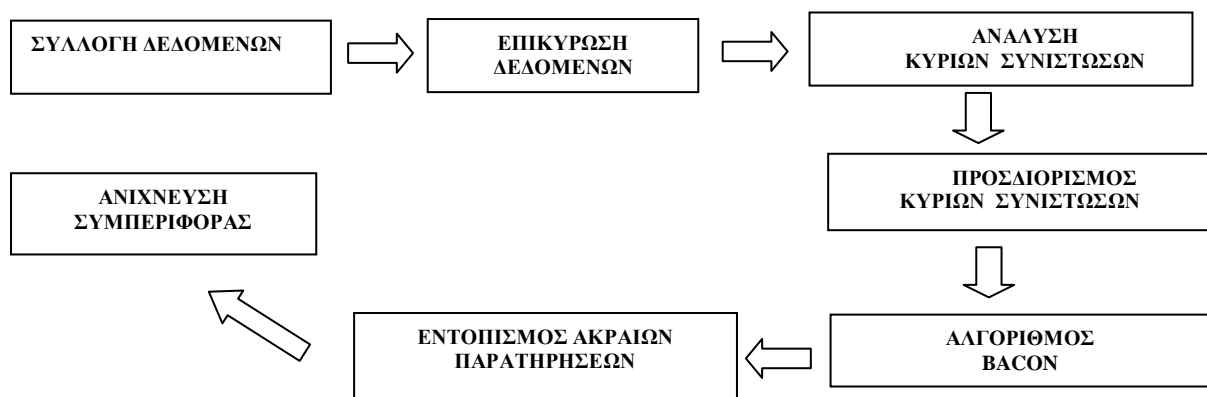


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Μεθοδολογική Προσέγγιση

#### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Αναπτύσσεται μια μεθοδολογία που διαίρεται σε δύο στάδια. Στο μεν πρώτο καθορίζονται οι στατιστικά σημαντικές μεταβλητές ενώ στο δε δεύτερο εντοπίζονται οι ακραίες παρατηρήσεις που συνδέονται άμεσα με την ανίχνευση του προφίλ των αναβατών. Για το στάδιο του καθορισμού των στατιστικά σημαντικών μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των κυρίων συνιστωσών (PCA) και για τον εντοπισμό των ακραίων παρατηρήσεων χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος του Bacon. Στο διάγραμμα ροής εργασιών απεικονίζεται σε στάδια η σύλληψη και η εκτέλεση της έρευνας.



**Διάγραμμα 1 Διάγραμμα Ροής Εργασιών**

Η προτεινόμενη μεθοδολογία βασίζεται σε πείραμα φυσικής οδήγησης ώστε να παρακολουθούνται και να καταγράφονται οι κινήσεις των οδηγών μοτοσικλέτας στο δρόμο, χρησιμοποιώντας αισθητήρες υψηλής τεχνολογίας με σκοπό τη μελέτη της συμπεριφοράς των οδηγών. Η ανάγκη αυτή οδήγησε σε ένα πανευρωπαϊκό πείραμα με την ονομασία 2 BE SAFE- 2 Wheeler Behavior and Safety που διεξήχθη και στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στην πόλη του Βόλου. Στο πείραμα αυτό χρησιμοποιήθηκαν μηχανήματα που κατέγραφαν ενδείξεις όπως το άνοιγμα του γκαζιού, η ταχύτητα, το πάτημα του φρένου κ.τ.λ. Τα αποτελέσματα αυτά ελέγχθηκαν ως φυσιολογικά ή όχι στο στάδιο της επικύρωσης των δεδομένων.

### 3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ

Η ανάλυση κυρίων συνιστωσών (Principal Component Analysis - PCA) χρησιμοποιείται για να ερμηνεύσει τη δομή διασποράς και συνδιασποράς σε ένα σύνολο μεταβλητών μέσω των γραμμικών τους συνδυασμών. Η μέθοδος αυτή έχει ως σκοπό τη δημιουργία καινούργιων μεταβλητών, οι οποίες είναι γραμμικοί συνδυασμοί των αρχικών μεταβλητών, έτσι ώστε και να είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους και να περιέχουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος της διακύμανσης των αρχικών μεταβλητών. Οι νέες μεταβλητές που δημιουργούνται ονομάζονται Κύριες Συνιστώσες. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται από ένα σύνολο συσχετισμένων μεταβλητών να δημιουργείται ένα σύνολο ασυσχέτιστων μεταβλητών, το οποίο είναι χρήσιμο για αρκετές στατιστικές τεχνικές αφού με τον τρόπο αυτό μειώνεται ο αριθμός των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται σε ένα σύνολο δεδομένων. Οι κύριες συνιστώσες που προκύπτουν μπορούν να ερμηνεύσουν το μεγαλύτερο ποσοστό της διακύμανσης, γεγονός που σημαίνει πως με μικρότερο αριθμό μεταβλητών από το αρχικό σύνολο, χάνεται ένα μικρό ποσοστό της συνολικής μεταβλητότητας. Αυτό είναι πολύ σημαντικό ιδιαίτερα για την αποφυγή της υπερ-παραμετροποίησης ενός γενικευμένου γραμμικού μοντέλου.

Έστω δηλαδή ότι υπάρχουν  $p$  συνιστώσες που μπορούν να ερμηνεύσουν τη συνολική μεταβλητότητα του συστήματος. Ένα μεγάλο μέρος αυτής της μεταβλητότητας ερμηνεύεται με χρήση των πολύ λιγότερων  $k$  συνιστωσών  $k < p$  οι οποίες καλούνται κύριες συνιστώσες και μπορούν να αντικαταστήσουν τις αρχικές  $p$  μεταβλητές (Johnson and Wichern 2002; Jolliffe 2002). Αλγεβρικά οι κύριες συνιστώσες είναι γραμμικός συνδυασμός των μεταβλητών  $X_1, X_2, \dots, X_p$ . Γεωμετρικά αυτοί οι γραμμικοί συνδυασμοί εκφράζουν την επιλογή ενός καινούργιου συστήματος συντεταγμένων που προέκυψε από την περιστροφή του αρχικού συστήματος συντεταγμένων  $X_1, X_2, \dots, X_p$ . Ο νέος άξονας έχει διεύθυνση της μέγιστης μεταβλητότητας και δίνει μια πιο απλή περιγραφή του πίνακα συνδιασποράς (Tsakiri 2010)

Ας υποθεθεί ότι  $X' = (X_1 \quad X_2 \quad \dots \quad X_p)$  είναι ο τυχαίος δείκτης με μέση τιμή  $\mu_{X'} = (EX_1 \quad EX_2 \quad \dots \quad EX_p)$  και πίνακα συνδιασπόράς  $\Sigma_X$ . Ας υποθεθεί επίσης ότι ο  $\Sigma_X$  έχει ιδιοτιμές και ιδιοδιανύσματα τα ζευγάρια  $(\lambda_1, e_1), (\lambda_2, e_2), \dots, (\lambda_p, e_p)$  με

$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$ . Έστω  $Y$  ο ορθογωνικός μετασχηματισμός του  $X$  που δίνεται από τη σχέση:  $Y = P'X$ , όπου  $P$  πίνακας με στήλες τα ιδιοδιανύσματα του πίνακα  $\Sigma_X$ . Τότε η  $i$ -οστή κύρια συνιστώσα δίνεται από τη σχέση

$$Y_i = e_i'X = e_{i1}X_1 + e_{i2}X_2 + \dots + e_{ip}X_p, \quad i=1, \dots, p. \quad (1)$$

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω εξάγουμε ότι οι κύριες συνιστώσες είναι ασυσχέτιστες και έχουν διασπορά ίση με τις ιδιοτιμές του πίνακα  $\Sigma_X$  και η συνολική μεταβλητότητα του  $\Sigma_X$  είναι ίδια με τη συνολική μεταβλητότητα του  $\Sigma_Y$ .

Το πρώτο βήμα της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών είναι η επιλογή της πρώτης κύριας συνιστώσας που είναι ο γραμμικός συνδυασμός των αρχικών μεταβλητών που εξηγεί στο μέγιστο την ολική διακύμανση τους. Η μέθοδος αυτή λαμβάνει υπόψη τη συνολική διακύμανση των μεταβλητών κατά φθίνουσα σειρά. Συνεπώς η δεύτερη κύρια συνιστώσα, είναι εκείνη η οποία είναι ασυσχέτιστη με την πρώτη και εξηγεί στο μέγιστο την υπόλοιπη διακύμανση κ.ο.κ. Κατά μέγιστο μπορούν να εξαχθούν τόσες κύριες συνιστώσες όσες είναι οι αρχικές μεταβλητές και το άθροισμα των διακυμάνσεων τους ισούται με το άθροισμα των διακυμάνσεων των αρχικών μεταβλητών. Στην πράξη επιλέγονται λιγότερες κύριες συνιστώσες από τις αρχικές μεταβλητές, με κριτήρια που θα εξεταστούν παρακάτω. Όλες οι μεταβλητές μετρώνται με τυπικές μονάδες έτσι ώστε η διακύμανση των τιμών μιας μεταβλητής να είναι μονάδα. Το άθροισμα των τετραγώνων των επιβαρύνσεων μιας κύριας συνιστώσας δηλώνει τη συμμετοχή της συνιστώσας στην ολική διακύμανση των μεταβλητών. Η τιμή του αθροίσματος για κάθε κύρια συνιστώσα ονομάζεται χαρακτηριστική τιμή. Το μέγεθος των χαρακτηριστικών τιμών που εμφανίζονται κατά φθίνουσα σειρά μεγέθους, βοηθούν στην πράξη να αποκλειστούν οι κύριες συνιστώσες που δεν συμμετέχουν σημαντικά στην εξήγηση της ολικής διακύμανσης και να διατηρηθούν αυτές που εξηγούν αθροιστικά το υψηλότερο ποσοστό αυτής.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλά κριτήρια τα οποία χρησιμοποιούνται για την επιλογή των κυρίων συνιστωσών. Πιο κάτω αναφέρονται τα τρία πιο δημοφιλή :

1. Ποσοστό συνολικής διακύμανσης που εξηγούν οι κύριες συνιστώσες
2. Κριτήριο του Kaiser
3. Τεχνική του αγκώνα - scree plot.

Σύμφωνα με το πρώτο κριτήριο, επιλέγονται τόσες συνιστώσες ώστε αθροιστικά να εξηγούν μεγαλύτερο ποσοστό μεταβλητότητας από τον στόχο που

επιλέγει αρχικά ο μελετητής (συνήθως μεγαλύτερο του 50%). Το κριτήριο του Kaiser αναφέρει πως αν χρησιμοποιηθεί ο πίνακας συνδιακύμανσης, να θεωρηθούν όλες συνιστώσες των οποίων η ιδιοτιμή τους είναι μεγαλύτερη από τη μέση τους τιμή, ενώ αν χρησιμοποιηθεί ο πίνακας συσχετίσεων, να θεωρηθούν όλες οι συνιστώσες που έχουν ιδιοτιμή μεγαλύτερη της μονάδας. Τέλος, η τεχνική του αγκώνα είναι μια γραφική μέθοδος για την επιλογή του αριθμού των κύριων συνιστωσών. Το γράφημα αυτό έχει στον οριζόντιο άξονα  $x$  τον αριθμό των κύριων συνιστωσών και στον κάθετο άξονα  $y$  την τιμή κάθε ιδιοτιμής. Προτείνεται να επιλεγούν τόσες συνιστώσες μέχρι στο γράφημα να σπάσει ο «αγκώνας», δηλαδή να αλλάζει κλίση. Στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκαν συνδυαστικά και τα τρία κριτήρια.

Όσον αφορά την καταλληλότητα της μεθόδου των κύριων συνιστωσών χρησιμοποιείται ο δείκτης Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), που συγκρίνει τα μεγέθη των παρατηρούμενων συντελεστών συσχέτισης προς τους συντελεστές μερικής συσχέτισης. Μικρές τιμές του δείκτη δηλώνουν ότι η παραγοντική ανάλυση δεν είναι η κατάλληλη τεχνική για να αναλυθούν αυτά τα δεδομένα.

### **3.3 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΑΚΡΑΙΩΝ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ BACON**

Στην ανάλυση δεδομένων είναι συνηθισμένη η υπόθεση πως το υπό μελέτη δείγμα είναι ομογενές. Αυτό είναι μια εσφαλμένη εικασία καθώς στην πλειοψηφία των περιπτώσεων περιέχονται ακραίες παρατηρήσεις (outliers) τα οποία οφείλονται είτε σε λάθος του ερευνητή είτε σε λανθασμένη ένδειξη του οργάνου είτε όντως είναι πραγματικές τιμές που μπορεί να υποδηλώνουν μια οριακή κατάσταση. Στην παρούσα διπλωματική η ύπαρξη πραγματικών ακραίων τιμών υποδηλώνει τη μετάβαση από μια τυπική συμπεριφορά σε μια ακραία (irregular behavior). Σκοπός της μεθοδολογίας είναι η ανίχνευση ακραίων παρατηρήσεων και στη συνέχεια να προσδιοριστούν οι παράμετροι που επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά.

Στα προηγούμενα χρόνια η πολλαπλή ανίχνευση ακραίων τιμών είχε μεγάλο υπολογιστικό κόστος το οποίο αυξανόταν εκθετικά με την αύξηση του μεγέθους του δείγματος. Στην εργασία αυτή θα χρησιμοποιηθεί ο αλγόριθμος του Bacon που βασίστηκε στις εργασίες των Hadi(1992a, 1994) και Hadi and Simonoff (1993), ο οποίος σε λίγες επαναλήψεις (τρεις με πέντε) προσαρμόζει τα δεδομένα στο μοντέλο, ανεξαρτήτως του μεγέθους του δείγματος. Υπάρχουν τρεις εκδοχές του αλγόριθμου του Bacon (Billor et al., 1999), ο γενικός αλγόριθμος, ο αλγόριθμος παλινδρόμησης

και ο αλγόριθμος για πολυμεταβλητά δεδομένα που θα αναλυθεί και διεξοδικά (βασισμένο στο μέτρο Mahalanobis distance)

Ας υποθεθεί ότι υπάρχει πίνακας διαστάσεων  $n \times p$  όπου  $n$  είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων και  $p$  ο αριθμός των μεταβλητών θεωρώντας  $X=(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$  με  $i=1, 2, \dots, n$ . Το αποτέλεσμα του αλγορίθμου είναι

- ένα σύνολο παρατηρήσεων που θα ονομαστούν ακραίες τιμές
- οι τιμές απόκλισης όλων των παρατηρήσεων που βασίζονται στην απόσταση Mahalanobis (Mahalanobis distance).

Το πρώτο βήμα του αλγορίθμου είναι ο εντοπισμός ενός πίνακα δεδομένων διαστάσεων  $n \times m$  με  $m > p$  και όπως απέδειξε ο Hadi (1994)  $m \approx (4-5)p$ . Αν το πρώτο σύνολο παρατηρήσεων δεν είναι κοντά στο κέντρο των μη ακραίων τιμών ο αλγόριθμος τείνει να το μετατοπίσει το κέντρο. Ο πίνακας αυτός υπολογίζεται με βάση τις μικρότερες αποστάσεις Mahalanobis που ορίζονται από τη σχέση

$$d_i(\hat{\mu}, S) = \sqrt{(x_i - \hat{\mu})^T S^{-1} (x_i - \hat{\mu})} \quad (2)$$

όπου  $\hat{\mu}$  είναι ο δειγματικός μέσος του πίνακα και  $S^{-1}$  είναι ο πίνακας συνδιασποράς.

Το δεύτερο βήμα του αλγορίθμου είναι ο υπολογισμός των αποκλίσεων:

$$d_i(\bar{x}_b, S_b) = \sqrt{(\bar{x}_b - \hat{\mu})^T S_b^{-1} (\bar{x}_b - \hat{\mu})} \quad (3)$$

όπου  $\bar{x}_b$  είναι ο δειγματικός μέσος του πίνακα που προέκυψε από το βήμα 1 και

$S_b^{-1}$  είναι ο πίνακας συνδιασποράς του πίνακα που προέκυψε από το βήμα 1.

Το τρίτο βήμα είναι ο προσδιορισμός ενός υποσυνόλου δεδομένων που έχουν απόκλιση μικρότερη από την τιμή  $c_{np} \chi_{p, \alpha/n}$  όπου  $\chi^2_{p, \alpha/n}$  είναι η τιμή της κατανομής  $\chi^2$  με  $p$  βαθμούς ελευθερίας και  $1-\alpha$  διάστημα εμπιστοσύνης,  $c_{np}$  είναι ένας διορθωτικός συντελεστής και ισούται με  $c_{np} = c_{np} + c_{hr}$ ,

$$\text{όπου } c_{np} = 1 + \frac{1+p}{n-p} + \frac{2}{n-1-3p},$$

$$c_{hr} = \max\left(0, \frac{h-r}{h+r}\right)$$

$$h = \frac{n+1+p}{2} \text{ και}$$

r το μέγεθος του εκάστοτε δείγματος.

Στο τέταρτο βήμα επαναλαμβάνονται τα βήματα δύο και τρία μέχρι το μέγεθος του τελικού μας πίνακα να μην μεταβάλλεται. Με τη σύγκλιση του αλγορίθμου κάποιες παρατηρήσεις αφαιρούνται από το τελικό δείγμα μας και χαρακτηρίζονται ως ακραίες τιμές.

Ο αλγόριθμος αυτός μειώνει δραστικά τον αριθμό των επαναλήψεων. Κάθε μια επανάληψη απαιτεί υπολογισμό και αντιστροφή του πίνακα συνδιασποράς αλλά ο αριθμός των επαναλήψεων δεν εξαρτάται από το μέγεθος του δείγματος. Επιπροσθέτως ο αλγόριθμος δεν απαιτεί τη διάταξη των αποκλίσεων, αλλά τις συγκρίνει με μια σταθερή τιμή.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

---

### *Ανάλυση και Αποτελέσματα*

#### **4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Τα δεδομένα της παρούσης διπλωματικής προέρχονται από ένα πείραμα φυσικής οδήγησης που παρατηρεί και μελετά τη συμπεριφορά του οδηγού στο δρόμο με τη λιγότερη δυνατή επίδραση στον οδηγό. Αφορούν 90 διαδρομές που έλαβαν μέρος στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου και μέσα στο κέντρο και στα προάστια ως μέρος του πανευρωπαϊκού προγράμματος (2 BE SAFE- 2 Wheeler Behavior and Safety) στο οποίο αποφασίστηκε να μην χρησιμοποιηθούν μηχανάκια. Η μοτοσυκλέτα που χρησιμοποιήθηκε στην Ελλάδα είναι μια BMW F650 FUNDURO και η έρευνα εστίασε σε όργανα όπως η θέση του γκαζιού, επιταχυνσιόμετρο τριών διαστάσεων, γυροσκόπιο τριών διαστάσεων, η περιστροφή τιμονιού, το επίπεδο φρεναρίσματος, η ενεργοποίηση φλάς, ση λήψη βίντεο και στο GPS.

Η έρευνα διεξήχθη σε τρεις φάσεις. Η πρώτη φάση περιελάμβανε μια δοκιμαστική περίοδο προκειμένου να διορθωθούν οι όποιες λανθασμένες υποδείξεις των οργάνων. Η δεύτερη φάση περιλάμβανε πιλοτικές διαδρομές διάρκειας τεσσάρων εβδομάδων, χρησιμοποιώντας έναν μόνο αναβάτη, προκειμένου και να εντοπισθούν κατασκευαστικά προβλήματα και να αντιμετωπισθούν τα οποιαδήποτε προβλήματα ποιότητας στα δεδομένα που μπορούν να προκύψουν (λόγου χάρη ποιότητα σήματος). Με τον όρο προβλήματα στην ποιότητα των δεδομένων εννοούνται θέματα που άπτονται στην ακρίβεια στην αξιοπιστία και στην αρτιότητα των δεδομένων.

Η τρίτη φάση περιλαμβάνει κάθε αυτού το πείραμα. Επιλέχθηκαν τρεις οδηγοί για μια περίοδο έξι μηνών. Η επιλογή των αναβατών έγινε με βάση το φύλο και την πεποίθηση που έχουν οι ίδιοι για τις οδηγικές τους ικανότητες. Θεωρήθηκε πανευρωπαϊκά πως επειδή αφενός οι άντρες οδηγοί εμπλέκονται πολύ περισσότερο σε ατυχήματα και αφετέρου αποτελούν την πλειοψηφία των αναβατών, το καλύτερο θα ήταν οι οδηγοί να είναι άνδρες που να έχουν λίγη παραπάνω αυτοπεποίθηση στις οδηγικές τους ικανότητες (επιλέχθηκαν και διαπιστώθηκε με χρήση ερωτηματολογίου). Δεν τέθηκε περιορισμός στην ηλικία καθώς έχει αποδειχθεί και ότι οι οδηγοί με εμπειρία εμπλέκονται σε ατυχήματα. Προτιμήθηκαν οδηγοί κάτω των 50 ετών με τουλάχιστον πενταετή εμπειρία οδήγησης που να μην έχουν

ρισοκίνδυνη συμπεριφορά. Αυτό αποτέλεσε ένα ακόμη κριτήριο καθώς δεν προτιμήθηκαν αναβάτες που είχαν ένα ιδιαίτερο επιβαρυσμένο ιστορικό από τροχαία ατυχήματα αλλά ούτε και αυτοί που δεν είχαν κανένα ατύχημα καθώς κάτι τέτοιο πιθανώς να υποδήλωνε έναν πολύ προσεκτικό οδηγό που δεν εμπλέκεται σε ατυχήματα. Επίσης ένα επιπρόσθετο στοιχείο στην επιλογή του οδηγού ήταν η συχνή χρήση της μηχανής. Επειδή η έρευνα διεξήχθη στο Βόλο που είναι μια μικρή σχετικά πόλη, για καλύτερη αντιπροσώπευση του δείγματος, δεν επιλέχθηκαν οι οδηγοί που είχαν διανύσει τα περισσότερα χιλιόμετρα, αλλά αυτοί που χρησιμοποιούσαν πολύ συχνά τη μοτοσικλέτα τους. Συμπεριλαμβανομένου του γεγονότος πως τα περισσότερα ατυχήματα συμβαίνουν εντός πόλης, επιλέχθηκαν οδηγοί που χρησιμοποιούσαν τη μηχανή για διαδρομές εντός Βόλου. Στο τέλος κάθε διαδρομής οι οδηγοί συμπλήρωναν τόσο σε χάρτινη μορφή όσο και σε ηλεκτρονική ένα ημερολόγιο με τις διαδρομές που ακολουθούσαν και στο τέλος κάθε βδομάδας υπήρχε επικοινωνία για τυχόν περαιτέρω πληροφορίες που χρειαζόταν ο ερευνητής. Αξίζει να σημειωθεί πως τόσο οι κλιματολογικές συνθήκες όσο και η χρονική στιγμή έναρξης της διαδρομής καταγράφηκαν για περαιτέρω υποαναλύσεις.

Η συχνότητα καταγραφής όλως των δεδομένων είχαν ακρίβεια 100Hz, εκτός από το βίντεο που είχε ακρίβεια 10Hz και του GPS που είχε 1Hz. Η επιλογή αυτή της συχνότητας παρέχει τη δυνατότητα συνεχής καταγραφής όλων των κινήσεων του αναβάτη που είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό της επιτάχυνσης, της ταχύτητας, της ενεργοποίησης του φρένου, του ανοίγματος του γκαζιού και το στρίψιμο του τιμονιού. Επίσης παρέχεται δυνατότητα πλήρης γνώσης του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της διαδρομής όπως εκτίμηση της διαμήκης απόστασης, σύγκριση ταχύτητας μοτοσικλέτας με την ταχύτητα των άλλων οχημάτων, ύπαρξη εμποδίου κ.α. Το πλήθος των δεδομένων των ενενήντα διαδρομών για την συγκεκριμένη ανάλυση ανήλθαν στα 5.8 εκατομμύρια δεδομένα.

Με την πλήρη καταγραφή των δεδομένων, στόχος της διπλωματικής είναι να μπορέσει να διαχωρίσει τη συμπεριφορά του αναβάτη σε δύο κατηγορίες:

- Την τυπική συμπεριφορά
- Την ακραία συμπεριφορά ή συμπεριφορά σύγκρουσης

Με τη συνεχή καταγραφή των παραμέτρων θα εντοπιστούν σημεία μετάβασης από την τυπική συμπεριφορά του αναβάτη σε ακραία και με τον τρόπο αυτό θα γνωρίζει ο αναλυτής πως εκείνη τη χρονική στιγμή έγινε ένα γεγονός μη

συνηθισμένο. Τα αποτελέσματα αυτά θα δώσουν το έναυσμα για την υλοποίηση του απώτερου σκοπού της έρευνας που είναι η κατανόηση των αιτίων ενός ατυχήματος και η λήψη των κατάλληλων μέτρων για την αποφυγή τους.

Αξίζει να αναφερθεί ότι από τη στιγμή που ο οδηγός είναι ενήμερος πως θα βιντεοσκοπείται για τον σκοπό μιας έρευνας, πιθανώς έστω και υποσυνείδητα να αλλάζει η οδηγική του συμπεριφορά αλλά ουσιαστικά πρόκειται για τη μικρότερη δυνατή παρέμβαση που μπορεί να γίνει στο πείραμα.

Οι μέχρι τώρα έρευνες έχουν επικεντρωθεί στη μελέτη συμπεριφοράς οδηγών αυτοκινήτων των οποίων η οδηγική συμπεριφορά διαφέρει σημαντικά από των μοτοσικλετιστών. Οι κυριότερες διαφορές τους είναι:

- Κίνηση στους δύο τροχούς έναντι των τεσσάρων
- Δεν υπάρχει διαχωριστικό μοτοσικλέτας και περιβάλλοντος
- Μικρότερο μήκος
- Μικρότερο πλάτος
- Υψηλότερη θέση οδηγού
- Λιγότερος ελεύθερος χώρος
- Μεγαλύτερες τιμές επιτάχυνσης και επιβράδυνσης

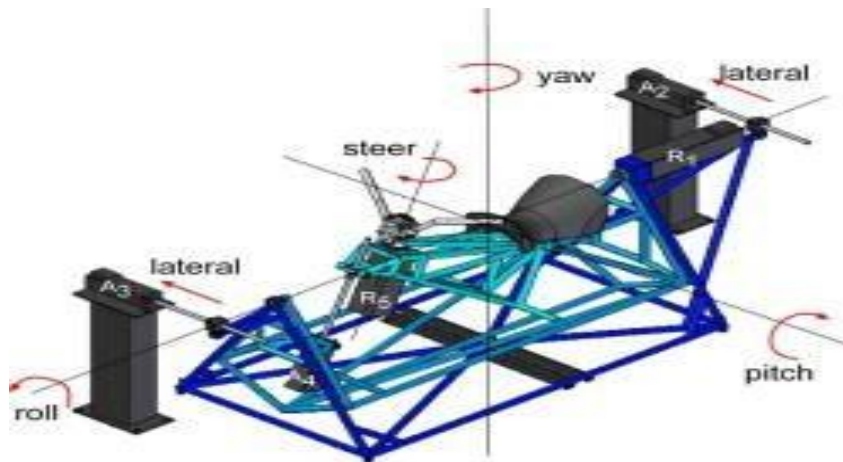
Συνεπώς ενώ έχουν γίνει εκτεταμένες έρευνες για τη συμπεριφορά οδηγών αυτοκινήτων, λόγω των παραπάνω διαφορών όμως, δεν μπορούν να θεωρηθούν οι ίδιες μεταβλητές σημαντικές και για τους οδηγούς μοτοσικλετών. Αυτό καθιστά το πρόβλημα της μελέτης της συμπεριφοράς ενός μοτοσικλετιστή, πρωτότυπο, περίπλοκο αλλά ταυτόχρονα πολύ ελκυστικό ως παρθένο χώρο για διεξαγωγή έρευνας.

Οι μεταβλητές οι οποίες επιλέχθηκαν να μελετηθούν είναι:

1. Ταχύτητα της μηχανής (speed kph)
2. Ταχύτητα του πίσω τροχού (wheel speed kph)
3. Η διαμήκης επιτάχυνση (longitudinal acceleration g)
4. Η πλευρική επιτάχυνση (lateral acceleration g)
5. Η κάθετη επιτάχυνση (vertical acceleration g)
6. Ρυθμός μετατόπισης κατά τον άξονα x (roll rate deg/sec)
7. Ρυθμός μετατόπισης κατά τον άξονα y (pitch rate deg/sec)
8. Ρυθμός μετατόπισης κατά τον άξονα z (yaw rate deg/sec)
9. Πίεση στο φρενάρισμα (break rear %)

10. Ενεργοποίηση πίσω φρένου (break activation rear 0 /100)
11. Ενεργοποίηση μπροστά φρένου (break front rear 0/100)
12. Στρίψιμο τιμονιού (steering %)
13. Γκάζι (throttle %)

Στην παρακάτω εικόνα διακρίνονται τα μηχανικά χαρακτηριστικά της μοτοσυκλέτας



Όλες οι μεταβλητές αυτές είναι συνεχείς εκτός από την ενεργοποίηση πίσω φρένου και μπροστά φρένου οι οποίες είναι δυαδικές μεταβλητές.

#### 4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ

Στην εργασία αυτή, η ανάλυση των δεδομένων θα πραγματοποιηθεί και στο σύνολο τους και σε υποκατηγορίες με σκοπό να ανιχνευθούν διαφοροποιήσεις στο στυλ του οδηγού ανάλογα με το αν κινείται εντός ή εκτός πόλης και ανάλογα της χρονικής στιγμής που κινείται. Πιο συνοπτικά οι κατηγορίες είναι:

- Σύνολο δεδομένων
- Οδήγηση σε αστικό-υπεραστικό δίκτυο
- Οδήγηση σε πρωινές-νυχτερινές ώρες
- Οδήγηση σε πρωινές -απογευματινές (σούρουπο)- βραδινές ώρες (σκοτάδι)

Παρουσιάζεται διεξοδικά η ανάλυση που αφορά στο σύνολο των δεδομένων. Όσον αφορά τις υπόλοιπες κατηγορίες θα παρουσιαστούν συνοπτικά οι διαφορές τους

με την κύρια κατηγορία. Αναλυτικά οι πίνακες των υπολοίπων κατηγοριών βρίσκονται στο Παράρτημα Α.

Η ανάλυση των κύριων συνιστωσών (PCA) αποτελεί το στατιστικό εργαλείο με το οποίο θα προσδιοριστούν ποιες από τις 13 μεταβλητές που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.1 είναι σημαντικές και πως μπορούν αυτές να ομαδοποιηθούν μειώνοντας με τον τρόπο αυτό τον αριθμό των μεταβλητών. Το στατιστικό πακέτο που χρησιμοποιήθηκε για το PCA είναι το SPSS 20.

Για την ορθή εφαρμογή της μεθόδου θα πρέπει ο λόγος του αριθμού των παρατηρήσεων προς τον αριθμό των μεταβλητών να είναι μεγαλύτερος του 5. Στην περίπτωση που μελετάται έχουν συλλεχθεί πάνω από 5.8 εκατομμύρια δεδομένα με μικρότερο όγκο δεδομένων την υποανάλυση που αφορά τις απογευματινές ώρες με περίπου 1.5 εκατομμύρια δεδομένα. Ο αριθμός των μεταβλητών που στην αρχή χρησιμοποιήθηκαν είναι δεκατρία και προφανώς ο λόγος που σχηματίζεται είναι πολύ μεγαλύτερος του 5.

Ως δεύτερο κριτήριο για την καταλληλότητα της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών είναι ο έλεγχος του Bartlett, που υπολογίζει το συνολικό μέτρο της επάρκειας του δείγματος. Αν η τιμή που προκύπτει είναι μεγαλύτερη του 0.5, τότε στα δεδομένα μπορεί να εφαρμοσθεί το PCA. Από τον παραπάνω έλεγχο όπως φαίνεται στον Πίνακα 1 προκύπτει ότι:

- Ο έλεγχος αυτός είναι στατιστικά σημαντικός καθώς η p-τιμή του είναι μηδενική, δηλαδή απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση σύμφωνα με την οποία δεν πρέπει να εφαρμοσθεί το PCA.
- Το συνολικό μέτρο επάρκειας δείγματος MSA (Measure of Sampling Adequacy) είναι 0.627 μεγαλύτερο από το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο του 0.5.

**Πίνακας 1 Έλεγχος Bartlett**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,627
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	29383260,874
	df	78
	Sig.	,000

Για όλες τις αναλύσεις τα αποτελέσματα των δύο ελέγχων είναι παρόμοια

Συνεπώς εξασφαλίζεται η καταλληλότητα της μεθόδου PCA στα δεδομένα όλων των υποκατηγοριών. Το επόμενο βήμα είναι ο εντοπισμός των σημαντικών μεταβλητών ο οποίος θα πραγματοποιηθεί με δύο κυρίως κριτήρια.

Το πρώτο κριτήριο είναι ο πίνακας συσχέτισης anti-image, που ερμηνεύει την επάρκεια του δείγματος για κάθε μία μεταβλητή ξεχωριστά, σε αντίθεση με τον έλεγχο του Bartlett που ερμηνεύει την επάρκεια του δείγματος για το σύνολο των μεταβλητών. Η ανάλυση κύριων συνιστωσών απαιτεί τις τιμές των διαγωνίων στοιχείων να είναι μεγαλύτερες του 0.5. Αξίζει να επισημανθεί πως το 0.5 δεν αποτελεί ένα μαθηματικό κριτήριο, άλλα ένα κριτήριο εμπειρίας (rules of thumbs) για αυτό έγιναν και δεκτές τιμές ελαφρώς μικρότερες του 0.5. Σε όλες τις περιπτώσεις οι τιμές του πίνακα συσχέτισης anti-image κυμάνθηκαν πάνω από το 0.42. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα στην παρούσα διπλωματική ο έλεγχος αυτός να μην διαδραματίζει πρωτεύοντα ρόλο αλλά συμβουλευτικό. Ο Πίνακας 2 απεικονίζει τον πίνακα συσχέτισης anti-image για το σύνολο των δεδομένων. Ο πίνακας αυτός έχει ως διαγώνια στοιχεία τα μέτρα επάρκειας MSA των μεταβλητών, ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία του είναι οι αρνητικές τιμές του πίνακα μερικών συσχετίσεων.

**Πίνακας 2 Συσχέτιση Αντι-Εικόνα**

	long accel	lat accel	vert accel	speed	yaw	pitch	roll	Throttle	Brake Rear	Steering	Brake act Front	Brake act Rear	Wheel Speed
long accel	.480 <sup>a</sup>	-.045	-.053	-.008	-.011	-.043	.000	-.313	.003	.003	.050	.167	.054
lat accel	-.045	.516 <sup>a</sup>	.058	-.002	.068	-.023	.052	.035	-.002	-.013	-.002	-.025	-.005
vert accel	-.053	.058	.502 <sup>a</sup>	.004	-.005	.020	-.008	.017	-.001	-.013	.003	-.008	-.007
speed	-.008	-.002	.004	.606 <sup>a</sup>	-.006	.019	.004	-.028	-.003	-.006	.028	.009	-.977
yaw rate	-.011	.068	-.005	-.006	.500 <sup>a</sup>	.056	.002	-.005	-.004	-.608	.009	.003	.013
pitch rate	-.043	-.023	.020	.019	.056	.503 <sup>a</sup>	.113	-.009	.001	-.041	.011	.007	-.011
roll rate	.000	.052	-.008	.004	.002	.113	.521 <sup>a</sup>	-.005	-.001	.023	.003	.013	-.001
Throttle	-.313	.035	.017	-.028	-.005	-.009	-.005	.893 <sup>a</sup>	-.013	.017	-.020	.042	-.109
Brake Rear	.003	-.002	-.001	-.003	-.004	.001	-.001	-.013	.488 <sup>a</sup>	.004	.041	-.170	.001
Steering	.003	-.013	-.013	-.006	-.608	-.041	.023	.017	.004	.504 <sup>a</sup>	-.002	-.003	-.007
Brake act Front	.050	-.002	.003	.028	.009	.011	.003	-.020	.041	-.002	.806 <sup>a</sup>	-.133	-.006
Brake act Rear	.167	-.025	-.008	.009	.003	.007	.013	.042	-.170	-.003	-.133	.776 <sup>a</sup>	.022
Wheel Speed	.054	-.005	-.007	-.977	.013	-.011	-.001	-.109	.001	-.007	-.006	.022	.604 <sup>a</sup>

Το κύριο κριτήριο πάνω στο οποίο βασίστηκε ο διαχωρισμός των μεταβλητών σε σημαντικές ή μη, ήταν οι εταιρικότητες (communalities). Το μέγεθος αυτό προκύπτει μετά την εφαρμογή του PCA και εκφράζει πόση διασπορά ερμηνεύουν οι εναπομείνουσες μεταβλητές σε σχέση με τη διασπορά του αρχικού δείγματος. Πρέπει να τονισθεί πως το 0.5 δεν αποτελεί ένα μαθηματικό κριτήριο, αλλά ένα κριτήριο εμπειρίας (rules of thumbs) για αυτό έγιναν και δεκτές τιμές ελαφρώς μικρότερες του 0.5. Σε αντίθεση όμως με τον πίνακα συσχέτισης anti-image τα communalities ορισμένων μεταβλητών ήταν πάρα πολύ μικρά και αποτέλεσαν το βασικό κριτήριο επιλογής μεταβλητών που αφαιρέθηκαν από το αρχικό μοντέλο. Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει τα communalities (ερμηνεία διασποράς από εναπομείναντες μεταβλητές) των συνολικών δεδομένων.

Σύμφωνα με τα ανωτέρω, η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών πρέπει να επαναληφθεί αφαιρώντας κάποια μεταβλητή. Με το κριτήριο του πίνακα συσχέτισης anti-image, θα έπρεπε πρώτα να απαλειφθεί η long accel (διαμήκης επιτάχυνση) με τιμή 0.48 η οποία είναι πολύ κοντά στο 0.5 (Πίνακας 2). Σύμφωνα όμως με το κριτήριο των communalities η μεταβλητή που πρέπει να αφαιρεθεί είναι το roll rate (ρυθμός μετατόπισης κατά τον άξονα x) με τιμή 0.014 (Πίνακας 3). Συνεπώς η διαδικασία επαναλήφθηκε αφαιρώντας το roll rate. Δεν αφαιρούνται ταυτόχρονα όλες οι μεταβλητές που δεν ικανοποιούν τα προαναφερθέντα κριτήρια διότι λόγω συσχετίσεων η απουσία μιας μεταβλητής μπορεί να αυξήσει ή να μειώσει τις τιμές των communalities και του πίνακα συσχέτισης anti-image των άλλων μεταβλητών.

Πίνακας 3 Εταιρικότητες

	Αρχικές Τιμές	Εκτιμώμενες
<b>long accel [g]</b>	1,00	0,473
<b>lat accel [g]</b>	1,00	0,03
<b>vert accel [g]</b>	1,00	0,016
<b>speed [kph]</b>	1,00	0,935
<b>yaw rate [deg/s]</b>	1,00	0,799
<b>pitch rate [deg/s]</b>	1,00	0,093
<b>roll rate [deg/s]</b>	1,00	0,014
<b>Throttle [%]</b>	1,00	0,656
<b>Brake Rear [%]</b>	1,00	0,196
<b>Steering [%]</b>	1,00	0,785
<b>Brake act Front [0/100]</b>	1,00	0,145
<b>Brake act Rear [0/100]</b>	1,00	0,486
<b>Wheel Speed freq1 [kph]</b>	1,00	0,937

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών .

Αυτή είναι μια επαναληπτική διαδικασία που χρειάστηκε να γίνει σε όλες τις αναλύσεις. Ο Πίνακας 4 που ακολουθεί δείχνει ποιες μεταβλητές αφαιρέθηκαν διαδοχικά για όλες τις αναλύσεις.

Με την παραπάνω διαδικασία προέκυψε:

- Ο τελικός πίνακας συσχέτισης anti-image που απεικονίζεται στον Πίνακα 5 και διαπιστώνεται ότι όλες οι τιμές είναι πολύ κοντά ή πάνω από το 0.5 και συνεπώς καλώς υπάρχουν στο μοντέλο.
- Στον Πίνακα 6 που παρουσιάζονται τα communalities του τελικού μοντέλου. Προκύπτουν παρόμοια συμπεράσματα με αυτά του Πίνακα 5.
- Ο Πίνακας 7 είναι ο τελικός πίνακας του Bartlett Ελέγχου. Ο έλεγχος αυτός είναι στατιστικά σημαντικός καθώς η p-τιμή του είναι μηδενική, δηλαδή απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση σύμφωνα με την οποία ο έλεγχος δεν είναι σημαντικός. Το συνολικό μέτρο επάρκειας δείγματος MSA (Measure of Sampling Adequacy) είναι 0.635 μεγαλύτερο από το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο του 0.5.



**Πίνακας 4 Διαδοχικά Αφαιρετές Μεταβλητές**

A/A	Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
1	roll rate	roll rate	vert accel	vert accel	roll rate	vert accel	vert accel	pitch rate
2	vert accel	vert accel	pitch rate	roll rate	vert accel	roll rate	roll rate	roll rate
3	lat accel	lat accel	lat accel	lat accel	lat accel	lat accel	pitch rate	brake front
4	pitch rate	brake rear	roll rate	pitch rate	pitch rate	pitch rate	lat accel	vert accel
5	brake rear	pitch rate	brake front	brake rear	brake front	brake rear	brake front	lat accel
6	brake front	long accel	long accel	long accel	long accel	long accel	brake rear	long accel
7	long accel		brake rear				long accel	

**Πίνακας 5 Τελικός Πίνακας Συσχέτισης Αντι-Εικόνα**

	Speed	Yaw rate	Throttle	Steering	Wheel Speed	Brake act Rear
Speed	,601a	-0,007	-0,032	-0,006	-0,979	0,014
Yaw rate	-0,007	,499a	-0,009	-0,608	0,014	0,007
Throttle	-0,032	-0,009	,977a	0,018	-0,097	0,101
Steering [%]	-0,006	-0,608	0,018	,504a	-0,008	-0,004
Wheel Speed	-0,979	0,014	-0,097	-0,008	,600a	0,012
Brake act Rear	0,014	0,007	0,101	-0,004	0,012	,941a

**Πίνακας 6 Εταιρικότητες Τελικού Μοντέλου**

	Αρχικές Τιμές	Εκτιμώμενες
Speed [kph]	1,00	,935
Yaw rate [deg/s]	1,00	,805
Throttle [%]	1,00	,657
Steering [%]	1,00	,804
Wheel Speed freq1 [kph]	1,00	,937
Brake act Rear [0/100]	1,00	,999

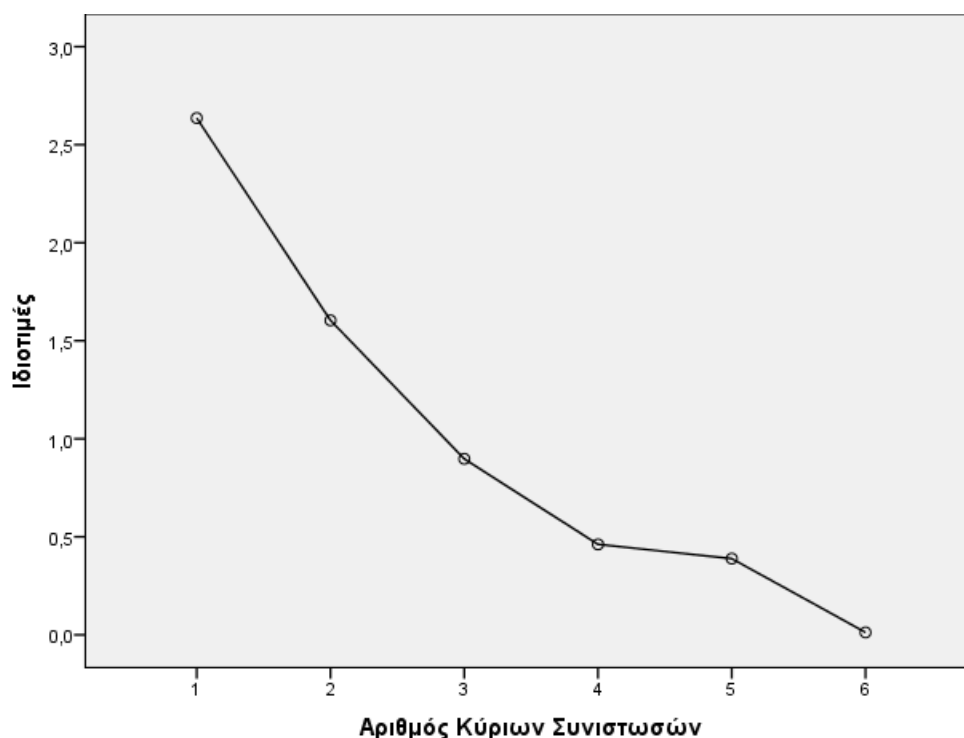
Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών

**Πίνακας 7 Έλεγχος Bartlett στο Τελικό Μοντέλο**

<b>Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.</b>		,635
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	27839434,633
	df	15
	Sig.	,000

Έχοντας εξασφαλίσει την καταλληλότητα του μοντέλου απομένει να διευκρινισθεί ο αριθμός των συνιστωσών (component) που θα το αποτελούν. Η πληροφορία αυτή μπορεί να εξαχθεί συνδυάζοντας το διάγραμμα του αγκώνα

Διάγραμμα 2 και τον πίνακα της συνολικής διασποράς που ερμηνεύουν οι μεταβλητές (Πίνακας 8).



Διάγραμμα 2 Διάγραμμα Αγκώνα

Πίνακας 8 Ερμηνεία Συνολικής Διασποράς

Component	Initial Eigenvalues			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2,64	44,0	43,9	2,53	42,1	42,1
2	1,60	26,7	70,7	1,61	26,8	69,0
3	,898	15,0	85,6	1,000	16,7	85,6
4	,462	7,70	93,3			
5	,389	6,49	99,8			
6	,012	,207	100			

Από την τεχνική του αγκώνα μπορεί κάποιος να συμπεράνει πως θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν 4 κύριες συνιστώσες, διότι εκεί φαίνεται να σπάει ο αγκώνας. Όμως από τον Πίνακα 8 προκύπτει πως η ιδιοτιμή για 4 συνιστώσες είναι πολύ μικρή 0.462. Όσο μικρότερη είναι η ιδιοτιμή μιας μεταβλητής τόσο μικρότερη είναι η συνεισφορά της στη συνολική διασπορά που ερμηνεύουν οι μεταβλητές. Από το κριτήριο Kaiser το χαμηλότερο όριο των ιδιοτιμών είναι η μονάδα όμως η τιμή αυτή δεν πρέπει να είναι το μοναδικό κριτήριο για επιλογή συνιστωσών (Bandalos and Boehm-Kaufman

2008) Από τον ίδιο πίνακα και την τελευταία στήλη εξάγεται το συμπέρασμα πως με 3 κύριες συνιστώσες δύναται να ερμηνευθεί το 85% της απόκλισης των δεδομένων, που είναι ένα εξαιρετικά υψηλό ποσοστό. Δηλαδή υπάρχει μια απώλεια πληροφορίας 15,40%. Το ποσοστό αυτό προκύπτει αφαιρώντας από το 100%, το ποσοστό της συνολικής διακύμανσης που ερμηνεύεται (total variance explained Πίνακας 8). Επιλέγοντας δυο μεταβλητές το ποσοστό πέφτει από 85 σε 69% που θεωρείται επίσης υψηλό. Για λόγους κοινής λογικής εκτιμάται πως κάποια συνιστώσα της μεταβλητής φρεναρίσματος πρέπει να σχετίζεται με το προφίλ του οδηγού Αυτό επιβεβαιώνεται και από αποτελεσμάτα που έχουν προκύψει από παλαιότερη έρευνα (Vlahogianni et.al 2011). Επί προσθέτως υπάρχει απώλεια πληροφορίας αν θεωρηθούν δυο αντί για τρεις συνιστώσες.

Συνεπώς επιλέγονται τρεις κύριες συνιστώσες οι οποίες οφείλουν να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες. Η τρίτη συνιστώσα έχει διοτιμή 0.898 που γίνεται οριακά δεκτό. Είναι άξιο αναφοράς πως σε όλες τις υποαναλύσεις που έγιναν σε αυτή τη διπλωματική επιλέχθηκαν τρία κύρια στοιχεία τα οποία ερμήνευαν ένα παρεμφερές ποσοστό απόκλισης των δεδομένων όπως φαίνεται στον Πίνακα 9.

**Πίνακας 9 Ερμηνεία Συνολικής Διασποράς για Κάθε Ανάλυση**

Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
85,6%	83,7%	85,1%	85,6%	85,1%	85,6%	85,4%	83,8%

Ο προσδιορισμός των μεταβλητών που απαρτίζουν τις κύριες συνιστώσες καθίσταται εφικτός με τη βοήθεια του πίνακα συντελεστών των κύριων συνιστωσών (component score coefficient matrix). Για την περίπτωση των συνολικών δεδομένων οι συντελεστές των κύριων συνιστωσών λαμβάνονται από τον Πίνακα 10.

**Πίνακας 10 Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών**

	Συνιστώσες		
	1	2	3
Speed [kph]	,395	-,001	,083
Yaw rate [deg/s]	-,023	,559	-,010
Throttle [%]	,318	-,014	,005
Steering [%]	,004	,557	,012
Wheel Speed freq1 [kph]	,395	-,002	,083
Brake act Rear [0/100]	,104	,002	1,03

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η πρώτη κύρια συνιστώσα θα αποτελείται από όλες τις μεταβλητές με συντελεστή τον αντίστοιχο της πρώτης στήλης. Η δεύτερη θα αποτελείται από όλες τις μεταβλητές με συντελεστή τον αντίστοιχο της δεύτερης στήλης και αντιστοίχως η τρίτη συνιστώσα. Παρατηρώντας πιο προσεκτικά κάποιοι συντελεστές είναι πολύ μικροί και επομένως οι μεταβλητές αυτές δε διαδραματίζουν ιδιαίτερο ρόλο στο σχηματισμό της εκάστοτε νέας συνιστώσας. Με αυτή την παρατήρηση αποφασίστηκε η πρώτη συνιστώσα να περιέχει τις μεταβλητές speed, throttle και wheel speed η δεύτερη τις μεταβλητές yaw rate και steering και η τρίτη την brake act rear. Συνεπώς οι καινούργιες ψευδομεταβλητές θα ονομαστούν επιτάχυνση, ελιγμός και φρενάρισμα και ορίζονται ως εξής:

$$\begin{aligned} \text{Επιτάχυνση} &= 0,395 * \text{speed} + 0,318 * \text{throttle} + 0,395 * \text{wheelspeed} \\ \text{Ελιγμός} &= 0,559 * \text{yaw rate} + 0,557 * \text{steering} \\ \text{Φρενάρισμα} &= 1,023 * \text{brake act rear} \end{aligned} \quad (3)$$

Επειδή κάθε μεταβλητή εμφανίζεται σε μία μόνο εξίσωση δεν παρατηρείται το φαινόμενο της περίπλοκης δομής (complex structure) που θα ανάγκαζε τον αναλυτή να αφαιρέσει τη μεταβλητή αυτή. Η παρατήρηση αυτή αληθεύει για όλες τις αναλύσεις που έγιναν.

Σε κάθε ανάλυση που πραγματοποιήθηκε οι δύο κύριες συνιστώσες ήταν η επιτάχυνση με μεταβλητές τις speed, throttle και wheel speed και ο ελιγμός με μεταβλητές τις yaw rate και steering. Όμως οι συντελεστές των μεταβλητών διαφέρουν σε κάθε περίπτωση. Η τρίτη κύρια συνιστώσα θα ονομάζεται φρενάρισμα αλλά οι μεταβλητές που θα την αποτελούν θα είναι άλλοτε το brake act rear, άλλοτε το brake act front και άλλοτε το brake rear. Η διαφοροποίηση αυτή σε συνδυασμό με τη διαφοροποίηση των συντελεστών των μεταβλητών που απαρτίζουν τις κύριες συνιστώσες παρέχει τη δυνατότητα εντοπισμού του περιβάλλοντος κάθε διαδρομής χωρίς την παρακολούθηση των αντίστοιχων βίντεο. Στον Πίνακα 11 που ακολουθεί συνοψίζονται οι συντελεστές των μεταβλητών που απαρτίζουν την επιτάχυνση για κάθε ανάλυση, στον Πίνακα 12 αυτοί που απαρτίζουν τη συνιστώσα ελιγμό και στον Πίνακα 13 αυτοί που απαρτίζουν τη συνιστώσα φρενάρισμα.

**Πίνακας 11 Συντελεστές Επιτάχυνσης για Κάθε Ανάλυση**

	Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
speed [kph]	,395	,450	,386	,380	,384	,380	,380	,399
Throttle [%]	,318	,222	,327	,332	,321	,332	,331	,311
Wheel Speed	,395	,451	,389	,381	,385	,381	,380	,402

**Πίνακας 12 Συντελεστές Ελιγμού για Κάθε Ανάλυση**

	Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
yaw rate [deg/s]	,559	,544	,561	,551	,562	,551	,570	,557
Steering [%]	,557	,543	,558	,551	,559	,551	,568	,552

**Πίνακας 13 Συντελεστές Φρεναρίσματος για Κάθε Ανάλυση**

	Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
Brake act rear	1,028	0,916	0,589	0,61	0,556	0,61	1,033	0,554
Brake act front			0,751	0,705		0,705		
Brake rear					0,738			0,738

Το επόμενο βήμα είναι η επικύρωση των δεδομένων (data validation). Έχοντας ένα τόσο μεγάλο δείγμα παρέχεται η δυνατότητα αυτό να διασπαστεί (sample split) και για το κάθε νέο δείγμα που δημιουργείται να εφαρμοστεί εκ νέου η ανάλυση κυρίων συνιστωσών. Αν τα αποτελέσματα είναι παραπλήσια με τα αντίστοιχα του συνολικού δείγματος τα αποτελέσματα θεωρούνται έγκυρα. Σε όλες τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν το δείγμα χωρίστηκε σε δύο ίσα μέρη και τα αποτελέσματα αποδείχτηκαν έγκυρα. Ενδεικτικά στους Πίνακες 14 και 15 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συντελεστών των κύριων συνιστωσών για το σύνολο των δεδομένων. Συγκρίνοντας τους πίνακες αυτούς με τον Πίνακα 10 διαπιστώνεται σχεδόν πλήρη ταύτιση των αποτελεσμάτων

**Πίνακας 14 Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών για το Πρώτο Μισό του Δείγματος**

	Συνιστώσες		
	1	2	3
<b>Speed [kph]</b>	,395	-,001	,083
<b>Yaw rate [deg/s]</b>	-,023	,559	-,010
<b>Throttle [%]</b>	,318	-,015	,005
<b>Steering [%]</b>	,004	,557	,012
<b>Wheel Speed freq1 [kph]</b>	,395	-,003	,083
<b>Brake act Rear [0/100]</b>	,104	,002	1,03

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών

**Πίνακας 15 Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών για το Δεύτερο Μισό του Δείγματος**

	Συνιστώσες		
	1	2	3
<b>Speed [kph]</b>	,395	-,001	,083
<b>Yaw rate [deg/s]</b>	-,022	,559	-,010
<b>Throttle [%]</b>	,318	-,015	,005
<b>Steering [%]</b>	,004	,556	,012
<b>Wheel Speed freq1 [kph]</b>	,395	-,003	,083
<b>Brake act Rear [0/100]</b>	,104	,002	1,03

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών

Στη συνέχεια ελέγχεται η περίπτωση τα αποτελέσματα να είναι ευαίσθητα στην ύπαρξη ακραίων παρατηρήσεων (outliers). Ακραία παρατήρηση χαρακτηρίζεται η παρατήρηση η οποία αποκλίνει ξεκάθαρα από τις άλλες παρατηρήσεις (Grubbs 1969). Χρησιμοποιώντας το SPSS απομακρύνθηκαν οι παρατηρήσεις οι οποίες θεωρήθηκαν ακραίες και επαναλήφθηκε ολόκληρη η διαδικασία με τις εναπομείναντες παρατηρήσεις. Στην περίπτωση που προέκυπταν παραπλήσια αποτελέσματα τότε τα δεδομένα δεν είναι ευαίσθητα στις ακραίες παρατηρήσεις. Τα αποτελέσματα της παρούσης εργασίας σε όλες τις αναλύσεις δεν αποδείχτηκαν ευαίσθητα στην ύπαρξη ακραίων τιμών. Αυτό ισχύει για όλα τα κριτήρια που έχουν αναφερθεί έως τώρα αλλά χάρη συντομίας παρατίθεται ο Πίνακας 16 που αναφέρεται στους συντελεστές των κύριων συνιστωσών. Ο προηγούμενος ισχυρισμός αποδεικνύεται συγκρίνοντας τον Πίνακα 16 με τους Πίνακες 10, 14 και 15.

**Πίνακας 16 Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Χωρίς Ακραίες Τιμές**

	Συνιστώσες		
	1	2	3
<b>Speed [kph]</b>	,386	-,001	,069
<b>Yaw rate [deg/s]</b>	-,019	,570	,006
<b>Throttle [%]</b>	,331	-,013	,048
<b>Steering [%]</b>	,000	,568	-,003
<b>Wheel Speed freq1 [kph]</b>	,386	-,004	,069
<b>Brake act Rear [0/100]</b>	,113	,002	1,03

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών

Τελευταίο στάδιο για τη μέθοδο του PCA είναι ο υπολογισμός του Chronbach Alpha. Με το κριτήριο αυτό ελέγχεται η συνέπεια των ομαδοποιημένων μεταβλητών και αν αυτές καλώς ομαδοποιήθηκαν. Για να είναι σωστή η ομαδοποίηση πρέπει η τιμή να είναι τουλάχιστον μεγαλύτερη του 0.7. Τιμές μεταξύ 0.6 και 0.7 οφείλουν να προβληματίζουν τον αναλυτή ενώ τιμές μικρότερες του 0.6 υποδεικνύουν κακή ομαδοποίηση. Στον Πίνακα 17 καταγράφονται οι τιμές του Chronbach Alpha για τη μεταβλητή επιτάχυνση, στον Πίνακα 18 για τη μεταβλητή ελιγμό και στον Πίνακα 19 για τη μεταβλητή φρενάρισμα για όλες τις αναλύσεις.

Από τον Πίνακα 17 εύκολα προκύπτει πως σε όλες τις περιπτώσεις η τιμή του Chronbach Alpha είναι μεγαλύτερη του 0,7 και συνεπώς είναι ορθή η ομαδοποίηση των speed, throttle και wheel speed. Από τον Πίνακα 18 προκύπτει πως στις περισσότερες περιπτώσεις η τιμή του Chronbach Alpha είναι μεγαλύτερη του 0,7 και συνεπώς είναι ορθή η ομαδοποίηση των yaw rate και steering για αυτές τις αναλύσεις. Για τις διαδρομές όμως εκτός Βόλου αλλά και για τις διαδρομές που έλαβαν μέρος τις απογευματινές ώρες η τιμή του ελέγχου είναι μεταξύ του 0,6 και 0,7 που μπορεί να προβληματίσει τον αναλυτή στο κατά πόσο είναι απαραίτητη η ομαδοποίηση ή όχι. Αν αποφασιζόταν να μη γίνει η ομαδοποίηση τότε θα επιλεγόταν ως μεταβλητή αυτή που θα είχε το μεγαλύτερο συντελεστή κύριας συνιστώσας και σύμφωνα με τον Πίνακα 12 αυτή θα ήταν το yaw rate.

Σε αντίθεση με τις προηγούμενες κύριες συνιστώσες για τη συνιστώσα φρενάρισμα όλες οι τιμές του Chronbach Alpha είναι πολύ μικρότερες του 0,7 επομένως δεν πρέπει σε καμία ανάλυση να γίνει ομαδοποίηση των μεταβλητών, οπότε για όλες τις περιπτώσεις αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί η μεταβλητή με το μεγαλύτερο συντελεστή. Με βάση τη παραπάνω παρατήρηση, η μεταβλητή που

απαρτίζει τη συνιστώσα φρενάρισμα, σύμφωνα με τον Πίνακα 13, για κάθε ανάλυση απεικονίζεται στον Πίνακα 20. Πρέπει να σημειωθεί πως στον Πίνακα 19 υπάρχουν αναλύσεις στις οποίες η τιμή του Chronbach Alpha είναι κενή, αυτό συμβαίνει στις αναλύσεις όπου η συνιστώσα φρενάρισμα αποτελείται από μία μόνο μεταβλητή (Πίνακα 13).

**Πίνακας 17 Chronbach Alpha για την Επιτάχυνση**

	Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
<b>Chronbach Alpha</b>	0,845	0,798	0,848	0.846	0,842	0.846	0,849	0,827

**Πίνακας 18 Chronbach Alpha για τον Ελιγμό**

	Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
<b>Chronbach Alpha</b>	0,754	0,778	0,689	0,756	0,742	0,756	0,661	0,77

**Πίνακας 19 Chronbach Alpha για το Φρενάρισμα**

	Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
<b>Chronbach Alpha</b>			-0,118	-0,153	0,342	-0,153		0,355

**Πίνακας 20 Τελικός Συντελεστής Φρεναρίσματος για Κάθε Ανάλυση**

	Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
<b>Brake act rear</b>	1,028	0,916					1,033	
<b>Brake act front</b>			1,01	1,01		1,01		
<b>Brake rear</b>					1,001			1,002

Ο Πίνακας 20 είναι ένας ιδιαίτερα σημαντικός πίνακας αφού καταδεικνύει τις διαφορές του οδηγικού στυλ σε σχέση με το περιβάλλον οδήγησης. Πιο αναλυτικά σε δρόμους εκτός Βόλου, δηλαδή σε μη κατοικημένες περιοχές με λιγότερη κίνηση και τις πρωινές ώρες ο οδηγός μπορεί να αναπτύσσει μεγαλύτερες ταχύτητες. Αυτό έχει σαν συνέπεια να πατάει το μπροστινό φρένο που χρησιμοποιείται κυρίως για πιο απότομα φρεναρίσματα καθώς είναι πιο ισχυρό και πιο αποτελεσματικό. Αυτό συμβαίνει διότι κατά το φρενάρισμα, το βάρος της μοτοσυκλέτας με τον αναβάτη μετακινείται προς τα εμπρός και το μπροστινό λάστιχο πιέζεται περισσότερο από το μετακινούμενο βάρος και αυτό προκαλεί καλύτερη πρόσφυση. Αντίθετα η χρήση του πίσω φρένου προκαλεί ομαλότερη επιβράδυνση και είναι λογικό να χρησιμοποιείται



εντός πόλης, λόγω της αυξημένης κίνησης και τις απογευματινές ώρες (σύρουπο) επειδή τότε η ορατότητα είναι ελαφρώς περιορισμένη και η ταχύτητα με την οποία κινείται ο μοτοσικλετιστής είναι μικρότερη από την αντίστοιχη πρωινή. Τις νυχτερινές όμως ώρες που πλέον η ορατότητα του μοτοσικλετιστή βασίζεται στον φωτισμό της εκάστοτε πόλης, ο οδηγός είναι σαφώς πιο επιφυλακτικός και οδηγεί τη μηχανή με τον ορθό τρόπο. Ο τρόπος αυτός προβλέπει ποσοστό χρήσης των φρένων σε στεγνό οδόστρωμα είναι 25% για το πίσω φρένο και 75% για το μπροστινό, χρησιμοποιώντας το πίσω φρένο κατά ένα κλάσμα του δευτερολέπτου αργότερα σε σχέση με το μπροστινό, για να έχουμε το ιδανικό φρενάρισμα. Σε βροχερό καιρό όμως τα ποσοστά χρήσης αλλάζουν, και γίνονται 50% - 50%. ([www.driveland.gr](http://www.driveland.gr)) , (Limpert 2008)

Στο Πίνακα 21 συνοψίζονται οι μεταβλητές και οι συντελεστές που απαρτίζουν κάθε συνιστώσα σε κάθε ανάλυση.

**Πίνακας 21 Σύνοψη Συντελεστών για Όλες τις Αναλύσεις**

		Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
Επιτάχυνση	Speed	0,395	0,45	0,386	0,38	0,384	0,38	0,38	0,399
	Throttle	0,318	0,222	0,327	0,332	0,321	0,332	0,331	0,311
	Wheel speed	0,395	0,451	0,389	0,381	0,385	0,381	0,38	0,402
Ελιγμός	Yaw rate	0,559	0,544	0,561	0,551	0,562	0,551	0,57	0,557
	Sterring	0,557	0,543	0,558	0,551	0,559	0,551	0,568	0,552
Φρενάρισμα	Brake act rear	1,028	0,916					1,033	
	Brake act front			1,01	1,01		1,01		
	Brake rear					1,001			1,002

#### 4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟ BACON

Με την ανάλυση των κύριων συνιστωσών (PCA) επιτεύχθηκε μια συμπύκνωση της πληροφορίας που παρέχουν οι μεταβλητές. Το αρχικό μοντέλο περιείχε 13 μεταβλητές και το τελικό περιέχει 3 την επιτάχυνση, τον ελιγμό και το φρενάρισμα, έχοντας μια απώλεια πληροφορίας γύρω στο 15 % από το σύνολο των δεδομένων. Το επόμενο στάδιο της εργασίας αυτής θα είναι ο εντοπισμός των ακραίων παρατηρήσεων (outliers) με τον αλγόριθμο του Bacon. Για την εφαρμογή του αλγορίθμου χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο Stata 11.2.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο εισήχθησαν τα δεδομένα στο πρόγραμμα. Λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων που έπρεπε να αναλυθούν, έπρεπε να αυξηθεί πρώτα η χωρητικότητα του συστήματος. Αυτό καθίσταται εφικτό με τις εντολές

- `set memory 1g`
- `set virtual on`

Αξίζει να αναφερθεί πως για το σύνολο των δεδομένων δε μπορούσε να εφαρμοστεί ο αλγόριθμός, οπότε το αρχικό δείγμα έσπασε στα δύο. Στη συνέχεια δηλώνεται η διαδρομή στην οποία υπάρχει το αντίστοιχο αρχείο του SPSS

```
usespss using overall.sav, clear
```

Έπειτα ορίζονται οι παράμετροι για την εφαρμογή του αλγορίθμου

```
bacon επίταχυνση ελιγμός φρενάρισμα,  
generate (outliers distance)  
percentile(15)  
version (1)
```

Μετά την εντολή `bacon` εισάγονται τα ονόματα των μεταβλητών στις οποίες θα ανιχνευθούν οι ακραίες παρατηρήσεις. Με την εντολή `generate` δημιουργούνται δυο νέες μεταβλητές η `outlier` και η `distance`. Η `outlier` είναι μια ψευδομεταβλητή που παίρνει τις τιμές 0 αν δεν είναι ακραία παρατήρηση και 1 αν είναι. Η `distance` είναι μια μεταβλητή στην οποία αποθηκεύονται οι τιμές της απόστασης Mahalanobis, της εκάστοτε παρατήρησης από το βασικό υποσύνολο των δεδομένων. Με την εντολή `percentile (15)` καθορίζεται το ποσοστιαίο σημείο της κατανομής  $X^2$  το οποίο θα χρησιμοποιηθεί σαν σημείο μετάβασης (`cut off point`) από τις μη ακραίες παρατηρήσεις σε ακραίες. Η προκαθορισμένη επιλογή του Stata είναι το 15% που χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα διπλωματική. Η τελευταία εντολή είναι το `version 1` που υποδεικνύει στο πρόγραμμα, ποια εκδοχή του αλγορίθμου θα χρησιμοποιηθεί. Με το νούμερο 1 υποδεικνύεται πως το βασικό υποσύνολο δεδομένων θα επιλεγεί με κριτήριο την απόσταση Mahalanobis ενώ με το νούμερο 2 υποδεικνύεται πως το βασικό υποσύνολο δεδομένων θα επιλεγεί με κριτήριο την

απόσταση από τις διαμέσους. Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε η απόσταση Mahalanobis που είναι και η προκαθορισμένη επιλογή από το Stata.

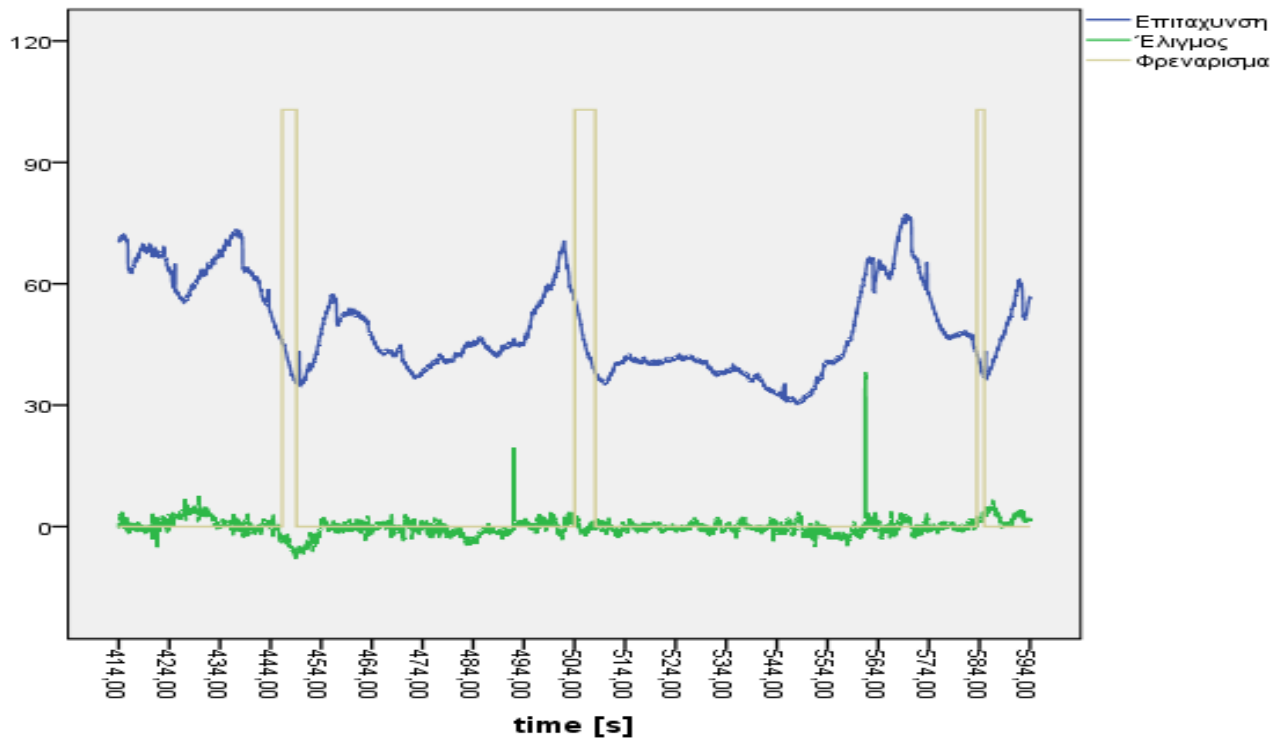
Εφαρμόζοντας τα παραπάνω προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 22.

**Πίνακας 22 Αποτελέσματα Bacon**

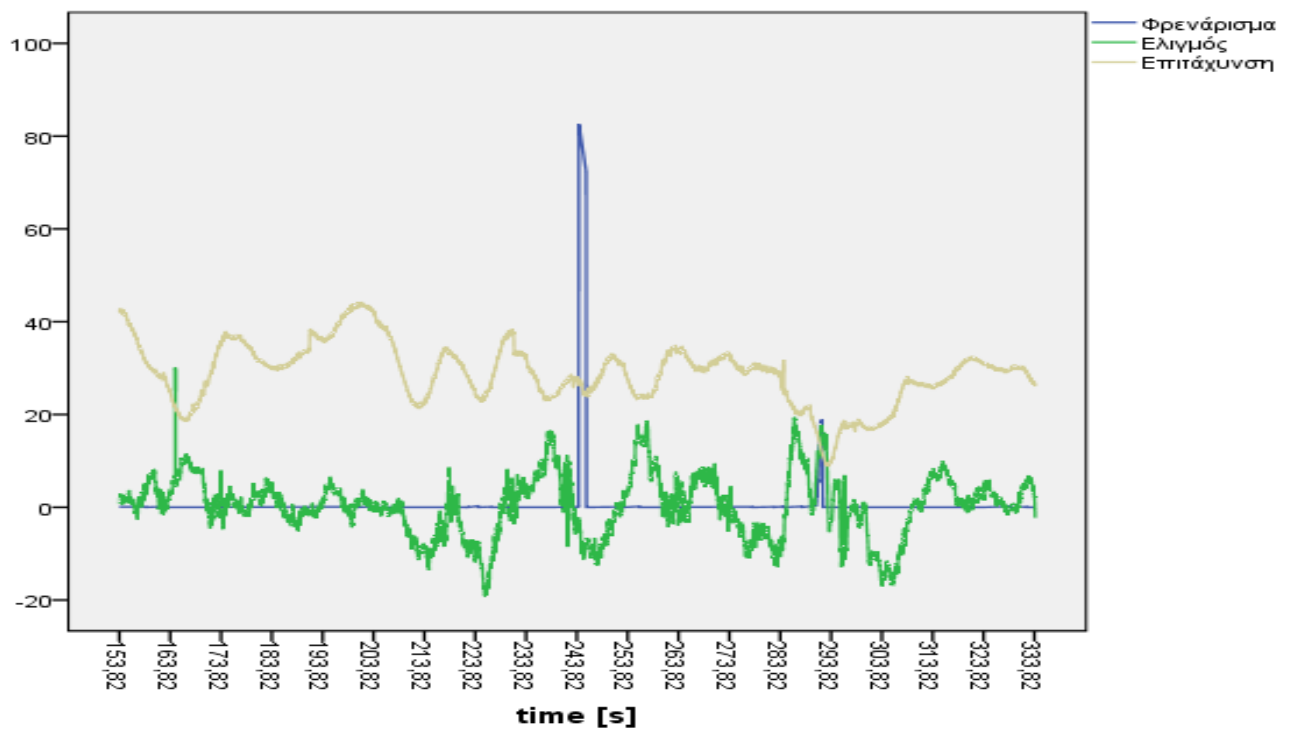
	<b>Σύνολο</b>	<b>Εντός</b>	<b>Εκτός</b>	<b>Ημέρα</b>	<b>Νύχτα</b>	<b>Ημέρα</b>	<b>Σούρουπο</b>	<b>Σκοτάδι</b>
<b>Παρατηρήσεις</b>	5.831.576	1.671.442	4.160.134	2.391.495	3.440.081	2.391.495	158.9697	1.850.384
<b>Outliers</b>	244.422	11.432	40.232	28.154	449.766	28.154	138.734	160.191
<b>Non Outliers</b>	5.587.154	1.660.010	4.119.902	2.363.341	2.990.315	2.363.341	1.450.963	1.690.193
<b>Outliers / Παρατηρήσεις</b>	4,19%	0,68%	0,97%	1,18%	13,1%	1,18%	8,73%	8,66%

Από τον παραπάνω πίνακα μπορεί να διαπιστωθεί πως οι περισσότερες ακραίες παρατηρήσεις δεν εμφανίζονται τις πρωινές ώρες αλλά τις νυχτερινές που τόσο η κούραση του μοτοσικλετιστή όσο και των πεζών, που μπορεί να διασχίσουν απρόσεχτα τον δρόμο, προκαλεί κάποιες αλλαγές στο οδηγικό στυλ του αναβάτη. Επιπροσθέτως η έλλειψη του φυσικού φωτός σε συνδυασμό με το μειωμένο κυκλοφοριακό φόρτο εκείνων των ωρών διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην αύξηση των ακραίων τιμών. Όσον αφορά διαφοροποιήσεις των ακραίων τιμών εντός και εκτός Βόλου παρατηρείται ότι τα outliers σε υπεραστικό δίκτυο είναι ελαφρώς πιο αυξημένα, κυμαίνονται γύρω στο 1%, από ότι εντός πόλης που κυμαίνονται στο 0,7%.

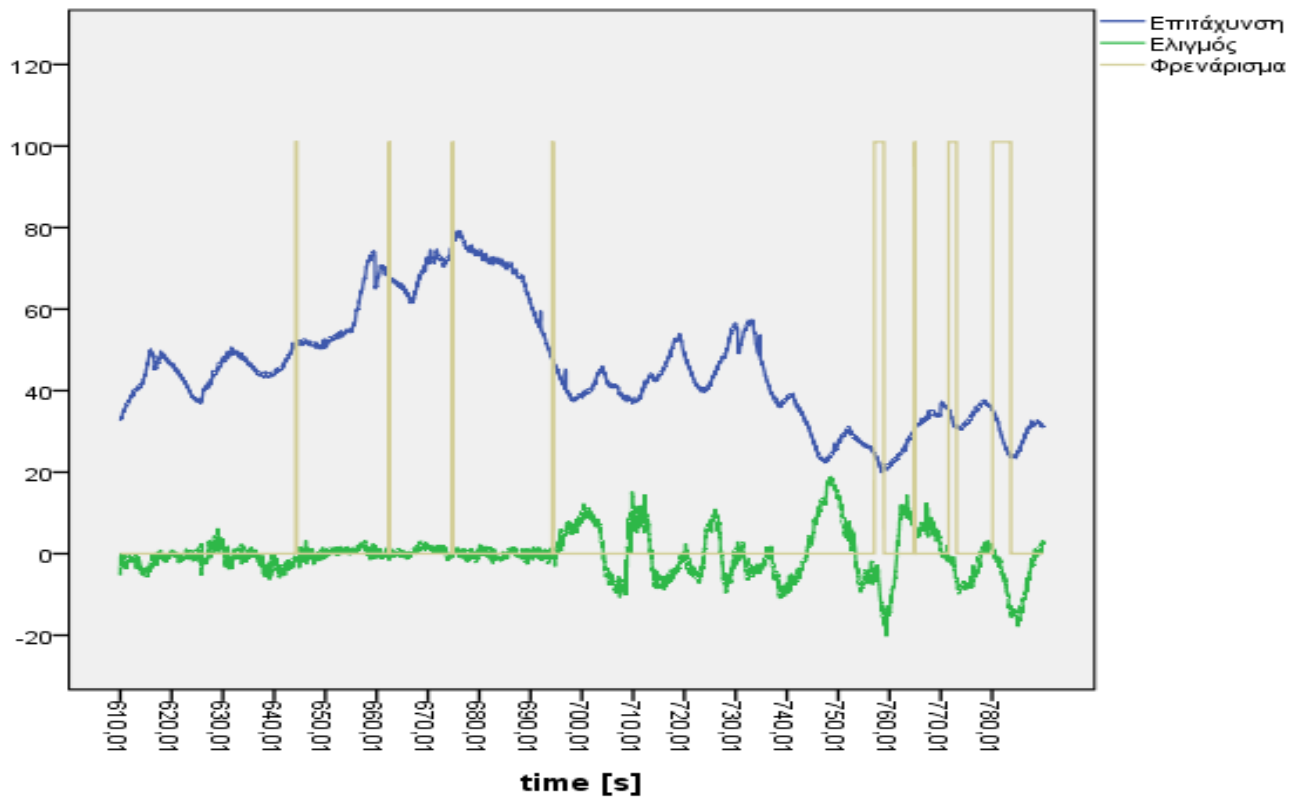
Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις των κυρίων συνιστωσών σε συνάρτηση με τον χρόνο. Για εκπαιδευτικούς σκοπούς επιλέχθηκαν διαδρομές διάρκειας τριών λεπτών στις οποίες εμφανίσθηκε ένα συμβάν. Μπορεί εύκολα κάποιος να παρατηρήσει τη ξαφνική αύξηση ή ελάττωση των τιμών κάποιας συνιστώσας τη χρονική στιγμή του συμβάντος.



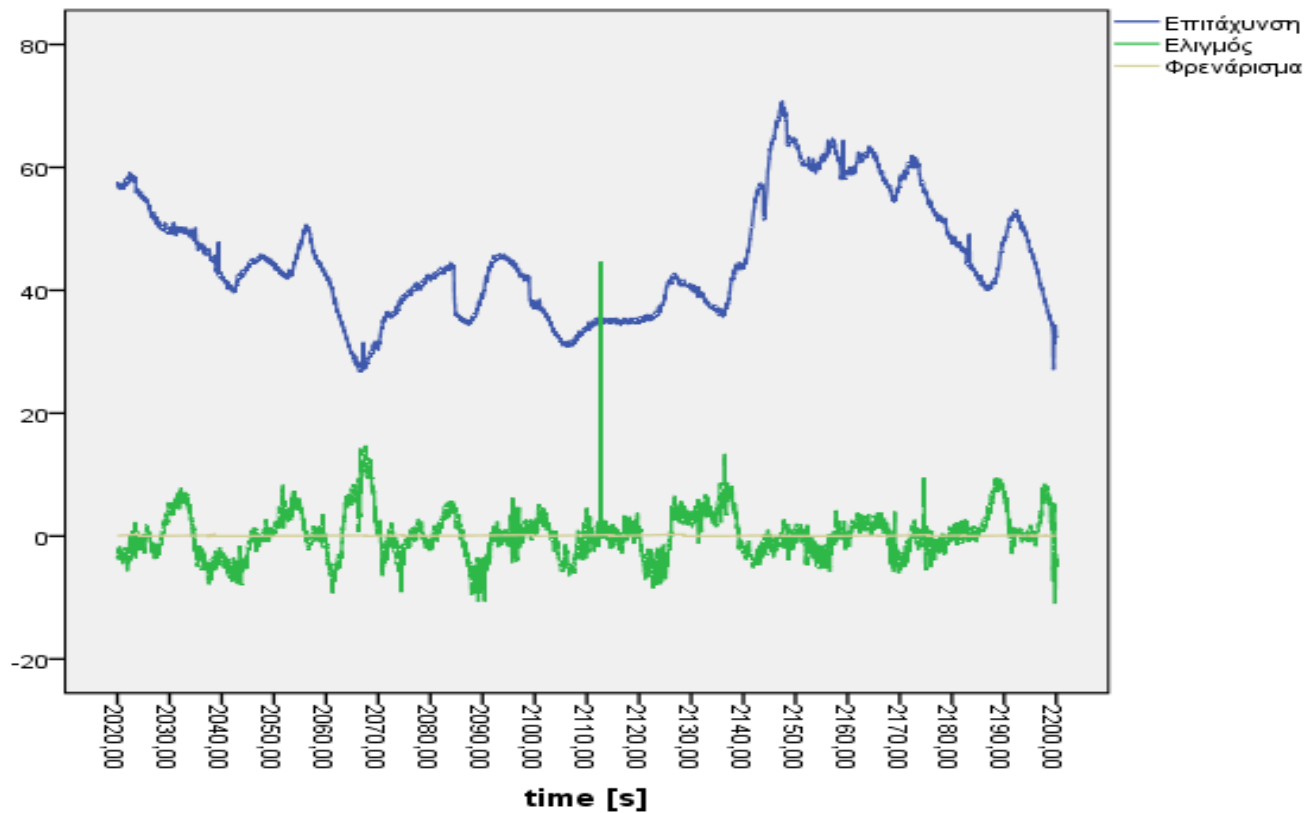
Διάγραμμα 3 Τυπική Διαδρομή 3 λεπτών (Σούρουπο)



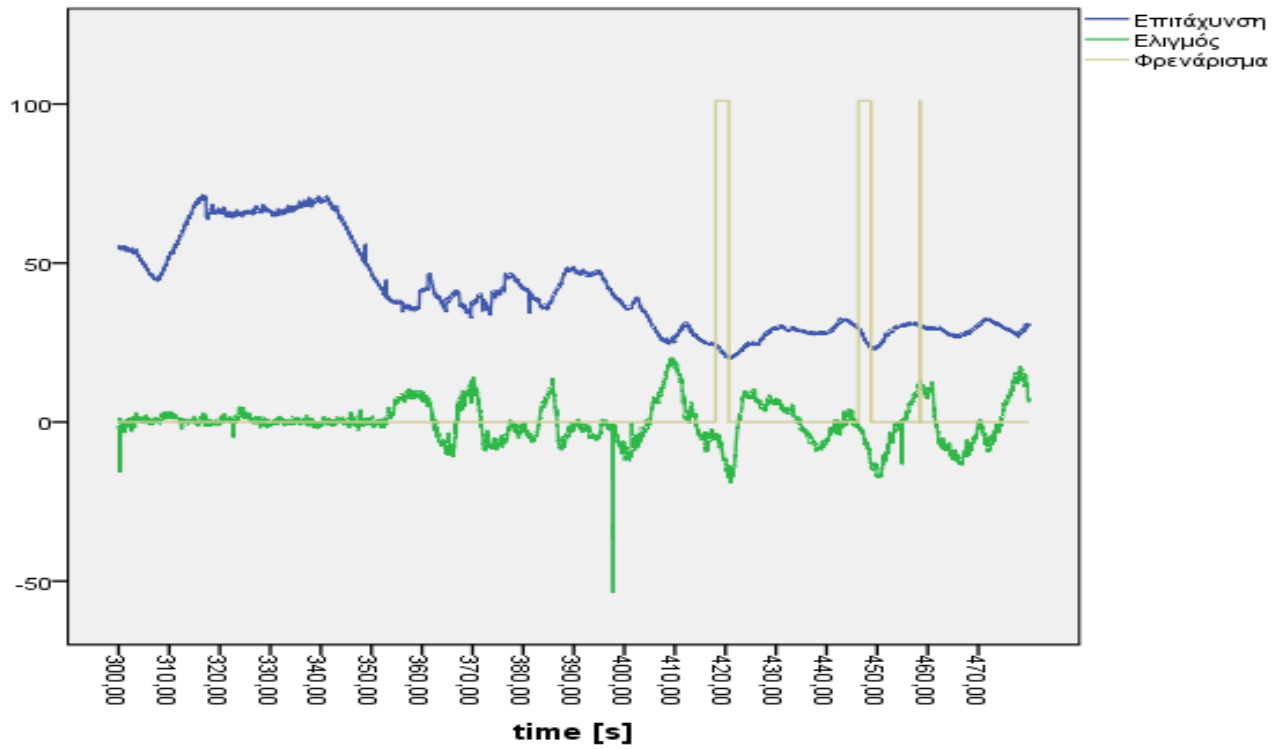
Διάγραμμα 4 Τυπική Διαδρομή 3 λεπτών (Νύχτα)



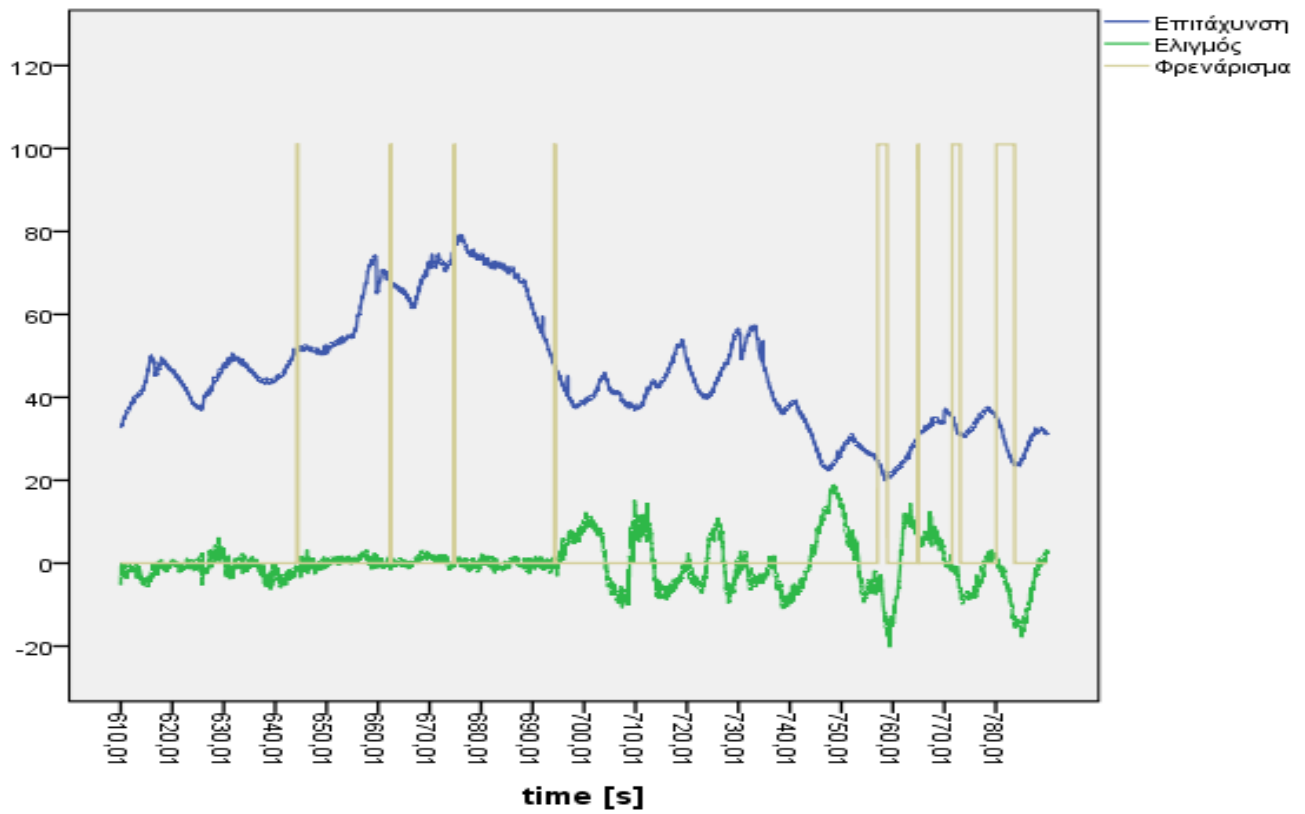
Διάγραμμα 5 Τυπική Διαδρομή 3 λεπτών (Ημέρα)



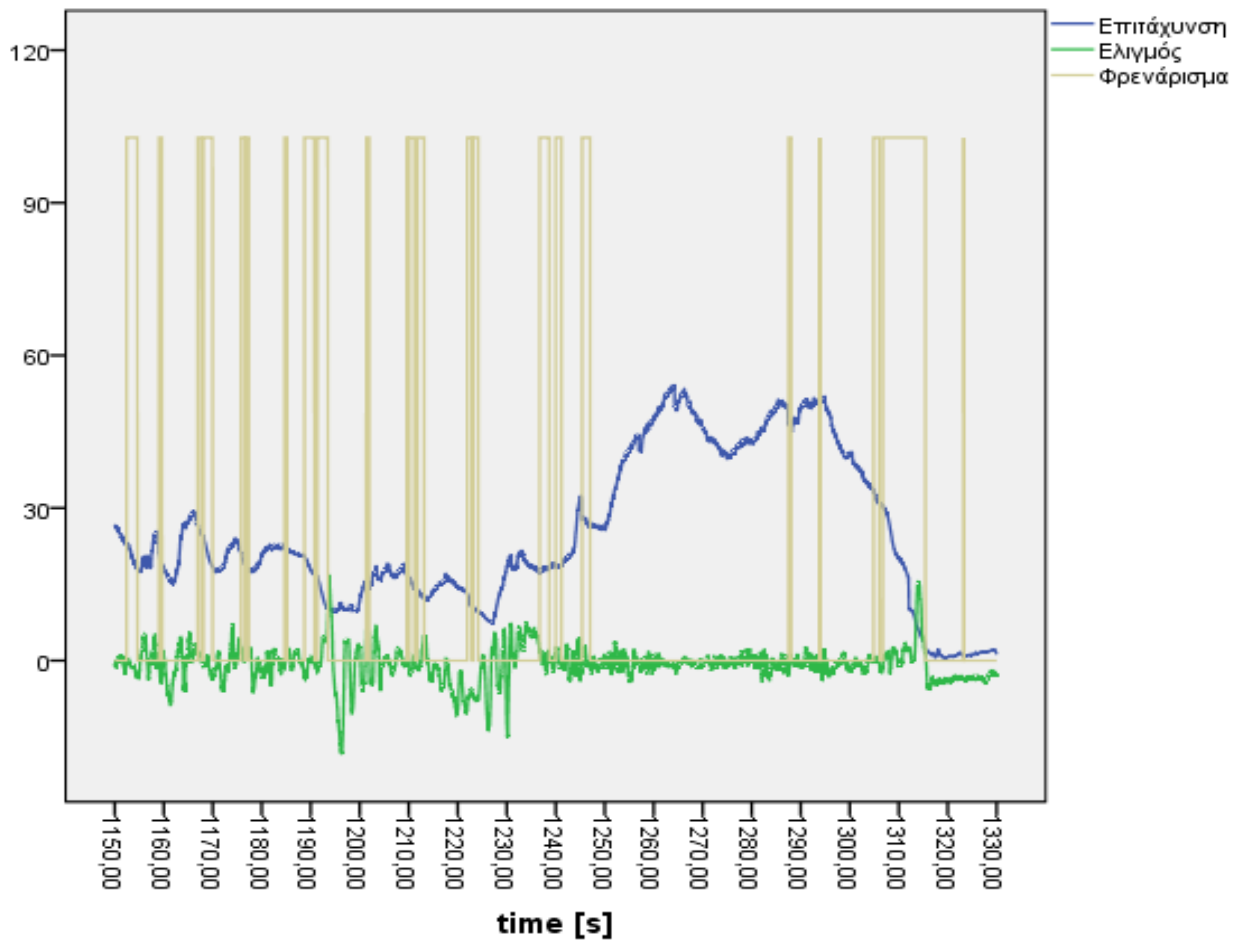
Διάγραμμα 6 Τυπική Διαδρομή 3 λεπτών (Σκοτάδι)



Διάγραμμα 7 Τυπική Υπεραστική Διαδρομή 3 λεπτών



Διάγραμμα 8 Τυπική Διαδρομή Εντός Βόλου 3 λεπτών



**Διάγραμμα 9 Τυπική Συνολική Διαδρομή 3 λεπτών**

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον στοιχείο αποτελεί και ο υπολογισμός του πλήθους των συμβάντων που συμβαίνουν σε κάθε ανάλυση καθώς και η μέση χρονική τους διάρκεια. Το στατιστικό πακέτο Stata μας παρέχει όλα τα outliers και με την κατάλληλη επεξεργασία στο excel είναι εύκολο να προσδιοριστεί η αρχή και το τέλος των ακραίων παρατηρήσεων. Τα κυριότερα περιγραφικά στατιστικά συνοψίζονται στον Πίνακα 23.

Στον Πίνακα 24 συνοψίζονται το πλήθος των ακραίων παρατηρήσεων, τα συμβάντα που αντιστοιχούν σε αυτές καθώς και η μέση διάρκεια των συμβάντων.

Από τους δύο παραπάνω πίνακες εξάγεται το συμπέρασμα πώς τις νυχτερινές ώρες εμφανίζονται τα περισσότερα συμβάντα γεγονός αναμενόμενο, καθώς τότε εμφανίζεται και το μέγιστο πλήθος των ακραίων τιμών (με πολύ μεγάλη διαφορά σε

σχέση με τις υπόλοιπες αναλύσεις). Εντός της περιοχής του Βόλου, η αναλογία συμβάντων προς ακραίες τιμές είναι η υψηλότερη από όλες τις άλλες αναλογίες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η μέση διάρκεια των συμβάντων στο αστικό δίκτυο να είναι πολύ μικρότερη, 0.62 sec από τις αντίστοιχες των υπολοίπων αναλύσεων. Άρα εντός Βόλου λαμβάνουν μέρος πιο πολλές αλλαγές στο οδηγικό στυλ του αναβάτη, είναι όμως μικρής διάρκειας. Αντίστοιχα τις πολύ βραδινές ώρες(σκοτάδι) ο λόγος συμβάν προς ακραίες τιμές κυμαίνεται στο 0.45% με αυξημένη μέση διάρκεια της τάξης των 2,5 sec.

**Πίνακας 23 Περιγραφικά Στατιστικά Συμβάντων**

	Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
<b>N</b>	1.822	181	393	271	1.839	271	747	710
<b>Ελάχιστη</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Μέγιστη</b>	39,4	4,80	19,1	17,17	46,9	17,2	39,4	46,5
<b>Μέση Τιμή</b>	1,35	0,62	0,88	0,84	2,45	0,84	1,88	2,50
<b>Τυπική απόκλιση</b>	2,68	0,79	1,59	1,56	4,59	1,56	3,27	4,71

**Πίνακας 24 Συνοπτικός Πίνακας Παρατηρήσεων Outliers / Συμβάντων**

	Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
<b>Παρατηρήσεις</b>	5.831.576	1.671.442	4.160.134	2.391.495	3.440.081	2.391.495	1.589.697	1.850.384
<b>Outliers</b>	244.422	11.432	40.232	28.154	449.766	28.154	138734	160.191
<b>Συμβάντα</b>	1.822	181	393	271	1839	271	747	710
<b>Συμβάντα / Outliers</b>	0,75%	1,58%	0,98%	0,96%	0,41%	0,96%	0,54%	0,44%
<b>Συμβάντα / Παρατηρήσεις</b>	0,03%	0,01%	0,01%	0,01%	0,05%	0,01%	0,05%	0,04%
<b>Μέση Διάρκεια Συμβάντων</b>	1,35	0,62	0,88	0,84	2,50	0,84	1,88	2,50

Πρέπει να αναφερθεί πως με τον έλεγχο Kolmogorov-Smirnov τα δεδομένα που αφορούν στη διάρκεια των συμβάντων δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή όπως φαίνεται στον Πίνακα 25, δεδομένου ότι η p-τιμή του ελέγχου είναι μηδενική. Αυτό σημαίνει ότι απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση που θεωρεί πως η κατανομή των δεδομένων δε διαφέρει από την κανονική κατανομή.

Εφαρμόζοντας όμως λογαριθμικό μετασχηματισμό προκύπτει ο Πίνακας 26 που υποδεικνύει ότι σε δυο υποαναλύσεις (σκοτάδι και εντός Βόλου) η διάρκεια των συμβάντων ακολουθούν την κανονική κατανομή. Αυτό συμβαίνει διότι η p-τιμή του ελέγχου σε αυτές τις αναλύσεις υπερβαίνει το 0.5 και συνεπώς δεν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση. Οριακά κάτι τέτοιο ισχύει και για την ανάλυση εκτός Βόλου. Για



το τι είδους κατανομή ακολουθούν τα υπόλοιπα συμβάντα πρέπει να γίνει μια πιο εξειδικευμένη ανάλυση. Πάντως ο έλεγχος Kolmogorov-Smirnov απορρίπτει την υπόθεση ότι η διάρκεια και ο λογαριθμικός μετασχηματισμός της ακολουθούν ομοιόμορφη ή εκθετική κατανομή.

**Πίνακας 25 Έλεγχος Kolmogorov Smirnov**

		Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
<b>Παρατηρήσεις</b>		1822	181	393	271	747	271	1839	710
<b>Normal Parameters</b> a,b	<b>Mean</b>	1,35	0,62	0,87	0,83	1,88	0,83	2,45	2,50
	<b>Std. Deviation</b>	2,68	0,78	1,58	1,55	3,26	1,55	4,59	4,71
<b>Most Extreme Differences</b>	<b>Absolute</b>	0,30	0,21	0,29	0,29	0,28	0,29	0,29	0,29
	<b>Positive</b>	0,19	0,17	0,20	0,21	0,16	0,21	0,26	0,27
	<b>Negative</b>	-0,30	-0,21	-0,29	-0,29	-0,28	-0,29	-0,29	-0,29
<b>Kolmogorov-Smirnov Z</b>		13,15	2,93	5,79	4,90	7,74	4,90	12,76	7,94
<b>Asymp. Sig. (2-tailed)</b>		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

a. Έλεγχος κανονικής κατανομής b Υπολογισμός από τα δεδομένα

**Πίνακας 26 Έλεγχος Kolmogorov Smirnov (Λογαριθμικός Μετασχηματισμός)**

		Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
<b>Παρατηρήσεις</b>		1822	181	393	271	747	271	1839	710
<b>Normal Parameters</b> a,b	-0,475	-0,566	-0,526	-0,482	-0,334	-0,482	-0,208	-0,219	2,50
	0,851	0,65	0,703	0,673	0,906	0,673	0,834	0,835	4,71
<b>Most Extreme Differences</b>	0,087	0,09	0,073	0,114	0,129	0,114	0,062	0,048	0,29
	0,068	0,053	0,073	0,052	0,085	0,052	0,052	0,042	0,27
	-0,087	-0,09	-0,068	-0,114	-0,129	-0,114	-0,062	-0,048	-0,29
<b>Kolmogorov-Smirnov Z</b>		3,72	1,214	1,445	1,876	3,525	1,876	2,659	1,279
<b>Asymp. Sig. (2-tailed)</b>		0	0,105	0,031	0,002	0	0,002	0	0,076

a. Έλεγχος κανονικής κατανομής b Υπολογισμός από τα δεδομένα

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

---

### *Συμπεράσματα*

#### **5.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Η παρούσα εργασία είχε ως σκοπό να εντοπιστούν οι μεταβλητές σε διάφορες συνθήκες, οι οποίες υποδεικνύουν την αλλαγή συμπεριφοράς του αναβάτη από συνηθισμένη σε ακραία, χωρίς να απαιτείται η παρακολούθηση των βίντεο. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να προσδιορισθεί το προφίλ των οδηγών και μακροπρόθεσμα να σχεδιαστούν μέτρα τα οποία θα προστατεύουν τους οδηγούς τους από πιθανά ατυχήματα και θα μειώνουν τις επιπτώσεις τους στους αναβάτες. Τα δεδομένα για την ανάλυση προήλθαν από πείραμα φυσικής οδήγησης που παρατηρεί και μελετά τη συμπεριφορά του οδηγού στο δρόμο με τη λιγότερη δυνατή επέμβαση στον οδηγό. Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν οι τεχνικές της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών (PCA) και ο αλγόριθμος του Bacon. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν, οι περιορισμοί στους οποίους υπόκειται η συγκεκριμένη ανάλυση, καθώς και καταγραφή προτάσεων για περαιτέρω έρευνα αναλύονται στις ενότητες που ακολουθούν.

#### **5.2 ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Με τη μέθοδο της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών διαπιστώθηκε πώς οι αρχικά 13 μεταβλητές μπορούν να συμπυκνωθούν σε 3 κατηγορίες που θα περιέχουν συνολικά 6 μεταβλητές όπως φαίνεται και στον Πίνακα 27. Πρέπει να επισημανθεί ότι τα αποτελέσματα αυτά συμπίπτουν σε μεγάλο βαθμό με αποτελέσματα αντίστοιχης έρευνας που αφορούσε όμως στο σύνολο των δεδομένων (Vlahogianni et.al 2011). Φυσικά με την ανάλυση των κύριων συνιστωσών δεν εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι υπόλοιπες οδηγικές παράμετροι, οι οποίες δε θεωρήθηκαν στατιστικά σημαντικές, πρέπει να αγνοούνται και να μη λαμβάνονται καθόλου μετρήσεις για αυτές. Πιθανώς αυτές να μπορούν να προσφέρουν επιπρόσθετες πληροφορίες για τον εντοπισμό επικίνδυνων καταστάσεων.

Πίνακας 27 Σύνοψη Συντελεστών για Όλες τις Αναλύσεις

		Σύνολο	Εντός	Εκτός	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Σούρουπο	Σκοτάδι
Επιταχυνση	Speed	0,395	0,45	0,386	0,38	0,384	0,38	0,38	0,399
	Throttle	0,318	0,222	0,327	0,332	0,321	0,332	0,331	0,311
	Wheel speed	0,395	0,451	0,389	0,381	0,385	0,381	0,38	0,402
Ελιγμός	Yaw rate	0,559	0,544	0,561	0,551	0,562	0,551	0,57	0,557
	Steering	0,557	0,543	0,558	0,551	0,559	0,551	0,568	0,552
Φρενάρισμα	Brake act rear	1,028	0,916					1,033	
	Brake act front			1,01	1,01		,1,01		
	Brake rear					1,001			1,002

Το ποια μεταβλητή θα απαρτίζει τη κύρια συνιστώσα που ονομάστηκε φρενάρισμα είναι εξαιρετικής σημασίας διότι καθορίζει και το περιβάλλον που κινείται ο αναβάτης. Δηλαδή αν προκύψει ως σημαντική συνιστώσα η ενεργοποίηση πίσω φρένου (brake act rear) τότε το πιθανότερο είναι ότι ο αναβάτης κινείται σε δρόμο που δεν μπορεί να αναπτύξει μεγάλες ταχύτητες, όπως στο κέντρο μιας πόλης ή σε δρόμο με πυκνή ροή οχημάτων. Επίσης προκύπτει το συμπέρασμα ότι η διαδρομή του μοτοσικλετιστής έγινε σε απογευματινές ώρες.

Αν προκύψει όμως ως σημαντική συνιστώσα η ενεργοποίηση του μπροστά φρένου (brake act front) τότε το πιθανότερο είναι ότι ο αναβάτης κινείται με μεγάλη ταχύτητα οπότε η διαδρομή του είναι σε υπεραστικό δίκτυο και πιθανώς σε πρωινές ώρες λόγω της καλής ορατότητας.

Τις νυχτερινές ώρες που η οδήγηση είναι πιο επικίνδυνη λόγω κακής ορατότητας, αλλά και λόγω υψηλών ταχυτήτων (απουσία κυκλοφοριακής κίνησης), ο οδηγός είναι σαφώς πιο επιφυλακτικός και οδηγεί τη μηχανή με τον ορθό τρόπο. Δηλαδή χρησιμοποιεί το πίσω φρένο κατά ένα κλάσμα του δευτερολέπτου αργότερα σε σχέση με το μπροστά και για το λόγο αυτό ως σημαντική μεταβλητή του φρεναρίσματος προκύπτει η πίεση στο φρενάρισμα (brake rear.)

Ένας επιπλέον τρόπος να εντοπιστεί αν η οδήγηση πραγματοποιήθηκε σε υπεραστικό δίκτυο ή σε κέντρο της πόλης είναι οι συντελεστές των μεταβλητών ταχύτητα της μηχανής (speed) και ταχύτητα του πίσω τροχού (wheel speed). Σε υπεραστικό δίκτυο οι τιμές των συντελεστών αυτών κυμαίνονται στο 0.385 ενώ στο

κέντρο της πόλης οι αντίστοιχες τιμές κυμαίνονται στο 0.45 που είναι και οι υψηλότερες τιμές για οποιοδήποτε περιβάλλον οδήγησης εξετάστηκε. Η μεγαλύτερη τιμή αυτών των συντελεστών εμφανίζονται σε διαδρομές που εξελίχθηκαν τις απογευματινές ώρες. Πάντως σύμφωνα με τον έλεγχο Chronbach Alpha για διαδρομές εκτός Βόλου και διαδρομές απογευματινών ωρών ίσως δεν χρειάζεται η ομαδοποίηση των μεταβλητών που δημιουργήσαν τη συνιστώσα ελιγμός. Σε μια τέτοια περίπτωση θα διαλέγαμε μια εκ των ρυθμός μετατόπισης κατά τον άξονα z (yaw rate) και στρίψιμο του τιμονιού (steering). Με βάση την τιμή των συντελεστών θα επιλέγαμε το ρυθμό μετατόπισης κατά τον άξονα z που και στις δύο περιπτώσεις, ο συντελεστής του είναι ελαφρώς μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο του στρίψιμο του τιμονιού, αλλά με βάση τον πίνακα συσχέτισης anti-image θα επιλέγαμε το στρίψιμο του τιμονιού διότι η τιμή του είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από τον αντίστοιχο του ρυθμού μετατόπισης κατά τον άξονα z του οποίου η τιμή είναι 0.499 μικρότερο του 0.5

Ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον εύρημα προέκυψε από την εφαρμογή του αλγορίθμου του Bacon που εφαρμόζεται για τον εντοπισμό των ακραίων τιμών (outliers). Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε πως οι περισσότερες ακραίες παρατηρήσεις δεν εμφανίζονται τις πρωινές ώρες αλλά τις νυχτερινές με ποσοστό που υπερβαίνει το 13% έναντι 1,18% που είναι το ποσοστό που εμφανίζεται τις πρωινές ώρες. Πιθανώς η τεράστια αυτή διαφορά να οφείλεται σε παράγοντες όπως η κούραση του μοτοσικλετιστή η κούραση των πεζών, η έλλειψη του φυσικού φωτός και ο μειωμένος κυκλοφοριακός φόρτος. Όσον αφορά διαφοροποιήσεις των ακραίων τιμών εντός και εκτός Βόλου παρατηρείται ότι τα outliers σε υπεραστικό δίκτυο είναι πιο αυξημένα, κυμαίνονται γύρω στο 1%, από ότι εντός πόλης που κυμαίνονται στο 0,7%.

Τέλος όσον αφορά στη διάρκεια των συμβάντων παρατηρήθηκε ότι εντός Βόλου λαμβάνουν μέρος πιο πολλές αλλαγές στο οδηγικό στυλ του αναβάτη αλλά μικρής διάρκειας. Ακριβώς το αντίστροφο ισχύει για τις πολύ βραδινές ώρες (υποανάλυση σκοτάδι). Άξιο αναφοράς είναι πως εφαρμόζοντας το λογαριθμικό μετασχηματισμό οι δυο υποαναλύσεις σκοτάδι και εντός Βόλου ακολουθούν κανονική κατανομή.

### 5.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Για να εντοπιστεί το σημείο αλλαγής της συμπεριφοράς των οδηγών δίτροχων της χρησιμοποιήθηκαν οι στατιστικές τεχνικές της ανάλυσης κυρίων παραγόντων (principal component analysis) και ο αλγόριθμος του Bacon. Όμως όλες οι στατιστικές τεχνικές υπόκεινται σε περιορισμούς και το ίδιο ισχύει και για τις δύο προαναφερθέντες τεχνικές.

Πιο συγκεκριμένα η ανάλυση κυρίων συνιστωσών προϋποθέτει:

- Γραμμική συσχέτιση των μεταβλητών. Το πρόβλημα αυτό συνίσταται στην κατάλληλη περιστροφή των δεδομένων κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ανιχνεύεται η διασπορά της πρώτης κύριας συνιστώσας. Αξίζει να σημειωθεί πως έχουν αναπτυχθεί τεχνικές όπως η Kernell PCA, Κύριες καμπύλες (Principal curves), Τεχνικές νευρωνικών δικτύων (Neural network techniques) γενικευμένη ανάλυση κυρίων συνιστωσών (Generalized PCA) για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος.
- Οι κύριες συνιστώσες που προκύπτουν είναι ορθογωνικές . Αυτή η παραδοχή είναι μια απλοποιητική παραδοχή έτσι ώστε η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών να μπορεί να προκύψει από τη γραμμική άλγεβρα.
- Μεγάλη διασπορά υποδεικνύει συσχέτιση μεταξύ μεταβλητών, ενώ μικρή διασπορά μπορεί να είναι αποτέλεσμα θορύβου.
- Η μέση τιμή και η διασπορά είναι επαρκείς εκτιμήτριες.

Όσον αφορά στη μέθοδο Bacon ο κύριος περιορισμός έγκειται στο γεγονός ότι οι μη ακραίες παρατηρήσεις πρέπει να έχουν συμμετρική ελλειπτική μορφή. Αν δεν έχουν τη μορφή αυτή η εφαρμογή του αλγορίθμου μας παρέχει αποτελέσματα που είναι δύσκολο να ερμηνευθούν (Billor et al 2000).

Ένας ακόμα σημαντικός περιορισμός είναι ότι τα δεδομένα έχουν προκύψει από διαδρομές ενός οδηγού

### 5.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΈΡΕΥΝΑ

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στη διπλωματική αυτή, μολονότι εντόπισε μεταβλητές που υποδεικνύουν τη μετάβαση του οδηγού από το φυσιολογικό του στυλ οδήγησης σε μη φυσιολογικό, είναι μια μεθοδολογία που

βασίστηκε στα δεδομένα που προέκυψαν από μόνο έναν οδηγό. Επομένως απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να γενικευθούν τα αποτελέσματα και σε διαφορετικούς οδηγούς αλλά πιθανώς θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και ο σκοπός για τον οποίο πραγματοποιήθηκε η εκάστοτε διαδρομή.

Ενδεχομένως με περαιτέρω έρευνα να αποκαλυφθεί και κάποια σχέση των υπόλοιπων μεταβλητών που δεν ελήφθησαν υπόψη με την ύπαρξη ατυχήματος.

Λόγω το γεγονόςτος ότι οι ιδιοτιμές της τρίτης κύριας συνιστώσας κυμάνθηκαν πολύ κοντά στη μονάδα υπήρχε κάποιος ενδιασμός για το αν θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν τρεις ή δύο κύριες συνιστώσες. Το ποσοστό της διασποράς που ερμηνεύεται σε αυτή την περίπτωση πέφτει στο 65%, αλλά εξακολουθεί να είναι ένα ιδιαίτερα υψηλό ποσοστό. Ίσως υπάρχει χώρος έρευνας και μελέτης για την αφαίρεση και της συνιστώσας του φρεναρίσματος.

Τέλος αξίζει να ερευνηθεί το είδος της κατανομής που ακολουθούν τα συμβάντα τόσο στο σύνολο των δεδομένων όσο και στις υποαναλύσεις που αφορούν του υπεραστικό δίκτυο και την οδήγηση κατά τις πρωινές και τις απογευματινές ώρες.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

---

Bandalos, D.L. & Boehm-Kaufman, M.R. (2008). "Four common misconceptions in exploratory factor analysis". In Lance, Charles E.; Vandenberg, Robert J.. *Statistical and Methodological Myths and Urban Legends: Doctrine, Verity and Fable in the Organizational and Social Sciences*. Taylor & Francis. pp. 61–87. ISBN 978-0-8058-6237-9.

Balandzini, N., Hurth, V., Regan, M., Spyropoulou, I., Eliou, N., Lemonakis, P. and Galanis, P. (2009). Literature review of data analysis for naturalistic driving study, deliverable 4, December, 2BESAFE project, European commission, Belgium.

Barnett, V. & Lewis, T. (1994). *Outliers in Statistical Data* 3<sup>rd</sup> edn. John Wiley & Sons

Bartlett, M. S. (1953), Factor analysis in psychology as a statistician sees it, in *Uppsala Symposium on Psychological Factor Analysis*, Nordisk Psykologi's Monograph series No 3, 23-34

Billor, N. Hadi, A.S. Velleman, P. (1999) Bacon: blocked adaptive computationally efficient outlier nominators

CARE, (2008). CARE—European Road Accident Database., <https://webgate.ec.europa.eu/care> bo/

Chen, C.F., 2009. Personality, safety attitudes and risky driving behaviors—evidence from young Taiwanese motorcyclists. *Accident Analysis and Prevention* 41, 963–968.

Chen, S. Wang, W. van Zuylen (2009). A comparison of outlier detection algorithms for ITS data, *Expert Systems with Applications* 37(2), 1169-1178

Csepinszky, A. and Benmimoum, M. (2010). An operational perspective on the organization of the large scale field operational tests of intelligent vehicles, Andras Csepinszky, ERTICO-ITS Europe, ITS World congress Busan, 25-29 October

DaCoTA (2012) Powered Two Wheelers, Deliverable 4.8n of the EC FP7 project DaCoTA

Doherty, S. Andrey, J. MacGregor, C. (1998) The situational risks of young drivers: The influence of passengers, time of day and day of week on accident rates

Dupont E., Martensen H., Stipdonk, H., Bijleveld F., Commandeur. J., Papadimitriou, E., Yannis, G., Antoniou, C., Bergel, R., Brandstaetter, C., (2009)

Engstrom, J. Johanson, E., Ostlund, J., (2005) Effects of visual and cognitive load in real and simulated motorway driving. *Transportation research Part F: Traffic psychology and behavior*, 8(2), 97-120

ERSO (European Road Safety Observatory), 2006. Powered Two Wheelers. European Commission, [www.erso.eu](http://www.erso.eu).

FESTA (2008) Field operational test support action. D2.4 Data analysis and modeling. FESTA project, European commission Belgium

Grubbs, F. E. (1969) Procedures for detecting outlying observations in samples. *Technometrics* 11, 1–21

Hadi, A.S .Simonoff, J.S (1993) Procedures for the identification of multiple outliers in linear models. *Journal of the American Statistical Association* 88, 1264-1272

Hadi, A.S. (1992a) Identifying multiple outliers in multivariate data. *Journal of the Royal Statistical Society Series (B)* 54 , (3) ,761-771

Hadi, A.S. (1994). A modification of a method for the detection of outliers in multivariate samples. *Journal of the Royal Statistical Society Series (B)* 56 , 393-396

Haque, M.D.M., Chin, H.C. and Huang, H. (2010). Applying Bayesian hierarchical models to examine motorcycle crashes at signalized intersections, *Accident analysis and Prevention* 42(1), 203-212

Hotteling, H. (1957), The relation of the newer multivariate statistical methods to factor Analysis, *Brit.J. Educ. Psychol.* **24**, 417-441,498-520

Huang, H. and Abdle-Aty (2010) Multilevel data and Bayesian analysis in traffic safety. *Accident and Analysis Prevention*,42 (6) 1556-1565.

Jamson, S., Chorlton, K., (2009). The changing nature of motorcycling: patterns of use and rider characteristics. *Transportation Research Part F* 12, 335–346.

Johnson R.A. and Wichern D.W., *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 2002, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, Inc.



- Jolliffe I.T., Principal Component Analysis, 2002, Springer-Verlang New York, Inc
- Klauer, S.G., Guo.F., Sudweeks, J. and Dingus, T.A (2010) An analysis of driver inattention using a case crossover approach: 100-car data: Final report May DTNH22-00-C-07007, NHTSA, Washington DC
- Kontantopoulos, P. Chapman, P. Crundall, D. (2010) Driver's visual attention as a function of driving experience and visibility. Using a driving simulator to explore drivers' eye movements in day, night and rain driving
- Limbert, R (2008) Motorcycle braking dynamics
- Lin, M.-R., Kraus, J.F., (2009). A review of risk factors and patterns of motorcycle injuries. *Accident Analysis and Prevention* 41 (4), 710–722.
- Musselwhite, C. Avineri, E. Susilo, Y. Bhattachary, D (2011). Public attitudes towards motorcyclists' safety:
- Musso, A. and M. V. Corazza (2010) Motorized-two-wheelers: Contrasting aspects, recurring problems and solutions for more comprehensive urban transportation policies. Proceedings of the 12<sup>th</sup> World Congress on Transportation Research (WCTR), July 11-15, Lisbon, Portugal.
- NHTSA (2006) The 100-car Naturalistic driving study Phase II- Result of the 100-car field experiment, [www.nhtsa.gov.usa](http://www.nhtsa.gov.usa)
- Preusser, D.F., Williams, A.F., Ulmer, R.G., (1995). Analysis of fatal motorcycle crashes: crash typing. *Accident Analysis and Prevention* 27 (6), 845–851.
- Rummel R.J. (1970) Applied Factor analysis
- Savolainen, P. Mannering, F. (2007) Probabilistic models of motorcyclists' injury severities in single- and multi-vehicle crashes *Accident Analysis and Prevention*, 39 955-963
- SHRP2 (2011) A foundation for safer driving, April, Transportation research board Washington DC US.

Solere, R. de (2010) Analysis of the mobility of powered-two-wheelers in France. Proceedings of the 12<sup>th</sup> World Congress on Transportation Research (WCTR), July 11-15, Lisbon, Portugal.

Srami, M., Tollazi, T., Rencelj, M. (2012) Traffic safety analysis of powered two-wheelers (PTWs) in Slovenia

Thomas, P., Moris, A., Young, K., Lejeune, P., Weseman, P., Vallet, G., Yannis, G., Vanlaar, W. (2005) Designing the European road safety observatory, International journal of injury control and safety promotion Vol, 12, No 4, pp 251-253.

Tsakiri, K. (2010) Effect of noise in principal component analysis with an application to ozone pollution.

Vlahogianni, E., Yiannis, G., Golias, J. (2011). Automatic powered Two-wheeler incident detection using high resolution naturalistic data

Vlahogianni, E., Yiannis, G., Golias, J. (2012). Overview of critical risk factors in Power-Two-Wheeler safety

Wong, J.T., Chung, Y.S., Huang, S.H., (2010). Determinants behind young motorcyclists' risky riding behavior. Accident Analysis and Prevention 42, 275–281.

Καλαμπόκης Γ (2009), «Ανάπτυξη συστήματος καταγραφής στοιχείων τροχαίων ατυχημάτων»

Nordfjærn, T., Jørgensen, S., Rundmo, T. (2010) An investigation of driver attitudes and behavior in rural and urban areas in Norway

Yannis, G., Dupont, E., Martensen, H., Papantoniou, E. (2010). Estimation of fatality and injury risk by means of in-depth fatal accident investigation data. Traffic injury prevention, 11 (5), 492-502.

Yannis, G., Antoniou, C., Evgenikos, P., Papantoniou, P. (2012). Characteristics and Causes of Power Two Wheeler Accidents in Europe

Yannis, G., Golias, J., Papadimitriou, E. (2005). Driver age and vehicle engine size effects on fault and severity in young motorcyclists accidents. Accidents analysis and Prevention, 33, 327-333



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

## ΕΝΤΟΣ

### Έλεγχος Bartlett

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,571
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	2854876,919
	df	15
	Sig.	,000

### Συσχέτιση Αντι-Εικόνα

	speed	yaw rate	Throttle	Steering	Brake act Rear	Wheel Speed freq1
speed	0,555b	0,007	0,067	0,078	0,012	0,004
yaw rate	-,019	,499b	,001	-,694	,002	,032
Throttle	-,014	,001	,889b	,011	,201	-,133
Steering	-,002	-,694	,011	,501b	-,004	-,017
Brake act Rear	,025	,002	,201	-,004	,697b	-,014
Wheel Speed freq1	-,945	,032	-,133	-,017	-,014	,557b

### Εταιρικότητες

	Αρχικές Τιμές	Εκτιμώμενες
speed	1,000	,933
yaw rate	1,000	,847
Throttle	1,000	,539
Steering	1,000	,847
Brake act Rear	1,000	,917
Wheel Speed freq1	1,000	,941

### Ερμηνεία Συνολικής Διασποράς

Component	Initial Eigenvalues			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2,34	39,0	39,0	2,246	37,4	37,4
2	1,69	28,2	67,2	1,693	28,2	65,6
3	,990	16,5	83,7	1,084	18,0	83,7
4	,627	10,4	94,1			
5	,306	5,09	99,2			
6	,044	,727	100			

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,450	,003	,130
yaw rate [deg/s]	-,017	,544	-,012
Throttle [%]	,222	-,012	-,311
Steering [%]	,008	,543	,004
Brake act Rear [0/100]	,110	-,007	,916
Wheel Speed freq1 [kph]	,451	-,002	,128

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Για το Πρώτο Μισό του Δείγματος

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,450	,003	,130
yaw rate [deg/s]	-,017	,544	-,012
Throttle [%]	,222	-,012	-,311
Steering [%]	,008	,543	,004
Brake act Rear [0/100]	,110	-,007	,916
Wheel Speed freq1 [kph]	,451	-,002	,128

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Για το Δεύτερο Μισό του Δείγματος

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,450	,003	,130
yaw rate [deg/s]	-,018	,544	-,013
Throttle [%]	,222	-,012	-,312
Steering [%]	,009	,543	,004
Brake act Rear [0/100]	,110	-,008	,915
Wheel Speed freq1 [kph]	,451	-,002	,128

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Χωρίς Ακραίες Τιμές

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,466	-,001	,120
yaw rate [deg/s]	-,021	,561	-,006
Throttle [%]	,182	-,008	-,375
Steering [%]	,007	,560	,001
Brake act Rear [0/100]	,145	-,005	,877
Wheel Speed freq1 [kph]	,467	-,007	,116

## ΕΚΤΟΣ

### Έλεγχος Bartlett

<b>Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.</b>		,622
<b>Bartlett's Test of Sphericity</b>	Approx. Chi-Square	19821254,837
	df	15
	Sig.	0,00

### Συσχέτιση Αντι-Εικόνα

	Brake act Front	Throttle	yaw rate	speed	Wheel Speed freq	Steering
Brake act Front	,981 <sup>a</sup>	,011	,019	,018	,007	-,023
Throttle	,011	,988 <sup>a</sup>	-,012	-,030	-,089	,021
yaw rate	,019	-,012	,499 <sup>a</sup>	-,002	,010	-,600
Speed	,018	-,030	-,002	,592 <sup>a</sup>	-,981	-,009
Wheel Speed freq	,007	-,089	,010	-,981	,591 <sup>a</sup>	-,007
Steering	-,023	,021	-,600	-,009	-,007	,508 <sup>a</sup>

### Εταιρικότητες

	Αρχικές Τιμές	Εκτιμώμενες
<b>Brake act Front [0/100]</b>	1,000	,999
<b>Throttle [%]</b>	1,000	,642
<b>yaw rate [deg/s]</b>	1,000	,802
<b>speed [kph]</b>	1,000	,930
<b>Wheel Speed freq1 [kph]</b>	1,000	,932
<b>Steering [%]</b>	1,000	,800

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

### Ερμηνεία Συνολικής Διασποράς

Component	Initial Eigenvalues			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
<b>1</b>	2,56	42,6	42,6	2,50	41,6	41,6
<b>2</b>	1,58	26,4	69,1	1,60	26,6	68,3
<b>3</b>	,956	15,9	85,0	1,00	16,7	85,0
<b>4</b>	,488	8,13	93,2			
<b>5</b>	,396	6,59	99,8			
<b>6</b>	,011	,189	100			

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών

**Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών**

	Συνιστώσες		
	1	2	3
<b>Brake act Front [0/100]</b>	,071	,000	1,01
<b>Throttle [%]</b>	,329	-,021	,071
<b>yaw rate [deg/s]</b>	-,031	,561	-,020
<b>speed [kph]</b>	,386	-,004	,021
<b>Wheel Speed freq1 [kph]</b>	,387	-,004	,022
<b>Steering [%]</b>	,002	,558	,019

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών

**Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Για το Πρώτο Μισό του Δείγματος**

	Συνιστώσες		
	1	2	3
<b>speed [kph]</b>	,392	-,004	,051
<b>yaw rate [deg/s]</b>	-,033	,561	-,017
<b>Throttle [%]</b>	,331	-,022	,058
<b>Steering [%]</b>	,004	,558	,019
<b>Brake act Front [0/100]</b>	,035	-,001	,589
<b>Wheel Speed freq1 [kph]</b>	,392	-,005	,051

**Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Για το Δεύτερο Μισό του Δείγματος**

	Συνιστώσες		
	1	2	3
<b>speed [kph]</b>	,392	-,004	,052
<b>yaw rate [deg/s]</b>	-,032	,561	-,016
<b>Throttle [%]</b>	,330	-,021	,058
<b>Steering [%]</b>	,004	,558	,018
<b>Brake act Front [0/100]</b>	,035	-,002	,589
<b>Wheel Speed freq1 [kph]</b>	,393	-,004	,052

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

**. Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Χωρίς Ακραίες Τιμές**

	Συνιστώσες		
	1	2	3
<b>speed [kph]</b>	,374	-,005	-,026
<b>yaw rate [deg/s]</b>	-,029	,555	,005
<b>Throttle [%]</b>	,305	-,018	,038
<b>Steering [%]</b>	,001	,552	,000
<b>Brake act Front [0/100]</b>	-,088	-,011	-,610
<b>Wheel Speed freq1 [kph]</b>	,375	-,005	-,023

# ΗΜΕΡΑ

## Έλεγχος Bartlett

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,627
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	12387727,305
	df	15
	Sig.	0,00

## Συσχέτιση Αντι-Εικόνα

	speed	yaw rate	Throttle	Wheel Speed freq	Steering	Brake act Front
speed	,598 <sup>a</sup>	-,001	-,069	-,984	-,020	,020
yaw rate	-,001	,500 <sup>a</sup>	-,002	,004	-,647	-,015
Throttle	-,069	-,002	,992 <sup>a</sup>	-,048	,015	,004
Wheel Speed freq	-,984	,004	-,048	,598 <sup>a</sup>	,012	,002
Steering	-,020	-,647	,015	,012	,502 <sup>a</sup>	,014
Brake act Front	,020	-,015	,004	,002	,014	,988 <sup>a</sup>

## Εταιρικότητες

	Αρχικές Τιμές	Εκτιμώμενες
speed [kph]	1,000	,937
yaw rate [deg/s]	1,000	,824
Throttle [%]	1,000	,680
Wheel Speed freq1 [kph]	1,000	,936
Steering [%]	1,000	,824
Brake act Front [0/100]	1,000	,999

## Ερμηνεία Συνολικής Διασποράς

Component	Initial Eigenvalues			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2,59	43,3	43,3	2,54	42,4	42,4
2	1,64	27,3	70,7	1,64	27,4	69,9
3	,956	15,9	86,6	1,00	16,7	86,6
4	,440	7,33	93,9			
5	,352	5,86	99,8			
6	,009	,148	100			



### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,380	,000	,020
yaw rate [deg/s]	-,013	,551	,011
Throttle [%]	,332	-,015	,074
Wheel Speed freq1 [kph]	,381	-,001	,021
Steering [%]	-,003	,551	-,010
Brake act Front [0/100]	,071	,001	1,01

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Για το Πρώτο Μισό του Δείγματος

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,387	,000	,053
yaw rate [deg/s]	-,014	,552	,005
Throttle [%]	,330	-,015	,045
Steering [%]	-,002	,551	-,005
Brake act Front [0/100]	,046	,002	,610
Wheel Speed freq1 [kph]	,388	-,002	,055

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Για το Δεύτερο Μισό του Δείγματος

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,387	,001	,052
yaw rate [deg/s]	-,013	,551	,005
Throttle [%]	,331	-,015	,047
Steering [%]	-,002	,551	-,005
Brake act Front [0/100]	,047	,001	,610
Wheel Speed freq1 [kph]	,388	-,001	,055

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Χωρίς Ακραίες Τιμές

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,365	-,004	-,029
yaw rate [deg/s]	-,040	,562	,015
Throttle [%]	,310	-,037	,051
Steering [%]	-,011	,555	-,014
Brake act Front [0/100]	-,097	,017	-,618
Wheel Speed freq1 [kph]	,365	-,005	-,030

# NYXTA

## Έλεγχος Bartlett

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,617
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	15286374,906
	df	15
	Sig.	0,00

## Συσχέτιση Αντι-Εικόνα

	speed	yaw rate	Throttle	Brake Rear	Wheel Speed freq	Steering
speed	,590 <sup>a</sup>	-,011	-,009	-,010	-,974	-,003
yaw rate	-,011	,498 <sup>a</sup>	-,016	-,013	,021	-,593
Throttle	-,009	-,016	,977 <sup>a</sup>	,012	-,134	,021
Brake Rear	-,010	-,013	,012	,869 <sup>a</sup>	,015	,010
Wheel Speed freq	-,974	,021	-,134	,015	,588 <sup>a</sup>	-,015
Steering	-,003	-,593	,021	,010	-,015	,507 <sup>a</sup>

## Εταιρικότητες

	Αρχικές Τιμές	Εκτιμώμενες
speed [kph]	1,000	,929
yaw rate [deg/s]	1,000	,798
Throttle [%]	1,000	,649
Brake Rear [%]	1,000	1,00
Wheel Speed freq1 [kph]	1,000	,934
Steering [%]	1,000	,796

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

## Ερμηνεία Συνολικής Διασποράς

Component	Initial Eigenvalues			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2,52	42,0	42,0	2,51	41,8	41,8
2	1,58	26,4	68,4	1,59	26,5	68,4
3	,997	16,6	85,0	1,00	16,6	85,0
4	,477	7,95	93,0			
5	,402	6,70	99,7			
6	,015	,256	100			

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,384	-,003	,012
yaw rate [deg/s]	-,027	,562	,007
Throttle [%]	,321	-,016	,007
Brake Rear [%]	,018	-,001	1,00
Wheel Speed freq1 [kph]	,385	-,005	,010
Steering [%]	,003	,559	-,010

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Για το Πρώτο Μισό του Δείγματος

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,380	-,003	,046
yaw rate [deg/s]	-,027	,562	-,002
Throttle [%]	,315	-,016	,015
Brake Rear [%]	,126	-,002	,738
Wheel Speed freq1 [kph]	,003	,559	,002
Steering [%]	-,036	,003	,556

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Για το Δεύτερο Μισό του Δείγματος

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,380	-,003	,046
yaw rate [deg/s]	-,026	,562	-,003
Throttle [%]	,315	-,015	,016
Brake Rear [%]	,127	-,003	,738
Wheel Speed freq1 [kph]	,003	,559	,001
Steering [%]	-,035	,002	,556

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Χωρίς Ακραίες Τιμές

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,382	-,006	,049
yaw rate [deg/s]	-,031	,564	,001
Throttle [%]	,315	-,015	,013
Brake Rear [%]	,128	,001	,743
Wheel Speed freq1 [kph]	,003	,560	,002
Steering [%]	-,031	,003	,555

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

## ΣΚΟΤΑΔΙ

### Έλεγχος Bartlett

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,588
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	7202197,060
	df	15
	Sig.	0,00

### Συσχέτιση Αντι-Εικόνα

	speed	yaw rate	Steering	Wheel Speed freq	Throttle	Brake Rear
speed	,571 <sup>a</sup>	-,001	-,003	-,964	,071	-,013
yaw rate	-,001	,497 <sup>a</sup>	-,629	,019	-,015	-,004
Steering	-,003	-,629	,509 <sup>a</sup>	-,026	,018	,011
Wheel Speed freq	-,964	,019	-,026	,566 <sup>a</sup>	-,216	,022
Throttle	,071	-,015	,018	-,216	,919 <sup>a</sup>	,026
Brake Rear	-,013	-,004	,011	,022	,026	,885 <sup>a</sup>

### Εταιρικότητες

	Αρχικές Τιμές	Εκτιμώμενες
speed	1,000	,912
yaw rate	1,000	,817
Steering	1,000	,815
Wheel Speed freq	1,000	,929
Throttle	1,000	,558
Brake Rear	1,000	1,00

### Ερμηνεία Συνολικής Διασποράς

Component	Initial Eigenvalues			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2,42	40,4	40,4	2,40	40,0	40,0
2	1,61	26,8	67,2	1,62	27,1	67,1
3	,992	16,5	83,8	1,00	16,6	83,8
4	,578	9,63	93,4			
5	,367	6,12	99,5			
6	,025	,413	100			

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed	,399	-,006	,026
yaw rate	-,035	,557	,006
Steering	,007	,552	-,001
Wheel Speed freq	,402	-,006	,022
Throttle	,311	-,018	-,005
Brake Rear	,025	,004	1,00

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Για το Πρώτο Μισό του Δείγματος

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,397	-,006	,026
yaw rate [deg/s]	-,035	,557	,006
Throttle [%]	,007	,551	-,001
Brake Rear [%]	,402	-,006	,022
Wheel Speed freq1 [kph]	,311	-,016	-,005
Steering [%]	,025	,004	1,00

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Για το Δεύτερο Μισό του Δείγματος

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,398	-,006	,026
yaw rate [deg/s]	-,036	,557	,006
Throttle [%]	,007	,555	-,002
Brake Rear [%]	,402	-,004	,022
Wheel Speed freq1 [kph]	,311	-,018	-,005
Steering [%]	,025	,004	1,00

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

### Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Χωρίς Ακραίες Τιμές

	Συνιστώσες		
	1	2	3
speed [kph]	,388	-,006	,046
yaw rate [deg/s]	-,036	,543	,006
Throttle [%]	,017	,555	-,004
Brake Rear [%]	,405	-,004	,029
Wheel Speed freq1 [kph]	,313	-,012	-,005
Steering [%]	,029	,007	1,01

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

## ΣΟΥΡΟΥΠΟ

### Έλεγχος Bartlett

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,652
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	7983344,212
	df	15
	Sig.	0,00

### Συσχέτιση Αντι-Εικόνα

	speed	yaw rate	Throttle	Steering	Brake act Rear	Wheel Speed freq
speed	,609 <sup>a</sup>	-,027	-,109	-,005	,010	-,982
yaw rate	-,027	,498 <sup>a</sup>	-,012	-,544	-,008	,033
Throttle	-,109	-,012	,982 <sup>a</sup>	,021	,075	-,017
Steering	-,005	-,544	,021	,505 <sup>a</sup>	,009	-,007
Brake act Rear	,010	-,008	,075	,009	,969 <sup>a</sup>	,018
Wheel Speed freq	-,982	,033	-,017	-,007	,018	,610 <sup>a</sup>

### Εταιρικότητες

	Αρχικές Τιμές	Εκτιμώμενες
speed	1,000	,941
yaw rate	1,000	,773
Throttle	1,000	,698
Steering	1,000	,772
Brake act Rear	1,000	1,00
Wheel Speed freq	1,000	,938

### Ερμηνεία Συνολικής Διασποράς

Component	Initial Eigenvalues			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2,69	44,9	44,9	2,57	42,9	42,9
2	1,54	25,6	70,5	1,54	25,7	68,6
3	,886	14,7	85,3	1,00	16,7	85,3
4	,459	7,65	93,0			
5	,409	6,82	99,8			
6	,010	,159	100			

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών

**Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών**

	Συνιστώσες		
	1	2	3
<b>speed</b>	,386	-,001	,069
<b>yaw rate</b>	-,019	,570	,005
<b>Throttle</b>	,331	-,013	,047
<b>Steering</b>	,001	,568	-,004
<b>Brake act Rear</b>	,113	,002	1,03
<b>Wheel Speed freq</b>	,386	-,004	,069

**Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Για το Πρώτο Μισό του Δείγματος**

	Συνιστώσες		
	1	2	3
<b>speed</b>	,387	-,001	,070
<b>yaw rate</b>	-,019	,570	,005
<b>Throttle</b>	,330	-,013	,046
<b>Steering</b>	,001	,568	-,004
<b>Brake act Rear</b>	,113	,001	1,03
<b>Wheel Speed freq</b>	,386	-,004	,069

**Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Για το Δεύτερο Μισό του Δείγματος**

	Συνιστώσες		
	1	2	3
<b>speed</b>	,386	-,001	,069
<b>yaw rate</b>	-,019	,570	,006
<b>Throttle</b>	,331	-,013	,048
<b>Steering</b>	,000	,568	-,003
<b>Brake act Rear</b>	,113	,002	1,03
<b>Wheel Speed freq</b>	,386	-,004	,069

Εκτίμηση: Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

**Συντελεστές Κύριων Συνιστωσών Χωρίς Ακραίες Τιμές**

	Συνιστώσες		
	1	2	3
<b>speed</b>	,396	-,001	,079
<b>yaw rate</b>	-,019	,578	,007
<b>Throttle</b>	,341	-,013	,068
<b>Steering</b>	,000	,572	-,009
<b>Brake act Rear</b>	,133	,002	1,01
<b>Wheel Speed freq</b>	,396	-,007	,079