



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

---

## **ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΟΥ ΟΔΗΓΟΥ**



**ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΑΓΑΘΑΓΓΕΛΟΥ**

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

---

Αθήνα, Ιούλιος 2016



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας την Διπλωματική μου Εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γ. Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, για την υποστήριξη του καθώς και για την εκπληκτική συνεργασία που είχαμε σε όλα τα στάδια της. Επιπλέον, οφείλω να τον ευχαριστήσω για την σωστή καθοδήγηση αλλά και για τις γενικότερες γνώσεις που μου μετέδωσε.

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

Οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Δημήτρη Τσελέντη, Υποψήφιο Διδάκτορα ΕΜΠ, για τις παρατηρήσεις και τις συμβουλές του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Χωρίς τη βοήθειά του δε θα τα είχα καταφέρει ως εδώ. Εξίσου ευχαριστώ και τον κ. Δημοσθένη Παύλου, Υποψήφιο Διδάκτορα ΕΜΠ, για τη βοήθεια και τις υποδείξεις του σε σημαντικά ζητήματα της εργασίας.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τα αδέρφια μου, για την αγάπη και την ηθική, αλλά και υλική, υποστήριξή τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Τέλος, ευχαριστώ όλους τους φίλους μου για τις πολύ όμορφες αλλά και δύσκολες στιγμές που περάσαμε μαζί όλα αυτά τα χρόνια.

Αθήνα, Ιούλιος 2016  
Βασιλική Αγαθαγγέλου



**ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΟΥ ΟΔΗΓΟΥ**

Βασιλική Αγαθαγγέλου  
Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η συσχέτιση χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού. Για τον σκοπό αυτό συλλέχθηκαν δεδομένα μέσω πειραματικής διαδικασίας σε κανονικές συνθήκες οδήγησης με συμμετέχοντες 12 οδηγούς, οι οποίοι αξιολογήθηκαν για την οδηγική τους συμπεριφορά και στη συνέχεια αυτοαξιολογήθηκαν απαντώντας σε ένα ειδικά σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο. Η ανάλυση της συμπεριφοράς των οδηγών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της στατιστικής μεθόδου της ανάλυσης παραγόντων και της ανάπτυξης μαθηματικού μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης. Η ανάλυση παραγόντων κατέδειξε τρεις ομάδες που χαρακτηρίζουν την αντίληψη των οδηγών σχετικά με την επιπόλαιη, την επιθετική και την προσεκτική οδηγική συμπεριφορά. Στη συνέχεια μέσω της γραμμικής παλινδρόμησης προσδιορίστηκε η επιρροή της οδηγικής εμπειρίας, των χρονοαποστάσεων από το προπορευόμενο όχημα, της αυτοαναφερόμενης επιδεξιότητας και της αμυντικής οδήγησης στη μεταβολή του δείκτη συνολικής επίδοσης. Από την εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου προέκυψε ότι η οδηγική εμπειρία οδηγεί σε στατιστικά σημαντική αύξηση της δείκτη συνολικής επίδοσης.

Λέξεις-κλειδιά: πείραμα στην οδό, αυτοαξιολόγηση, οδηγική συμπεριφορά, ανάλυση παραγόντων, γραμμική παλινδρόμηση.



**CORRELATION OF DRIVER CHARACTERISTICS  
AND ITS SAFETY PERFORMANCE**

Vasiliki Agathangelou  
Supervisor: George Yannis, Professor NTUA

This Diploma Thesis aims to correlate driver's characteristics with its safety performance. In order to achieve this objective, two sets of assessments were used where 12 drivers participated on an expert assessment using on-road driving together with a self-evaluation questionnaire. The analysis of the drivers' behaviour was carried out using the statistical methods of factor analysis and linear regression analysis. Three groups that characterise drivers' perception of careless, aggressive and cautious driving behavior were derived from factor analysis. Moreover, linear regression analysis revealed that driving experience, headways, self-reported driving skill and defensive driving positively affect the overall on-road driving performance score. More precisely, it was ascertained that driving experience leads to statistically significant increase in overall on-road driving performance score.

Key-words: on-road assessment, self-assessment, driving behaviour, factor analysis, linear regression





## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η **συσχέτιση χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού**. Πιο συγκεκριμένα εξετάστηκε η αυτοαναφερόμενη συμπεριφορά του οδηγού σε σχέση με την αξιολόγηση των επιδόσεων ασφάλειας σε κανονικές συνθήκες οδήγησης σε υπεραστική οδό.

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, ξεκίνησε η **βιβλιογραφική αναζήτηση** ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και παγκοσμίως, καθώς και των διαθέσιμων στοιχείων που ήταν απαραίτητα για τη συγκεκριμένη διερεύνηση.

Αφού μελετήθηκαν τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, πραγματοποιήθηκε **πείραμα σε κανονικές συνθήκες οδήγησης** με συμμετέχοντες 12 οδηγούς, οι οποίοι αξιολογήθηκαν για την οδηγική τους συμπεριφορά. Η έρευνα συνεχίστηκε με τη συμπλήρωση κατάλληλα διαμορφωμένων ερωτηματολογίων, βάσει των οποίων συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα.

Η διαδικασία της επεξεργασίας και **στατιστικής ανάλυσης** των δεδομένων περιελάμβανε δύο στάδια με σκοπό την εξαγωγή πληρέστερων αποτελεσμάτων συσχέτισης χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού. Το πρώτο στάδιο αναφέρεται στην Ανάλυση Παραγόντων, με την οποία επιδιώχθηκε η μείωση του αριθμού των μεταβλητών και ο προσδιορισμός των κυριότερων παραγόντων.

Το δεύτερο στάδιο περιλάμβανε την ανάπτυξη στατιστικού μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης για τον προσδιορισμό της επιρροής βασικών χαρακτηριστικών της οδηγικής συμπεριφοράς στη μεταβολή του δείκτη συνολικής επίδοσης. Η επιλογή του τελικού στατιστικού μοντέλου προσδιορισμού του δείκτη συνολικής επίδοσης προέκυψε ύστερα από αρκετές προσπάθειες και δοκιμές ώστε να πληροί τους σχετικούς στατιστικούς ελέγχους.

Μεταβλητές	Παράγοντες			
	1	2	3	4
Πόσα ατυχήματα συνολικά είχατε ως οδηγός μέχρι σήμερα;	.740			
Πόσες φορές τα τελευταία δύο χρόνια, παραβιάσατε τον Κ.Ο.Κ ενώ οδηγούσατε;		.714	-.541	
Πόσο τηρείτε τα όρια ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο;	-.926			
Πόσο επιθετικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε;		-.667		
Πόσο συχνά επιταχύνετε απότομα;	.860			
Πόσο συχνά φρενάρτε απότομα;	.680		.660	
Πόσο συχνά στρίβετε απότομα;	.898			
Ικανότητα φρεναρίσματος		-.523		
Ικανότητα επιτάχυνσης		.589		.625
Χρονοαποστάσεις από προπορευόμενο όχημα			-.550	.653

**ΠΙΝΑΚΑΣ:** Κατανομή μεταβλητών στους παράγοντες όπως προέκυψαν από την Ανάλυση Παραγόντων

Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε το **τελικό μαθηματικό μοντέλο** γραμμικής παλινδρόμησης που αποτυπώνει τη συσχέτιση μεταξύ του δείκτη συνολικής επίδοσης του οδηγού και των παραγόντων που την επηρεάζουν. Επισημαίνεται ότι η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών του μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή προσδιορίστηκε μέσω της μεθόδου της ελαστικότητας.

Η **σχετική επιρροή** χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση της επιρροής της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου μοντέλου. Στον πίνακα που ακολουθεί περιλαμβάνονται οι τιμές των συντελεστών επιρροής  $\beta_i$ , σημαντικότητας  $t$ , της σχετικής επιρροής  $e_i$  και  $e_i^*$  των ανεξάρτητων μεταβλητών του μοντέλου ενώ προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής που έχει κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή στην εξαρτημένη, καθώς και ο συντελεστής προσδιορισμού Adjusted  $R^2$ .

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Δείκτης συνολικής επίδοσης			
	$\beta_i$	$t$	Σχετική επιρροή	
			$e_i$	$e_i^*$
Έτη οδήγησης	0.010	3.25	0.180	4.057
Χρονοαποστάσεις από προπορευόμενο όχημα 4	0.142	3.19	0.045	1.019
Επιδέξιος οδηγός 3	0.141	2.85	0.044	1.000
Αμυντική οδήγηση 3	0.108	2.44	0.106	2.391
<b>Adjusted R<sup>2</sup> = 0.721</b>				

**ΠΙΝΑΚΑΣ:** Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν αποτελέσματα άμεσα συνδεδεμένα με τον κύριο στόχο της εργασίας. Τα γενικά συμπεράσματα συνοψίζονται όπως ακολουθούν:

1. Διαπιστώνεται ότι η **οδηγική εμπειρία** του οδηγού αποτελεί σημαντικό προγνωστικό παράγοντα της ασφάλειας και της οδηγικής ικανότητάς του όπως αυτή εκφράζεται από τη αξιολογηθείσα συνολική επίδοσή του. Η συσχέτιση αυτή επιτυγχάνεται μέσα από τον παράγοντα «Έτη οδήγησης» που περιγράφει με ακρίβεια και αντικειμενικότητα τα έτη που είναι ενεργός ο οδηγός. Για το λόγο αυτό, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία επιχειρείται ο συνδυασμός της αυτοαναφερόμενης συμπεριφοράς του οδηγού με την αξιολόγηση του σε κανονικές συνθήκες οδήγησης, που σύμφωνα με τα ευρήματα της βιβλιογραφίας οδηγεί σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα.
2. Αμέσως επόμενος σημαντικός παράγοντας στον προσδιορισμό της συνολικής επίδοσης του οδηγού αποτελεί η **αμυντική οδήγηση**, όπως αυτή αξιολογήθηκε σε κανονικές συνθήκες οδήγησης, δηλαδή το σύνολο των συμπεριφορών που επιτρέπουν στον οδηγό να προβλέπει, να αναγνωρίζει και να λαμβάνει όλα τα απαραίτητα μέτρα

προκειμένου να αποφύγει με ασφάλεια τους ενδεχόμενους οδικούς κινδύνους. Η στατιστική ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης έδειξε ότι όποιος εμφανίζει χαρακτηριστικά αμυντικής στάσης στην οδήγηση, δηλαδή προβλέπει τις επικίνδυνες καταστάσεις και τα λάθη των άλλων οδηγών, παρουσιάζει καλύτερο δείκτη συνολικής επίδοσης.

3. Επιπλέον, άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά τη συνολική επίδοση του οδηγού είναι οι **χρονοαποστάσεις από το προπορευόμενο όχημα** και η **επιδεξιότητα**. Πιο αναλυτικά:
  - i. Η ικανότητα του οδηγού να διατηρεί **επαρκή απόσταση από το προπορευόμενο όχημα**, όπως βαθμολογήθηκε από τον αξιολογητή, αυξάνει τη συνολική του επίδοση. Αυτό ισχύει διότι ο παράγοντας «Headways» αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό των επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού, αφού η τήρηση σωστών αποστάσεων αφήνει επαρκή χρόνο για την παρατήρηση και πρόβλεψη του επερχόμενου κινδύνου.
  - ii. Η **αυτοαναφερόμενη επιδεξιότητα στην οδήγηση** παρατηρήθηκε επίσης να εμφανίζει συσχέτιση με τον δείκτη συνολικής επίδοσης. Συγκεκριμένα ο δείκτης αυξήθηκε όταν οι οδηγοί αυτοχαρακτηρίστηκαν ως επιδέξιοι οδηγοί. Αυτό δείχνει ότι η αυτογνωσία και η αυτοπεποίθηση του οδηγού επιδρούν θετικά στη συνολική του επίδοση.
4. Επισημαίνεται ότι εξετάστηκαν **αρκετές ανεξάρτητες μεταβλητές** που ανακτήθηκαν μέσω των ερωτηματολογίων και της αξιολόγησης αλλά τελικώς δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές ώστε να περιληφθούν στο μοντέλο. Μερικές από αυτές είναι: ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων, τα εβδομαδιαία χιλιόμετρα οδήγησης σε υπεραστική οδό, η συχνότητα με την οποία φρενάρει απότομα το όχημα, η οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ, η προσπέραση προπορευόμενων οχημάτων, η ικανότητα φρεναρίσματος και επιτάχυνσης.

5. Με σκοπό τη μείωση των δεδομένων και τον προσδιορισμό των κυριότερων παραγόντων πραγματοποιήθηκε η **μέθοδος της Ανάλυσης Παραγόντων** (Factor Analysis). Με την Ανάλυση Παραγόντων οι απαντήσεις των οδηγών στις επιλεγείσες ερωτήσεις και οι σημαντικότερες επιδόσεις ασφάλειας που προέκυψαν από την αξιολόγηση σε κανονικές συνθήκες οδήγησης συνοψίστηκαν σε παράγοντες που περιγράφουν τη συμπεριφορά των οδηγών και μπορούν να ομαδοποιηθούν σε **τρεις ομάδες**, όπως αυτές περιγράφονται στη συνέχεια.
6. Η πρώτη ομάδα, η οποία χαρακτηρίζει μεγάλο ποσοστό του δείγματος, αφορά στην **αντίληψη** του οδηγού σχετικά με **την επιπόλαιη οδήγηση**. Η συγκεκριμένη ομάδα περιλαμβάνει χαρακτηριστικά που σχετίζονται με επικίνδυνες οδικές συμπεριφορές, όπως ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων που έχει εμπλακεί ο οδηγός, η μη τήρηση ορίων ταχύτητας, η απότομη πέδηση, επιτάχυνση και στροφή του οχήματος.
7. Οι οδηγοί της επόμενης ομάδας εκφράζουν **την αντίληψή τους περί επιθετικής συμπεριφοράς**, μέσα από ερωτήσεις που σχετίζονται με τον αριθμό των παραβιάσεων του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας, την αυτοαναφερόμενη επιθετικότητα στην οδήγηση, αλλά και την αξιολόγηση του οδηγού στον τρόπο που φρενάρει και επιταχύνει σε κανονικές συνθήκες οδήγησης (Braking, Accelerating). Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, η ακατάλληλη πέδηση και επιτάχυνση είναι άμεσα συνδεδεμένες με την επιθετικότητα του οδηγού.
8. Η τελευταία ομάδα περιλαμβάνει **την αντίληψη** των οδηγών **σχετικά με την προσεκτική οδήγηση**. Συγκεκριμένα, αναφέρεται στην αυτοαναφερόμενη συχνότητα με την οποία φρενάρει απότομα ο οδηγός, αλλά και στο πόσο καλά διατηρεί τις αποστάσεις από το προπορευόμενο όχημα, όπως βαθμολογήθηκε από τον αξιολογητή. Επομένως λογικά προκύπτει ότι ο οδηγός που είναι πιο προσεκτικός τείνει να διατηρεί επαρκείς αποστάσεις από το προπορευόμενο όχημα και να φρενάρει συχνότερα με σκοπό την αποφυγή κάποιου ατυχήματος.

9. Η ανάλυση των δεδομένων, με τη χρήση των μεθόδων της Ανάλυσης Παραγόντων και της Γραμμικής Παλινδρόμησης, έδωσε **σαφή και ερμηνεύσιμα αποτελέσματα**, τα οποία μάλιστα συμφωνούν με τη βιβλιογραφία. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την καταλληλότητα του συνδυασμού των δύο παραπάνω μεθόδων για αναλύσεις σχετικά με την οδηγική συμπεριφορά, στον τομέα της οδικής ασφάλειας. Η χρήση των μεθόδων αυτών επέτρεψε τη συσχέτιση των χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού, με βάση τις απαντήσεις των συμμετεχόντων στο ερωτηματολόγιο και την αξιολόγησή τους σε κανονικές συνθήκες οδήγησης.
10. Τέλος, η αποτελεσματικότητα των μεθόδων ανάλυσης, οι οποίες επιλέχθηκαν, επιτρέπει τη **γενίκευση των αποτελεσμάτων** με την **εφαρμογή τους σε έρευνες με παρόμοιο αντικείμενο** και σε δεδομένα όμοια με εκείνα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Σε κάθε περίπτωση, η εφαρμογή των μεθόδων ανάλυσης πρέπει να γίνεται με προσοχή και έπειτα από τον προσδιορισμό των ιδιαίτερων συνθηκών κάθε έρευνας και κάθε εξεταζόμενης ομάδας. Μεγάλη βαρύτητα πρέπει να δίνεται κάθε φορά στην επιλογή των μεταβλητών, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση. Οι μεταβλητές που επιλέγονται πρέπει να αναφέρονται σε χαρακτηριστικά στοιχεία της οδηγικής συμπεριφοράς, ανάλογα με την εξεταζόμενη περίπτωση.

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Γενική Ανασκόπηση .....	1
1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας.....	4
1.3 Μεθοδολογία .....	5
1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	7
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	11
2.1 Εισαγωγή .....	11
2.2 Συναφείς Έρευνες .....	11
2.2.1 Self-reports of aberrant behavior on the roads: errors and violations in a sample of Greek drivers (Kontogiannis et al., 2002) .....	11
2.2.2 Investigating the self-reported behavior of drivers and their attitudes to traffic violations (Vardaki et al., 2013) .....	12
2.2.3 Introducing a risk estimation index for drivers: A case of Iran (Moghaddam et al., 2014).....	14
2.2.4 Assessing the relationship between the Driver Behavior Questionnaire and the Driver Skill Inventory: Revealing sub-groups of drivers (Martinussen et al., 2014) .....	15
2.3 Συναφείς Μεθοδολογίες.....	16
2.3.1 Typology of rated driving and the relationship between self and other driver ratings (Wilson et al., 1984) .....	16
2.3.2 Naturalistic Validation of an On-Road Driving Test of Older Drivers (Ott et al., 2012).....	17
2.3.3 How accurately do drivers evaluate their own driving behavior? An on-road observational study (Amado et al., 2014) .....	18
2.3.4 Safe mobility for elderly drivers - Considerations based on expert and self-assessment (Broberg et al., 2014) .....	19
2.4 Σύνοψη.....	20

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ .....	23
3.1 Εισαγωγή .....	23
3.2 Βασικές Έννοιες Στατιστικής .....	23
3.3 Συσχέτιση μεταβλητών - Συντελεστής Συσχέτισης .....	25
3.4 Βασικές Κατανομές.....	27
3.4.1 Κανονική Κατανομή .....	27
3.4.2 Κατανομή Poisson .....	27
3.5 Μέθοδοι Ανάλυσης .....	28
3.5.1 Ανάλυση Παραγόντων (Factor Analysis) .....	28
3.5.2 Ανάλυση ομαδοποίησης (Cluster Analysis) .....	33
3.6 Μαθηματικά Πρότυπα.....	33
3.6.1 Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση .....	34
3.6.2 Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση .....	35
3.7 Διαδικασία Ανάπτυξης και Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου .....	36
3.8 Λειτουργία του Ειδικού Στατιστικού Λογισμικού.....	40
4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ .....	43
4.1 Εισαγωγή .....	43
4.2 Συλλογή Στοιχείων .....	43
4.2.1 Το πείραμα .....	44
4.2.2 Το ερωτηματολόγιο .....	46
4.2.3 Αξιολόγηση σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης .....	47
4.3 Επεξεργασία στοιχείων .....	48
4.3.1 Επιλογή ερωτήσεων .....	48
4.3.2 Προκαταρκτική ανάλυση .....	50
4.3.3 Διαμόρφωση Βάσης Δεδομένων.....	56
4.3.4 Εισαγωγή δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, SPSS 21.0 .....	57



5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	61
5.1 Εισαγωγή .....	61
5.2 Ανάλυση Παραγόντων (Factor Analysis) .....	63
5.2.1 Εφαρμογή Ανάλυσης Παραγόντων .....	63
5.2.2 Αποτελέσματα Ανάλυσης Παραγόντων .....	68
5.3 Ανάλυση ομαδοποίησης σε δύο βήματα (two step-cluster analysis) ....	74
5.3.1 Εφαρμογή Ανάλυσης Ομαδοποίησης .....	74
5.3.2 Αποτελέσματα Ανάλυσης Ομαδοποίησης.....	75
5.4 Ανάπτυξη και Εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων .....	76
5.4.1 Δεδομένα εισόδου – Καθορισμός μεταβλητών.....	76
5.4.2 Συσχέτιση μεταβλητών.....	78
5.4.3 Μοντέλα Γραμμικής Παλινδρόμησης.....	81
5.4.4 Περιγραφή αποτελεσμάτων .....	84
5.4.5 Εξήγηση αποτελεσμάτων.....	86
5.4.6 Σχετική επιρροή των μεταβλητών .....	87
5.4.7 Ανάλυση ευαισθησίας .....	89
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	93
6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων.....	93
6.2 Συμπεράσματα .....	95
6.3 Προτάσεις.....	98
6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα .....	100
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	103
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....	107
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Ερωτηματολόγιο Συμπεριφοράς Οδηγού .....	108
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Έντυπο αξιολόγησης οδηγικής επίδοσης.....	115

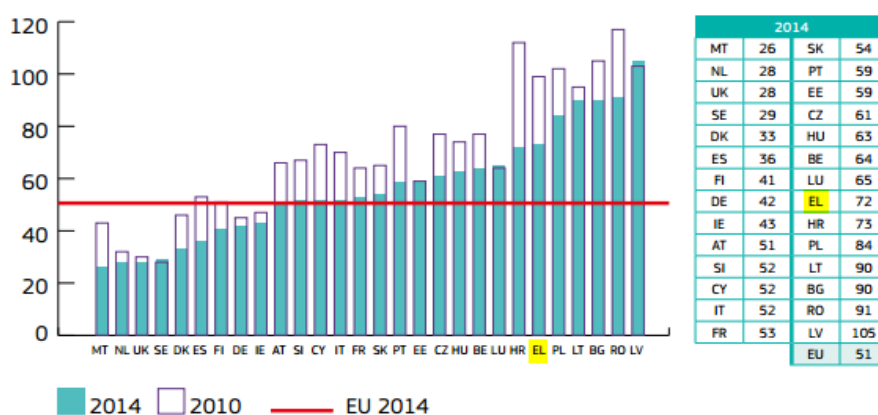


## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

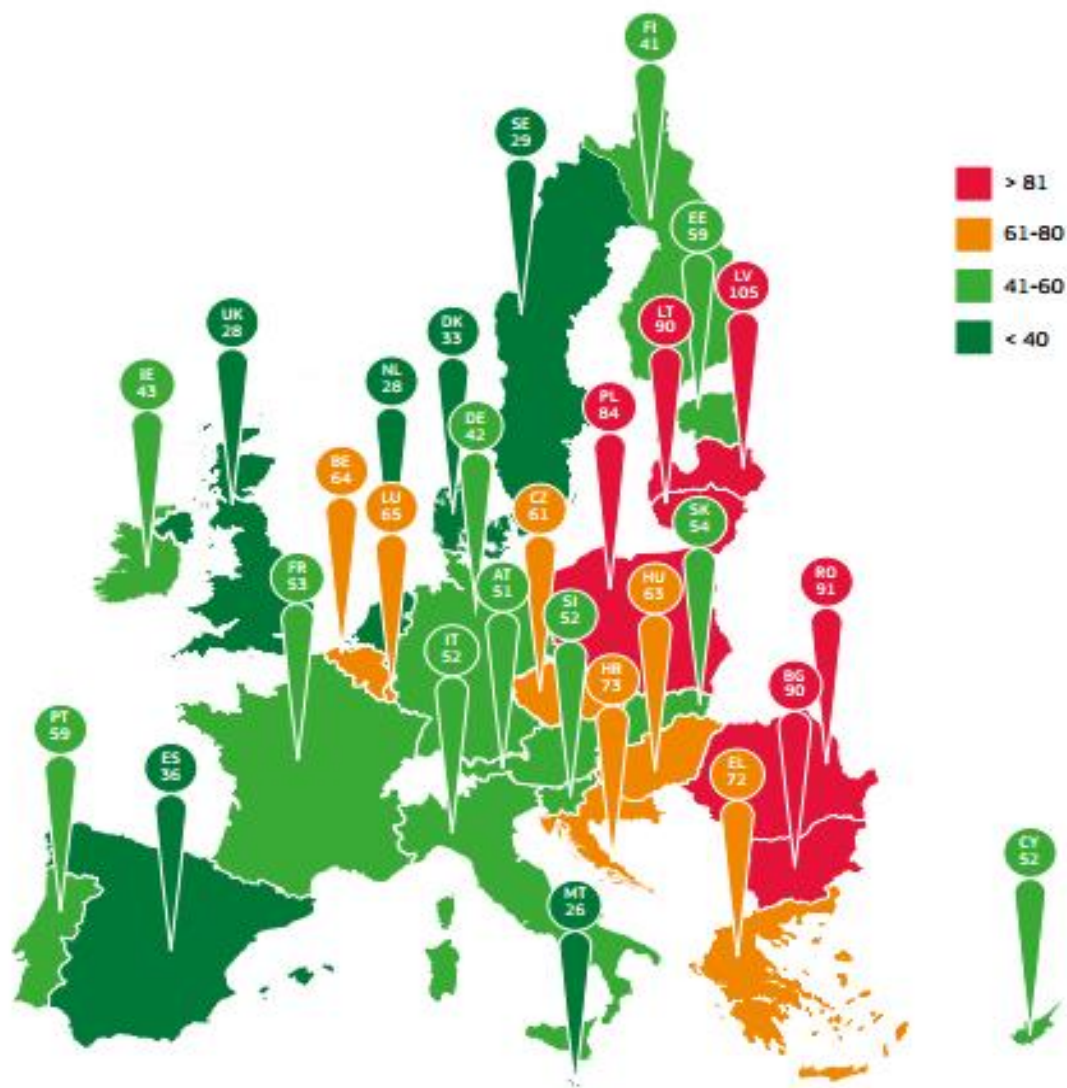
### 1.1 Γενική Ανασκόπηση

Αναμφίβολα η **οδική ασφάλεια** αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες, καθώς η αύξηση των οδικών ατυχημάτων έχει λάβει διαστάσεις προβλήματος δημόσιας υγείας. Παρόλα αυτά ένα μεγάλο ποσοστό, της τάξης του 90%, λαμβάνει χώρα σε χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος χώρες, ακόμη και αν αυτές έχουν περίπου το ήμισυ των οχημάτων **παγκοσμίως** (World Health Organization, 2015). Αν και έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για τη μείωση των οδικών ατυχημάτων εκτιμάται διεθνώς ότι χάνονται 1,25 εκατομμύρια ζωές ετησίως, εκ των οποίων οι μισοί είναι «ευάλωτοι χρήστες του οδικού δικτύου»: πεζοί, ποδηλάτες και μοτοσικλετιστές. Δυστυχώς τα οδικά ατυχήματα έχουν καταστεί η κύρια αιτία θανάτου σε νεαρά άτομα από 15 έως 29 ετών (United Nations, 2015) και κατά συνέπεια οι απώλειες αυτές είναι περισσότερο οδυνηρές από οποιαδήποτε άλλη αιτία διότι τα θύματα είναι κατά κανόνα άτομα υγιή και δραστήρια.

Όσον αφορά στην **Ευρώπη** το 2014 καταγράφηκαν 25.700 νεκροί από οδικά ατυχήματα, εκ των οποίων οι 793 αφορούσαν στην Ελλάδα. Σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα προκύπτει ότι η Ελλάδα είχε 72 νεκρούς ανά εκατομμύριο κατοίκων, τιμή που ξεπερνάει πολύ το μέσο όρο (51 νεκροί), και κατατάσσει τη χώρα μας 6<sup>η</sup> σε περισσότερους νεκρούς από οδικά ατυχήματα, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα 27 κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (European Commission, 2015).



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1:** Αριθμός νεκρών στα οδικά ατυχήματα/εκατομμύριο κατοίκων  
**ΠΗΓΗ:** CARE (EU road accidents database), 2015



**ΕΙΚΟΝΑ 1.1:** Αριθμός νεκρών στα οδικά ατυχήματα/εκατομμύριο κατοίκων

**ΠΗΓΗ:** European Commission, Mobility and Transport DG, BE-1049 Brussels, (March 2015)

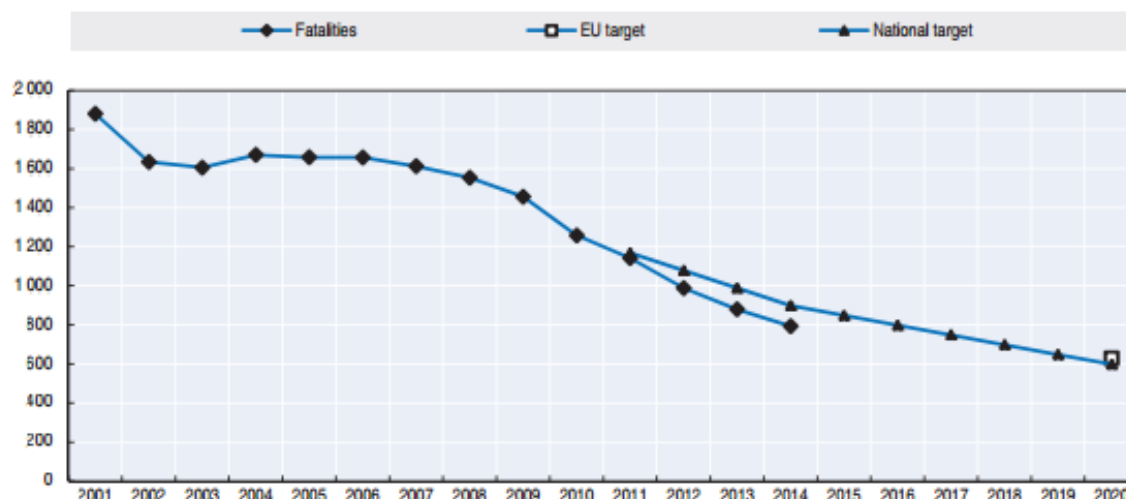
Παρά αυτή την υψηλή θέση της Ελλάδας, το χρονικό διάστημα 2010-2014 μειώθηκε αρκετά ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων, εν μέρει λόγω της οικονομικής κρίσης. Δυστυχώς όμως το 2015 παρατηρήθηκε μια αύξηση 1,5% στους νεκρούς, που έφτασαν τους 805, όπως δείχνει και ο παρακάτω πίνακας.

Χρονική Περίοδος:	Ιανουάριος - Δεκέμβριος			Ποσοστό Μεταβολής	
	2013	2014	2015	2014/2013	2015/2014
<b>Ατυχήματα</b>	12.072	11.752	11.565	-2,7	-1,6
<b>Νεκροί</b>	874	793	805	-9,3	1,5
<b>Τραυματίες Βαριά</b>	1.303	1.082	1.074	-17,0	-0,7
<b>Τραυματίες Ελαφρά</b>	13.509	13.360	12.959	-1,1	-3,0
<b>Σύνολο Τραυματιών</b>	14.812	14.442	14.033	-2,5	-2,8

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1:** Οδικά τροχαία ατυχήματα και παθόντα από αυτά πρόσωπα για το διάστημα Ιανουαρίου - Δεκεμβρίου, των ετών 2013, 2014 και 2015.

**ΠΗΓΗ:** ΕΛΣΤΑΤ, 2016

Οπότε, σύμφωνα με το τρίτο Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο Οδικής Ασφάλειας (2011-2020), που αναπτύχθηκε από το ΕΜΠ και έχει υιοθετηθεί από το Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, πρέπει να αναπτυχθεί μια ισχυρή κουλτούρα γύρω από την οδική ασφάλεια, προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος του 2020 και να μειωθούν οι νεκροί κατά 25% (IRTAD 2015). Τα παραπάνω απεικονίζονται στο ακόλουθο διάγραμμα.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2:** Τάσεις προς τον στόχο της Ελλάδας και της Ε.Ε. στον τομέα των οδικών θανάτων

**ΠΗΓΗ:** Road Safety Annual Report 2015 (IRTAD)

Προκειμένου λοιπόν να επιτευχθεί αυτός ο στόχος πρέπει να εντοπιστούν οι βασικοί παράγοντες που οδηγούν στα οδικά ατυχήματα. Οι τρεις σημαντικότεροι, κατά σειρά αυξανόμενης σπουδαιότητας, είναι:

- **το όχημα** (τεχνική διαμόρφωση και εξοπλισμός, ενεργητική και παθητική ασφάλεια),
- **η οδός με το περιβάλλον της** (γεωμετρικά χαρακτηριστικά, κατασκευαστική διαμόρφωση, επίπεδο συντήρησης, εξοπλισμός, τοπικές κυκλοφοριακές ρυθμίσεις, χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας, καιρικές συνθήκες), και
- **ο χρήστης της οδού** (εμπειρία, ψυχικές και κοινωνικές ιδιαιτερότητες καθώς επίσης πρότυπα συμπεριφοράς)

Σύμφωνα όμως με μελέτες (Sabey and Taylor, 1980) που πραγματοποιήθηκαν στη Μ. Βρετανία ο **ανθρώπινος παράγοντας** ευθύνεται στην συντριπτική πλειοψηφία των οδικών ατυχημάτων. Πιο συγκεκριμένα στο 65% των περιπτώσεων υπεύθυνος υπήρξε αποκλειστικά ο άνθρωπος, ενώ στο 95% τα οδικά ατυχήματα οφείλονταν σ' αυτόν σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες. Κατά συνέπεια ο οδηγός δεν είναι μόνο ο παραλήπτης των πληροφοριών και εκείνος που παίρνει τις αποφάσεις, αλλά ο κύριος παράγοντας στα ατυχήματα, καθώς τα περισσότερα από αυτά αποδίδονται στα ανθρώπινα λάθη (West et al. 1993), τα οποία οφείλονται κατά βάση στην αδύναμη συνειδητοποίηση των κινδύνων του οδηγού. Συμπερασματικά, η διαπίστωση αυτή είναι χρήσιμη γιατί δείχνει την κύρια κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να συγκεντρωθεί το ενδιαφέρον της Πολιτείας καθώς και των συγκοινωνιολόγων μηχανικών, για τον περιορισμό των οδικών ατυχημάτων.

Επομένως, είναι απαραίτητη η ανάλυση των χαρακτηριστικών της οδικής συμπεριφοράς και των επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού, με σκοπό τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας.

## 1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **συσχέτιση χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού.**

Συγκεκριμένα, θα εξεταστεί το πώς τα διάφορα στοιχεία που συνθέτουν τον τρόπο οδήγησης αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και καθορίζουν την

κυκλοφοριακή συμπεριφορά του οδηγού. Επομένως, επιμέρους στόχος της Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου που θα αποτυπώνει επαρκώς τη σχέση μεταξύ εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών.

Εκτιμάται ότι τα αποτελέσματα που θα προκύψουν, με το τέλος της Διπλωματικής Εργασίας, θα επιτρέψουν την κατανόηση του βαθμού και του τρόπου με τον οποίο οι επιδόσεις ασφάλειας σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του οδηγού, επηρεάζουν τη συνολική οδηγική του απόδοση.

Κατά συνέπεια, με αυτόν τον τρόπο, θα προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά εκείνα, τα οποία διαχωρίζουν αυτούς που ακολουθούν έναν περισσότερο επικίνδυνο τρόπο οδήγησης, αυξάνοντας την πιθανότητα να συντελέσουν στην πρόκληση οδικού ατυχήματος, από τους πιο προσεκτικούς οδηγούς.

### 1.3 Μεθοδολογία

Για την επίτευξη του στόχου της παρούσας διπλωματικής εργασίας ακολουθήθηκε μεθοδολογία, τα στάδια της οποίας παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Αρχικά μετά την οριστικοποίηση του επιδιωκόμενου στόχου πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση τόσο σε ελληνική όσο και σε διεθνή βιβλιογραφία. Στη φάση αυτή πραγματοποιήθηκε αναζήτηση παρεμφερών ερευνών, επιστημονικών άρθρων καθώς και γενικών πληροφοριών σχετικά με το εξεταζόμενο αντικείμενο που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες για τη συγκεκριμένη έρευνα. Μέσω των ερευνών αυτών καταβλήθηκε προσπάθεια να αποκτηθεί μια σχετική εμπειρία στην επεξεργασία τέτοιων θεμάτων, καθώς επίσης και να αποφασιστεί η μέθοδος με βάση την οποία θα πραγματοποιηθεί η επεξεργασία των στοιχείων και να επιτευχθεί ο επιδιωκόμενος στόχος.

Αφού μελετήθηκαν τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, σειρά είχε η εύρεση του τρόπου συλλογής των στοιχείων, τα οποία θα επιτρέπουν τη συσχέτιση χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε πείραμα σε

κανονικές συνθήκες οδήγησης με συμμετέχοντες 12 οδηγούς, οι οποίοι αξιολογήθηκαν για την οδηγική τους συμπεριφορά. Η έρευνα συνεχίστηκε με τη συμπλήρωση κατάλληλα διαμορφωμένων ερωτηματολογίων, βάσει των οποίων συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα.

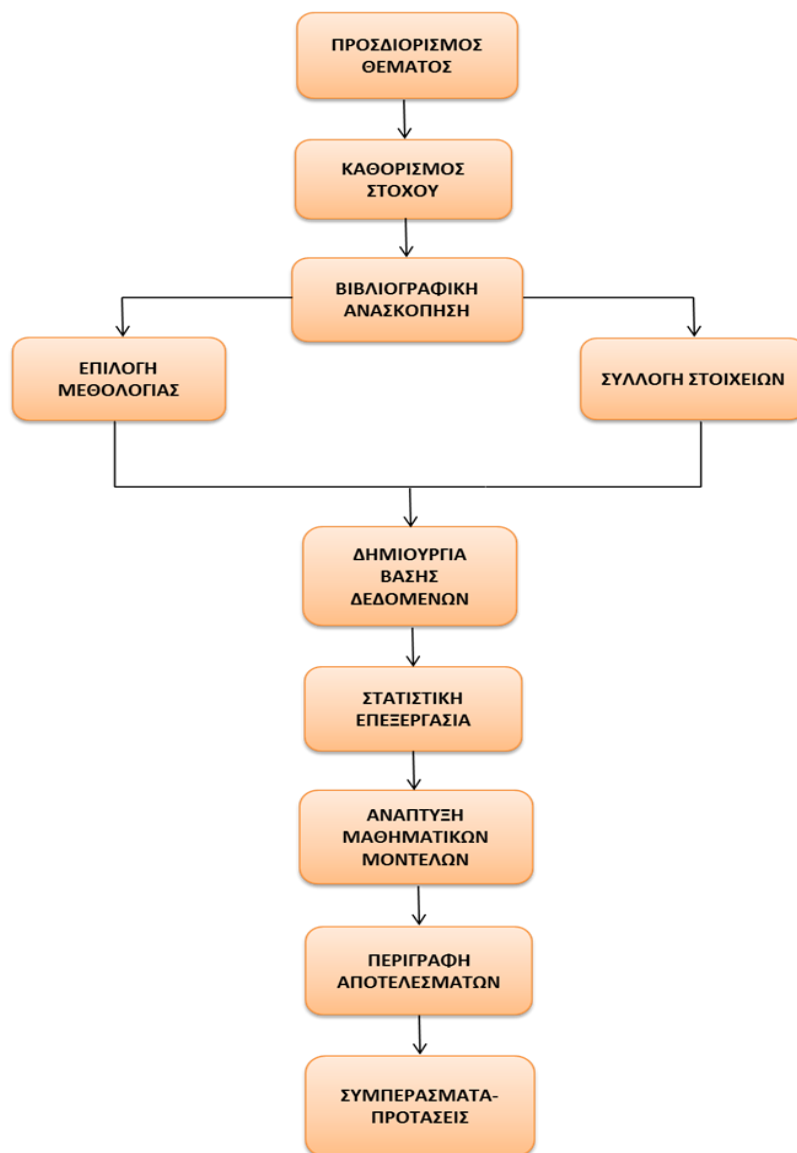
Στη συνέχεια, τα στοιχεία καταχωρήθηκαν σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων (Microsoft Excel, 2010), η οποία βελτιώθηκε σταδιακά, έως ότου αποκτήσει την τελική της μορφή. Ακολούθησε η επιλογή της μεθόδου στατιστικής επεξεργασίας των στοιχείων και η εισαγωγή της βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης (SPSS 21.0). Με τον τρόπο αυτό προέκυψαν στατιστικά σημαντικοί παράγοντες με τη βοήθεια της παραγοντικής ανάλυσης, προκειμένου να περιγραφεί επαρκώς η ζητούμενη συμπεριφορά. Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν ώστε να κατηγοριοποιηθούν οι οδηγοί ανάλογα με τα κοινά τους χαρακτηριστικά.

Επόμενο στάδιο αποτέλεσε η ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης, από το οποίο προέκυψαν διάφορα μοντέλα που περιέγραφαν σε αποδεκτό επίπεδο εμπιστοσύνης την επιρροή της εξαρτημένης μεταβλητής από τις εκάστοτε ανεξάρτητες. Στο τελικό μοντέλο συνυπολογίστηκε η αλληλεπίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών προκειμένου να μην υπάρχει αλληλοεπικάλυψη τους που να επηρεάζει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

Μετά την αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων, εξήχθησαν τα αντίστοιχα συμπεράσματα για τον βαθμό και τον τύπο της επιρροής των εκάστοτε ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη. Έτσι, προέκυψαν σημαντικές πληροφορίες για το υπό εξέταση πρόβλημα καθώς και διατυπώθηκαν αξιόλογες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σχηματικά τα στάδια της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.





**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.3:** Διάγραμμα ροής των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας

#### 1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η δομή της Διπλωματικής Εργασίας μέσω της συνοπτικής αναφοράς στο περιεχόμενο των κεφαλαίων της.

Το **πρώτο κεφάλαιο** αποτελεί την εισαγωγή και περιλαμβάνει μια γενική ανασκόπηση όπου παρουσιάζεται το πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας και αναφέρονται τα δεδομένα όπως έχουν προκύψει ως σήμερα, όσον αφορά την οδική ασφάλεια. Παρατίθενται τα βασικά στατιστικά στοιχεία για την Ελλάδα

και τέλος παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, περιγράφοντας συνοπτικά τα βασικά στάδια της εκτέλεσης της παρούσας εργασίας.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης όπως αυτά προέκυψαν από την αναζήτηση στοιχείων σχετικά την οδηγική συμπεριφορά, δηλαδή τους δείκτες επίδοσης του οδηγού και πως αυτή σχετίζεται με την επικινδυνότητά του. Οι έρευνες που εξετάστηκαν προέρχονται τόσο από την Ελλάδα όσο και από το εξωτερικό. Στο τέλος γίνεται μια σύνοψη των βασικών στοιχείων των εργασιών με σκοπό αφενός τη σύγκριση των αποτελεσμάτων, και αφετέρου την ανάδειξη της αναγκαιότητας εξέτασης του αντικειμένου της εργασίας.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο στηρίχθηκε η ανάλυση των στοιχείων της οδηγικής συμπεριφοράς. Αρχικά, επεξηγούνται οι λόγοι επιλογής των δύο στατιστικών αναλύσεων που χρησιμοποιήθηκαν και γίνεται εκτενέστερη αναφορά στις μεθόδους της ανάλυσης παραγόντων (factor analysis) και της ανάλυσης ομαδοποίησης (cluster analysis), οι οποίες επελέγησαν τελικά. Στη συνέχεια περιγράφονται βασικές μαθηματικές και στατιστικές έννοιες για την καλύτερη κατανόηση και επεξήγηση του επιλεχθέντος μαθηματικού μοντέλου, δηλαδή αυτού της γραμμικής παλινδρόμησης. Τέλος το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μία σύντομη αναφορά στα βήματα που ακολουθούνται, για την επεξεργασία των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Το **τέταρτο κεφάλαιο** περιγράφει τις βασικές αρχές που πρέπει να διέπουν κάθε έρευνα πεδίου. Αρχικά γίνεται παράθεση του χρησιμοποιούμενου στη συγκεκριμένη έρευνα ερωτηματολογίου και ακολουθεί αναλυτική παρουσίαση του. Στη συνέχεια παρατίθενται συγκεντρωτικοί πίνακες στους οποίους περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του δείγματος, ακολουθούμενοι από τον απαραίτητο σχολιασμό. Επίσης ακολουθεί πίνακας με τις επιδόσεις ασφάλειας, βάσει των οποίων αξιολογήθηκαν οι οδηγοί. Στο τέλος, αναλύεται ο τρόπος κωδικοποίησης των στοιχείων, καθώς και η αρχική επεξεργασία που υπέστησαν, ώστε να χρησιμοποιηθούν στη στατιστική ανάλυση, αλλά και να αποφασιστεί η τελική μεθοδολογία.

Το **πέμπτο κεφάλαιο** περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της μεθολογίας που εφαρμόστηκε έως την τελική εξαγωγή των συμπερασμάτων. Αρχικά,

παρουσιάζεται η εφαρμογή της ανάλυσης παραγόντων, και ακολούθως αναλύονται τα προκύπτοντα αποτελέσματα. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων μέσω της ανάλυσης ομαδοποίησης. Έπειτα, αναφέρονται οι ομάδες των οδηγών που προέκυψαν από το συνδυασμό των παραπάνω αναλύσεων. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται με αναλυτικούς πίνακες, οι οποίοι ακολουθούνται από σύντομη επεξήγηση. Τελικώς, παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης του μαθηματικού μοντέλου με ιδιαίτερη έμφαση στους στατιστικούς ελέγχους αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων ενώ τα αποτελέσματα συνοδεύονται από τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις και την περιγραφή τους για την ευκολότερη κατανόηση τους.

Στο **έκτο κεφάλαιο** διατυπώνονται τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν ύστερα από την ανάλυση των στοιχείων της έρευνας και την ερμηνεία του επιλεχθέντος μαθηματικού μοντέλου. Στην αρχή του κεφαλαίου πραγματοποιείται μία σύνοψη των κυριότερων σημείων της παρούσας εργασίας, ενώ στη συνέχεια διατυπώνονται τα συμπεράσματα, τα οποία προέκυψαν. Καταληκτικά, καταγράφονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **έβδομο κεφάλαιο** παρατίθεται ο κατάλογος των βιβλιογραφικών αναφορών. Ο κατάλογος αυτός περιλαμβάνει αναφορές που αφορούν τόσο σε έρευνες που παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια της εισαγωγής και της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, όσο και σε στατιστικές έννοιες και μεθόδους που αναλύθηκαν στο θεωρητικό υπόβαθρο.



## 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

### 2.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στη **βιβλιογραφική ανασκόπηση** και περιλαμβάνει έρευνες στον τομέα της οδικής ασφάλειας, το αντικείμενο και η μεθοδολογία των οποίων παρουσιάζει συνάφεια με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας. Συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά σε έρευνες οι οποίες αφορούν στη **συσχέτιση χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού**. Τα στοιχεία που εξετάζονται προκύπτουν από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα, αλλά κυρίως στο εξωτερικό. Για κάθε εργασία γίνεται συνοπτική αναφορά στη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και στα συμπεράσματα που προέκυψαν. Τέλος, με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, προσδιορίστηκε το ακριβές αντικείμενο της Διπλωματικής εργασίας και επιχειρήθηκε να επιλεγεί η καταλληλότερη μεθοδολογία.

### 2.2 Συναφείς Έρευνες

Το υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζει τα βασικά σημεία ερευνών οι οποίες σχετίζονται με τη συσχέτιση των χαρακτηριστικών και των επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού. Βασικός σκοπός είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με άλλες έρευνες με παρεμφερές περιεχόμενο.

#### 2.2.1 Self-reports of aberrant behavior on the roads: errors and violations in a sample of Greek drivers (Kontogiannis et al., 2002)

Στόχος: Το αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι η ταξινόμηση των οδηγών σύμφωνα με την αυτο-αναφερόμενη παραβατική τους συμπεριφορά. Επιμέρους στόχος είναι η επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων αντίστοιχων μελετών που αφορούσαν την παραβατική συμπεριφορά οδηγών στην Αγγλία, την Αυστραλία και τη Σουηδία.

Μεθοδολογία: Για τις ανάγκες της έρευνας συμπληρώθηκαν 1425 ερωτηματολόγια από οδηγούς σε 18 πόλεις σε όλη την Ελλάδα. Το

ερωτηματολόγιο χωρίστηκε σε δύο τμήματα. Η πρώτη ενότητα περιελάμβανε γενικά θέματα σχετικά με την ηλικία του οδηγού, το φύλο, την οικογενειακή κατάσταση, πεποιθήσεις που σχετίζονται με την οδήγηση και ο αριθμός των ατυχημάτων που εμπλέκονται ως οδηγοί. Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να αξιολογήσουν το δικό τους επίπεδο οδηγική ικανότητας σε μια κλίμακα τεσσάρων σημείων (κακή = 1, μέτρια = 2, πολύ καλή = 3, άριστη = 4). Η δεύτερη ενότητα περιείχε 112 αντικείμενα με βάση το Ερωτηματολόγιο Οδηγικής Συμπεριφοράς (DBQ), αλλά και επεκτάσεις αυτού. Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να αναφέρουν πόσο συχνά διέπραξαν τη συμπεριφορά που περιγράφεται σε κάθε στοιχείο σε μία κλίμακα έξι σημείων (ποτέ = 0, πολύ σπάνια = 1, όχι σπάνια = 2, μερικές φορές = 3, συχνά = 4, πολύ συχνά = 5). Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που προήλθαν από τα ερωτηματολόγια πραγματοποιήθηκε με χρήση της παραγοντικής ανάλυσης (Factor Analysis).

Αποτελέσματα: Με βάση τα παραπάνω εντοπίστηκαν τρεις τύποι παραβάσεων. Τα λάθη και τα πταίσματα ήταν οι δύο κύριες μορφές της παραβατικής συμπεριφοράς. Η παραγοντική ανάλυση εντόπισε άλλες δύο κατηγορίες, εκ των οποίων η μία αναφέρεται σε μία κατάσταση χαμηλής ετοιμότητας και αμέλειας, ενώ η άλλη κατηγορία αναφέρεται σε επικοινωνιακά σφάλματα και «κοινωνική αδιαφορία» για τους άλλους χρήστες του οδικού δικτύου. Κάθε κατηγορία οδηγικής συμπεριφοράς βρέθηκε να έχει διαφορετικές συσχετίσεις με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των οδηγών. Επίσης, προέκυψε ότι ο αριθμός των ατυχημάτων σχετίζεται με την τάση των οδηγών να διαπράττουν παραβάσεις στον αυτοκινητόδρομο, οι οποίες όμως δεν οφείλονται σε λανθασμένη κρίση. Τέλος οι επιθετικές παραβιάσεις σχετίζονταν σημαντικά με την υπερβολική ταχύτητα.

### **2.2.2 Investigating the self-reported behavior of drivers and their attitudes to traffic violations (Vardaki et al., 2013)**

Στόχος: Αυτή η έρευνα διερευνά την αυτο-αναφερόμενη συμπεριφορά και τη στάση των οδηγών σε επικίνδυνες συμπεριφορές που σχετίζονται με τις οδικές παραβάσεις των ορίων ταχύτητας, την οδήγηση σε κατάσταση μέθης και τη χρήση κινητού τηλεφώνου, χρησιμοποιώντας την Ανάλυση Ομαδοποίησης (Cluster Analysis).

Μεθοδολογία: Για την παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα προς επεξεργασία τα στοιχεία από 601 Έλληνες οδηγούς που συμμετείχαν στην πανευρωπαϊκή έρευνα SARTRE 4. Οι ερωτήσεις αφορούσαν στη στάση και την αυτο-αναφερόμενη συμπεριφορά του οδηγού που σχετίζονται με την υπερβολική ταχύτητα, την οδήγηση σε κατάσταση μέθης και τη χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση. Στην παρούσα ανάλυση συμπεριλήφθηκαν δεκατρείς ερωτήσεις, στις οποίες οι ερωτηθέντες απάντησαν με βάση κλίμακα 4, 5 και 6 σημείων. Για την κατηγοροποίηση των οδηγών εφαρμόστηκε η Ανάλυση Ομαδοποίησης, από την οποία προέκυψαν τρεις ομάδες οδηγών. Στην πρώτη ομάδα εντάσσονται οι οδηγοί που διαπράττουν τροχαίες παραβάσεις πιο συχνά. Στη δεύτερη ομάδα ανήκουν εκείνοι που τάσσονται κατά των τροχαίων παραβάσεων, ενώ έχουν μέτρια στάση προς τη συμμόρφωση με τους κανόνες κυκλοφορίας. Τέλος, στην τρίτη ομάδα οι οδηγοί υποστηρίζουν σθεναρά τη γνώμη τους κατά των τροχαίων παραβάσεων και έχουν επίσης ισχυρές απόψεις προς τη συμμόρφωση με τους κανόνες κυκλοφορίας.

Αποτελέσματα: Τα ευρήματα δείχνουν ότι οι διαφορές στη στάση και τη συμπεριφορά μπορούν να αποδοθούν σε παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο και η περιοχή κατοικίας. Επίσης τα ευρήματα της έρευνας παρείχαν κάποια εικόνα για το τρέχον επίπεδο της στάσης των οδηγών για τις τροχαίες παραβάσεις, ιδίως για εκείνες που επηρεάζουν αρνητικά την ασφάλεια της κυκλοφορίας. Το μοτίβο των απόψεων των οδηγών σχετικά με τις παραβιάσεις μπορεί να αποτελέσει τη βάση των παρεμβάσεων συμπεριφοράς που σχετίζονται με τον κίνδυνο -προσαρμοσμένες στις αντίστοιχες ομάδες- με στόχο την ενημέρωση, την εκπαίδευση και την ευαισθητοποίηση του κοινού. Συμπερασματικά αυτές οι πληροφορίες μπορούν να αξιοποιηθούν στο σχεδιασμό και την υλοποίηση εκπαιδευτικών εκστρατειών και προγραμμάτων αλλά και για την επιβολή και τον καθορισμό σχετικών προτεραιοτήτων.

### 2.2.3 Introducing a risk estimation index for drivers: A case of Iran (Moghaddam et al., 2014)

Στόχος: Η παρούσα εργασία σκοπεύει να διερευνήσει την υπάρχουσα σχέση μεταξύ των χαρακτηριστικών του οδηγού και την παρεκκλίνουσα συμπεριφορά οδήγησης. Για να επιτευχθεί αυτό, η ομάδα με τους οδηγούς υψηλού κινδύνου ταυτίστηκε με τον δείκτη επικινδυνότητας του οδηγού.

Μεθοδολογία: Για την έρευνα συλλέχθηκαν 1769 ερωτηματολόγια συμπληρωμένα από Ιρανούς οδηγούς (593 γυναίκες και 1176 άνδρες). Το ερωτηματολόγιο χωριζόταν σε τρεις βασικές κατηγορίες ερωτήσεων, ώστε να αντληθούν πληροφορίες σχετικά με την προσωπικότητα των οδηγών, την ηλικία, το φύλο, την εκπαίδευση, την οδική συμπεριφορά (κενά, λάθη, παραβιάσεις), τα ατυχήματα που έχουν διαπράξει και τα ποσοστά των κλήσεων που έχουν λάβει για την παραβατική τους συμπεριφορά. Τέσσερις δείκτες χρησιμοποιήθηκαν για να περιγράψουν τα χαρακτηριστικά του οδηγού έτσι ώστε να ληφθεί υπόψη το σύνολο των συνδυασμών των χαρακτηριστικών του οδηγού και η μεταξύ τους σχέση. Τέλος, εφαρμόστηκε η Ανάλυση Ομαδοποίησης καθώς και ένα μη παραμετρικό τεστ για να χωριστούν οι οδηγοί σε ομάδες ανάλογα με την οδηγική τους συμπεριφορά.

Αποτελέσματα: Η Ανάλυση της Ομαδοποίησης και το τεστ σημαντικότητας πραγματοποιήθηκαν με βάση τις παραβιάσεις, τα ατυχήματα και τα ποσοστά κλήσεων, όπου οδήγησαν σε τέσσερις ξεχωριστές ομάδες οι οποίες αντιπροσωπεύουν την επικινδυνότητα του οδηγού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι παραβιάσεις μπορούν να προβλέψουν το ποσοστό των ατυχημάτων και των κλήσεων με πολύ καλό συσχετισμό και αντίστοιχα τα ποσοστά ατυχημάτων ήταν ικανά να προβλέψουν τα ποσοστά κλήσεων με καλή συσχέτιση, το οποίο απεικονίζει μια θετική συνοχή μεταξύ των χαρακτηριστικών του οδηγού. Σημαντικές όμως διαφορές βρέθηκαν μεταξύ των τεσσάρων ομάδων σχετικά με τις παραβιάσεις και το ποσοστό ατυχημάτων. Ως εκ τούτου, οι τέσσερις διαφορετικές ομάδες οδηγών κατηγοριοποιήθηκαν με βάση το δείκτη επικινδυνότητας που παίρνει τιμές από 1 (= "ασφαλής οδήγηση") έως 4 (= "επικίνδυνη οδήγηση") και καθιστά δυνατή την αξιολόγηση των οδηγών μέσω στοιχείων της προσωπικότητάς τους. Τέλος, προκειμένου να επιβεβαιωθεί η ακρίβεια του δείκτη



επικινδυνότητας του οδηγού έγινε έλεγχος εγκυρότητας σε 158 ερωτηματολόγια.

#### **2.2.4 Assessing the relationship between the Driver Behavior Questionnaire and the Driver Skill Inventory: Revealing sub-groups of drivers (Martinussen et al., 2014)**

Στόχος: Το κίνητρο πίσω από την παρούσα εργασία ήταν να προσδιοριστούν οι υπο-ομάδες των οδηγών που ενδεχομένως δρουν επικίνδυνα, με βάση τη συχνότητα των αποκλιουσών συμπεριφορών οδήγησης και το επίπεδο των δεξιοτήτων οδήγησης. Επιπλέον στόχο αποτέλεσε η αξιολόγηση της αυτοαναφερόμενης οδηγικής ικανότητας και κατά πόσο αυτή σχετίζεται με την αυτό-αναφερόμενη παρεκκλίνουσα συμπεριφορά.

Μεθοδολογία: Στην έρευνα συμμετείχαν 3908 οδηγοί ηλικίας 18 έως 84 ετών. Στην αρχή, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να αναφέρουν την ηλικία, το φύλο, την ετήσια διανυθέντα χιλιόμετρα, τα ατυχήματα και τα πρόστιμα, κατά τη διάρκεια των τριών τελευταίων ετών, καθώς και την κανονική και προτιμώμενη ταχύτητα σε διάφορους τύπους του οδικού δικτύου. Έπειτα, απάντησαν στο Ερωτηματολόγιο Οδικής Συμπεριφοράς (DBQ), το οποίο αξιολόγησε την παρεκκλίνουσα συμπεριφοράς τους, σύμφωνα με το πόσο συχνά οι οδηγοί εκτελούν παραβιάσεις, λάθη και πταίσματα σε μια κλίμακα έξι σημείων (0 = «ποτέ» έως 5 = «σχεδόν όλο τον χρόνο») σε διάφορες καταστάσεις οδήγησης. Τέλος, οι συμμετέχοντες απάντησαν σε ένα ερωτηματολόγιο (Driver Skill Inventory) που μετράει τις αντιληπτικο-κινητικές τους δεξιότητες και τις δεξιότητες ασφάλειας, ζητώντας από τους οδηγούς να εκτιμήσουν πόσο επιδέξιους θεωρούσαν τους εαυτούς τους αλλά και να συγκριθούν με τον μέσο οδηγό σε μια κλίμακα πέντε σημείων (0 = «πολύ κάτω του μέσου όρου» έως 4 = «πολύ άνω του μέσου όρου») σε διάφορες καταστάσεις οδήγησης. Για την ανάλυση των παραπάνω δεδομένων πραγματοποιήθηκε η στατιστική Ανάλυση Ομαδοποίησης και αποκαλύφθηκαν τέσσερις χαρακτηριστικές υπο-ομάδες που διέφεραν ως προς τις δεξιότητες και τη συχνότητα της παρεκκλίνουσας οδηγικής συμπεριφοράς. Οι υπο-ομάδες αυτές διέφεραν επίσης σε μεμονωμένα χαρακτηριστικά, όπως τα ετήσια διανυθέντα χιλιόμετρα, τη συχνότητα των ατυχημάτων και τον αριθμό των κλήσεων.

Αποτελέσματα: Με βάση λοιπόν τις μεταβολές στις αντιληπτικο-κινητικές δεξιότητες, τις δεξιότητες ασφάλειας, τις παραβιάσεις, τα λάθη και τα πταίσματα των οδηγών, οι τέσσερις υπο-ομάδες μπορούν χαρακτηρίστηκαν ως εξής: «Ειδικευμένοι ασφαλείς οδηγοί», «Παραβατικοί ανασφαλείς οδηγοί», «Ανειδίκευτοι ανασφαλείς οδηγοί» και «Ασφαλείς οδηγοί χαμηλής εμπιστοσύνης». Από την ανάλυση προέκυψε ότι η αξιολόγηση της οδηγικής ικανότητας των οδηγών αντικατοπτρίζεται στην παρεκκλίνουσα συμπεριφορά οδήγησης, αφού οι οδηγοί οι οποίοι αναφέρουν χαμηλά επίπεδα δεξιοτήτων οδήγησης, αναφέρουν επίσης υψηλή συχνότητα των αποκλινουσών συμπεριφορών οδήγησης, αλλά και το αντίστροφο.

### 2.3 Συναφείς Μεθοδολογίες

Στο υποκεφάλαιο αυτό, παρουσιάζονται συναφείς μεθοδολογίες που έχουν χρησιμοποιηθεί σε άλλες έρευνες, όσον αφορά την οδική ασφάλεια. Συγκεκριμένα βασίζονται σε προσωπικές εκτιμήσεις των ίδιων των οδηγών μέσω ερωτηματολογίων ή συνεντεύξεων (self-report study) και στην παρατήρηση της συμπεριφοράς των συμμετεχόντων σε κανονικές συνθήκες οδήγησης.

#### 2.3.1 Typology of rated driving and the relationship between self and other driver ratings (Wilson et al., 1984)

Στόχος: Η έρευνα αυτή αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια ώστε να αποκαλυφθεί η σχέση μεταξύ της αυτό-αξιολόγησης του οδηγού και της αξιολόγησής του από άλλους παρατηρητές, σχετικά με την οδική τους ικανότητα. Στο πείραμα συμμετείχαν εθελοντικά 15 γυναίκες και 15 άνδρες οδηγοί.

Μεθοδολογία: Για τις ανάγκες της έρευνας επιλέχθηκαν συνολικά 87 μεταβλητές βάσει προηγούμενων μελετών αξιολόγησης οδηγού. Στην αρχή αποτέλεσαν τη βάση για την ανάπτυξη ερωτηματολογίου αυτο-αξιολόγησης των οδηγών με σκοπό να εκτιμήσουν τις οδηγικές τους ικανότητες και στη συνέχεια για το σχεδιασμό κλιμάκων αξιολόγησης για τους παρατηρητές. Οι συμμετέχοντες, ηλικίας 20 έως 62 ετών, ανταποκρίθηκαν σε ανακοίνωση που

αναρτήθηκε στον χώρο του Τεχνολογικού Ιδρύματος του Cranfield που βρίσκεται στο Ηνωμένο Βασίλειο. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, αρχικά οι οδηγοί κλήθηκαν να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο που περιελάμβανε τις 87 μεταβλητές, όσο πιο σύντομα γινόταν, με βάση την κλίμακα διαβάθμισής του, που αποτελείται από επτά σημεία («Πάντα»=1 μέχρι «Ποτέ»=7). Στη συνέχεια της πειραματικής διαδικασίας οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν στις ίδιες ακριβώς μεταβλητές από τους παρατηρητές. Στη διαδικασία της οδήγησης συμμετείχαν δύο παρατηρητές (μια γυναίκα στο μπροστινό κάθισμα και ένας άνδρας στο πίσω) όπου περιελάμβανε μια διαδρομή 61χλμ. με το όχημα του εκάστοτε συμμετέχοντα, τόσο σε αστικό και υπεραστικό τμήμα της οδού όσο και σε αυτοκινητόδρομο.

Αποτελέσματα: Καλές συσχετίσεις παρατηρήθηκαν μεταξύ των δύο παρατηρητών αλλά και διαφορές στις βαθμολογίες μεταξύ των οδηγών και των παρατηρητών. Οι οδηγοί είχαν την τάση να αξιολογούν τη δική τους οδήγηση χειρότερα από ότι εκτιμήθηκε από τους παρατηρητές. Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η Ανάλυση Παραγόντων (Factor Analysis) και στη συνέχεια εξετάστηκαν οι παράγοντες που οδήγησαν στην ανάπτυξη τριών επιπέδων ταξινόμησης της οδήγησης. Προέκυψε ότι το πιο σημαντικό επίπεδο είναι εκείνο που αφορά την αλληλεπίδραση με άλλους χρήστες του οδικού δικτύου, καθώς αντιπροσωπεύει πάνω από το ήμισυ της παρατηρούμενης διακύμανσης μεταξύ των οδηγών.

### **2.3.2 Naturalistic Validation of an On-Road Driving Test of Older Drivers (Ott et al., 2012)**

Στόχος: Αυτή η έρευνα έχει ως στόχο τη σύγκριση μιας τυποποιημένης δοκιμής επί της οδού σε σχέση με τη νατουραλιστική οδήγηση από ηλικιωμένους, οι οποίοι μπορεί να έχουν κάποια γνωστική δυσλειτουργία. Επιμέρους σκοπός είναι ο καθορισμός των βελτιώσεων που θα μπορούσαν δυνητικά να ενισχύσουν το κύρος των οδικών δοκιμών σε αυτόν τον πληθυσμό.

Μεθοδολογία: Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στην πολιτεία Rhode Island των ΗΠΑ και συμμετείχαν σε αυτό 80 ηλικιωμένοι οδηγοί (38 υγιείς και 42 με νοητική εξασθένηση), ηλικίας 55 έως 80 ετών. Αρχικά, η πρώτη φάση του πειράματος περιελάμβανε μια τυποποιημένη δοκιμή στην οδό, όπου οι

συμμετέχοντες πραγματοποίησαν μια διαδρομή 45 λεπτών σε αστικό τμήμα οδού, χρησιμοποιώντας εκπαιδευτικό όχημα που περιελάμβανε ένα επιπλέον σύστημα πέδησης στη θέση του συνοδηγού. Στο όχημα επέβαινε ο ειδικός αξιολογητής που βαθμολογούσε τους οδηγούς σε 28 οδηγικούς δείκτες σε κλίμακα τριών σημείων, όπου οι υψηλότερες βαθμολογίες αντανακλούν τη χειρότερη απόδοση. Στη συνέχεια, ακολούθησε η δεύτερη φάση του πειράματος, αυτή της νατουραλιστικής οδήγησης. Τοποθετήθηκαν ειδικές κάμερες στα οχήματα των συμμετεχόντων, οι οποίες κατέγραψαν συνολικά 4 ώρες οδήγησης σε περίοδο δύο εβδομάδων. Για τη μεγιστοποίηση της συγκρισιμότητας των αξιολογήσεων, η βαθμολόγηση πραγματοποιήθηκε από τον ειδικό αξιολογητή της πρώτης φάσης. Για τη σύγκριση των δύο αξιολογήσεων πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση μέσω της Ανάλυσης Παραγόντων (Factor Analysis).

Αποτελέσματα: Η Ανάλυση Παραγόντων για την πρώτη φάση του πειράματος ήταν μονοδιάστατη, αντανακλώντας ένα σημαντικό παράγοντα που σχετίζεται με την ευαισθητοποίηση της σήμανσης και την οδηγική συμπεριφορά. Αντίθετα, η ανάλυση της νατουραλιστικής οδήγησης αντικατοπτρίζεται σε δύο παράγοντες που σχετίζονται με την ορθή διατήρηση λωρίδας και με την ικανότητα του οδηγού να ανταποκριθεί στην κυκλοφορία. Συμπερασματικά η ορθή διατήρηση λωρίδας είναι μια σημαντική διάσταση οδηγικής ασφάλειας στην οποία συνήθως δε δίνεται έμφαση κατά τη διάρκεια των διαδικασιών αξιολόγησης.

### **2.3.3 How accurately do drivers evaluate their own driving behavior? An on-road observational study (Amado et al., 2014)**

Στόχος: Η παρούσα μελέτη έχει ως στόχο να διερευνήσει την αντίληψη των οδηγών σχετικά με τις οδηγικές τους ικανότητες αλλά και την οδηγική τους συμπεριφορά με βάση τις εκτιμήσεις των εμπειρογνομόνων σε συνθήκες πραγματικής οδήγησης. Αυτό επιτεύχθηκε χρησιμοποιώντας μια συστηματική μέθοδο παρατήρησης κατά τη διάρκεια της οδήγησης και με αυτό τον τρόπο αξιολογήθηκαν διάφορες πτυχές της οδήγησης μέσω ολοκληρωμένων κλιμάκων.

Μεθοδολογία: Η έρευνα πήρε μέρος στη Σμύρνη της Τουρκίας και βασίστηκε σε 158 συμμετέχοντες, όλοι άνδρες που η ηλικία τους κυμαινόταν από 19 έως 63 ετών. Τα δεδομένα λήφθηκαν από μια διαδρομή 45χλμ. που περιελάμβανε διαφορετικά είδη δρόμων και διήρκεσε περίπου 80 λεπτά. Για την αξιοπιστία των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν δύο εμπειρογνώμονες παρατηρητές, οι οποίοι κλήθηκαν να συμπληρώσουν το έντυπο παρατήρησης του οδηγού κατά τη διάρκεια της οδήγησης, που περιείχε οκτώ διαστάσεις ικανές να περιγράψουν την οδηγική συμπεριφορά (σφάλματα/παραβιάσεις που αφορούσαν την ταχύτητα, τις αποστάσεις, τον φωτεινό σηματοδότη, τους πεζούς κ.α.). Μετά τη διεξαγωγή του πειράματος συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο αξιολόγησης του οδηγού, βαθμολογώντας με 18 δείκτες την απόδοση των συμμετεχόντων σε σχέση με τις παραβιάσεις, τον τρόπο οδήγησης και τις ικανότητες του οδηγού. Στη συνέχεια το ίδιο ερωτηματολόγιο δόθηκε στους συμμετέχοντες με σκοπό να αξιολογήσουν τον εαυτό τους και τέλος ακολούθησε ένα ακόμη ερωτηματολόγιο για να χαρακτηρίσουν την οδηγική τους συμπεριφορά.

Αποτελέσματα: Μικρές συσχετίσεις καταγράφηκαν μεταξύ των αξιολογήσεων των δεξιοτήτων οδήγησης και συμπεριφοράς, του οδηγού και του παρατηρητή, κυρίως σχετικά με τα σφάλματα και τις παραβιάσεις που αφορούσαν την ταχύτητα και τους φωτεινούς σηματοδότες. Επιπλέον ισχυρή διαπίστωση αποτέλεσε ότι οι οδηγοί αξιολόγησαν καλύτερα τις οδηγικές τους επιδόσεις σε σύγκριση με αυτές που κατέγραψε ο εμπειρογνώμονας παρατηρητής. Τέλος εκτιμήθηκε ότι οι οδηγοί που βαθμολόγησαν τους εαυτούς τους με την υψηλότερη βαθμολογία, όσον αφορά σφάλματα και παραβιάσεις, ήταν εκείνοι που χαρακτηρίστηκαν από τον εμπειρογνώμονα ως "μη ασφαλείς".

#### **2.3.4 Safe mobility for elderly drivers - Considerations based on expert and self-assessment (Broberg et al., 2014)**

Στόχος: Σε αυτή την έρευνα γίνεται μια προσπάθεια να εντοπιστούν οι διάφοροι παράγοντες που είναι απαραίτητοι για τη δημιουργία ασφαλούς κινητικότητας για τους ηλικιωμένους οδηγούς. Αυτό επιτυγχάνεται συγκρίνοντας την αντίληψη των οδηγών για την οδική τους απόδοση με την αξιολόγηση ειδικών εμπειρογνομένων.

Μεθοδολογία: Στην έρευνα, που διεξήχθη στη Στοκχόλμη της Σουηδίας, πήραν μέρος 40 οδηγοί, εκ των οποίων 19 γυναίκες (Μ.Ο. ηλικίας 74.8 έτη) και 21 άνδρες (Μ.Ο. ηλικίας 79.9 έτη). Η διαδικασία περιελάμβανε τρία μέρη. Ξεκινώντας οι συμμετέχοντες πήραν μέρος σε οπτικές και γνωστικές δοκιμασίες με σκοπό να διαπιστωθούν τυχόν προβλήματα όρασης ή νοητικές αναπηρίες, διότι κάτι τέτοιο θα είχε σημαντικό αντίκτυπο στις οδηγικές επιδόσεις. Στη συνέχεια, ακολούθησε μια διαδρομή 45 λεπτών σε συνθήκες κανονικής οδήγησης, όπου οι εμπειρογνώμονες αξιολόγησαν τους συμμετέχοντες στις εξής βασικές κατηγορίες: ελιγμοί οχήματος, προσοχή, τοποθέτηση στο οδόστρωμα, προσαρμογή της ταχύτητας, αλληλεπίδραση στην κυκλοφορία και το σχεδιασμό. Τέλος η διαδικασία ολοκληρώθηκε με μια σε βάθος συνέντευξη, διάρκειας 30-45 λεπτών, από ειδικούς ερευνητές με σκοπό να χαρακτηρίσουν οι συμμετέχοντες τον εαυτό τους ως καλοί ή κακοί οδηγοί.

Αποτελέσματα: Με βάση τα παραπάνω εντοπίστηκαν τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες οδηγών, που δηλώνουν την επάρκεια τους στις οδηγικές ικανότητες. Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων αυτοαξιολογήθηκαν ως καλοί οδηγοί. Παρόλα αυτά η αξιολόγηση από τους ειδικούς εμπειρογνώμονες έδειξε ότι οι περισσότεροι συμμετέχοντες είχαν θέμα στην προσαρμογή της ταχύτητας και οδηγούσαν πολύ γρήγορα, ειδικά στο τμήμα της οδού που δεν παρουσίαζε στροφές. Ένα ακόμη σημαντικό σημείο που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι οι οδηγοί αναζητούσαν την προσοχή των άλλων χρηστών του οδικού δικτύου σε διασταυρώσεις και κυκλικούς κόμβους. Τέλος, παρατηρήθηκε μία διαφορά στη συμπεριφορά των οδηγών που χαρακτήρισαν την οδηγική τους ικανότητα επαρκώς καλά σε σχέση με εκείνους που υπερεκτίμησαν τις ικανότητες τους, κάτι που υποδηλώνει ότι η πτυχή της στάσης είναι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας προς εξέταση.

## 2.4 Σύνοψη

Οι εργασίες, οι οποίες εξετάστηκαν παραπάνω, καλύπτουν ευρύ φάσμα αναλύσεων, σχετικών με τα χαρακτηριστικά του οδηγού και πως αυτά σχετίζονται με τις επιδόσεις ασφαλείας του. Από τη σύνθεση των βασικών τους αποτελεσμάτων, προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Οι διάφορες μορφές σφάλματος μπορούν να προκαθορίσουν την τυχούσα παραβατική συμπεριφορά του οδηγού.
- Τα λάθη αυτά και οι παραβιάσεις κρίνονται ως καθοριστικοί παράγοντες στη δομή της παραβατικής συμπεριφοράς.
- Για αυτό τον λόγο έχουν καταβληθεί προσπάθειες δημιουργίας ενός δείκτη επικινδυνότητας του οδηγού με σκοπό την αξιολόγηση της επίδρασης των χαρακτηριστικών του οδηγού όσον αφορά στην ασφάλεια.
- Σύμφωνα με τις έρευνες που εξετάστηκαν, η χρήση του δείκτη επικινδυνότητας μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό και στον προσδιορισμό ομάδων οδηγών υψηλού κινδύνου, δηλαδή άτομα επιρρεπή στις παραβάσεις.
- Επίσης από την πλειονότητα των ερευνητών έχουν χρησιμοποιηθεί τα δύο πιο σημαντικά μέτρα αυτό-αναφοράς που αποκαλύπτουν την οδηγική συμπεριφορά και δεξιότητα. Αυτά είναι το Ερωτηματολόγιο Οδηγικής Συμπεριφοράς (DBQ) και η Απογραφή της Οδηγικής Ικανότητας (DSI).
- Για να διαπιστωθεί όμως η ακρίβεια των ανωτέρω αποτελεσμάτων έχει κριθεί σκόπιμο από πολλούς ερευνητές να συσχετίζουν την αυτο-αναφερόμενη συμπεριφορά των οδηγών με αξιολόγηση από ειδικούς εμπειρογνώμονες.
- Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται από τους περισσότερους ερευνητές η Ανάλυση Παραγόντων (Factor Analysis) με σκοπό τη μείωση δεδομένων και τον καθορισμό των κυριότερων παραγόντων, που περιγράφουν επαρκώς την οδηγική συμπεριφορά.
- Ορισμένοι ερευνητές ακολουθούν διαφορετική μέθοδο ανάλυσης, εκείνη της Ανάλυσης Ομαδοποίησης (Cluster Analysis), η οποία κατατάσσει τις παρατηρήσεις σε δύο ή περισσότερες αμοιβαία αποκλειόμενες άγνωστες ομάδες και βασίζεται σε συνδυασμούς

μεταβλητών. Αυτό βοηθά στην κατάταξη των συμμετεχόντων κυρίως σε «ασφαλείς» και «μη ασφαλείς» ή «εξειδικευμένους» και «ανειδίκευτους» οδηγούς.

- Από τις παραπάνω μεθόδους ανάλυσης, τα αποτελέσματα ήταν συνήθως αναμενόμενα, καθώς οι οδηγοί που βαθμολόγησαν τους εαυτούς τους με την υψηλότερη βαθμολογία, όσον αφορά σε σφάλματα και παραβιάσεις, ήταν εκείνοι που χαρακτηρίστηκαν από τον εμπειρογνώμονα ως «μη ασφαλείς».
- Τέλος, ενδιαφέρον παρουσίασαν ορισμένες έρευνες που διαπίστωσαν ότι ενώ η πλειοψηφία των οδηγών αυτοαξιολογήθηκαν ως καλοί οδηγοί, οι ειδικοί εμπειρογνώμονες παρατήρησαν στους οδηγούς αυτούς προβλήματα προσαρμογής στην ταχύτητα και παραβιάσεις που αφορούσαν στους φωτεινούς σηματοδότες.

Συμπερασματικά, τα παρόντα ευρήματα υπογραμμίζουν την ανάγκη να εξεταστούν περαιτέρω οι δείκτες οδικής ασφάλειας, μέσα από αξιολογήσεις σε κανονικές συνθήκες οδήγησης, και να συσχετιστούν με τα χαρακτηριστικά του οδηγού, ώστε να στοχευθούν συγκεκριμένες προβληματικές ομάδες του πληθυσμού με γνώμονα τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας σε εθνικό επίπεδο.



### 3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

#### 3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο επιδιώκεται η περιγραφή του θεωρητικού υποβάθρου, στο οποίο θα βασιστεί η ανάλυση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας. Ειδικότερα, παρουσιάζεται το **πλαίσιο της μεθοδολογίας**, στο οποίο θα στηριχθεί η **συσχέτιση χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού**, με τη χρήση μαθηματικού προτύπου. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας είναι αναγκαία η ανάλυση πολλών συσχετιζόμενων τυχαίων μεταβλητών ταυτόχρονα, κάθε μία από τις οποίες θεωρείται εξ' ίσου σημαντική με τις υπόλοιπες. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Αρχικά αναλύεται η μέθοδος της ανάλυσης παραγόντων (Factor Analysis), καθώς και της ανάλυσης ομάδων (Cluster Analysis), και στη συνέχεια παρουσιάζονται όλα τα επιμέρους στοιχεία του επιλεγθέντος μαθηματικού προτύπου. Τέλος γίνεται μια αναφορά στον τρόπο ελέγχου της ισχύος των προϋποθέσεων χρήσης του μαθηματικού προτύπου.

#### 3.2 Βασικές Έννοιες Στατιστικής

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

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

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

- **Ποιοτικές μεταβλητές** (qualitative variables). Είναι οι μεταβλητές των οποίων οι δυνατές τιμές δεν είναι αριθμητικές, αλλά αποτελούν περιγραφές με τη χρήση ονομάτων. Η χρήση αριθμών για την παράσταση των τιμών μίας τέτοιας μεταβλητής είναι καθαρά ενδεικτική και δεν έχει την έννοια της μέτρησης.
- **Ποσοτικές μεταβλητές** (quantitative variables). Είναι οι μεταβλητές με τιμές αριθμούς, που όμως έχουν τη σημασία της μέτρησης. Οι ποσοτικές μεταβλητές διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες τις διακριτές και τις συνεχείς. Σε μία διακριτή μεταβλητή η μικρότερη μη μηδενική διαφορά που μπορούν να έχουν δύο τιμές είναι σταθερή ποσότητα. Αντίθετα σε μια συνεχή μεταβλητή δύο τιμές μπορούν να διαφέρουν κατά οποιαδήποτε μικρή ποσότητα. Στην πράξη, συνεχής θεωρείται μια μεταβλητή όταν μπορεί να πάρει όλες τις τιμές σε ένα διάστημα, διαφορετικά θεωρείται διακριτή.

**Μέτρα κεντρικής τάσης** (measures of central tendency): Σε περίπτωση ανάλυσης ενός δείγματος  $x_1, x_2, \dots, x_n$  η μέση τιμή υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{n} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i$$

**Μέτρα διασποράς και μεταβλητότητας** (measures of variability): Στην περίπτωση όπου τα δεδομένα αποτελούν ένα δείγμα. Η διακύμανση συμβολίζεται με  $s^2$  και διαιρείται με  $(n-1)$ :

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

όπου  $\bar{x}$  ο δειγματικός μέσος, δηλαδή η μέση τιμή των παρατηρήσεων στο δείγμα.

Η μαθηματική σχέση που δίνει την τυπική απόκλιση του δείγματος είναι:

$$s = (s^2)^{1/2} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^v (x_i - \bar{x})^2}{v - 1} \right]^{1/2}$$

Για την περίπτωση συμμετρικά κατανεμημένου δείγματος δεδομένων. Σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα προκύπτει ότι το διάστημα:

- $(-s, +s)$  περιέχει περίπου το 68% των δεδομένων
- $(-2s, +2s)$  περιέχει περίπου το 95% των δεδομένων
- $(-3s, +3s)$  περιέχει το 99% των δεδομένων

**Συνδιακύμανση** (covariance of the two variables): Αποτελεί ένα μέτρο της σχέσης μεταξύ δύο περιοχών δεδομένων.

$$Cov(X, Y) = \left[ \frac{1}{v-1} \right] \sum_{i=1}^v [(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]$$

### Μέτρα αξιοπιστίας

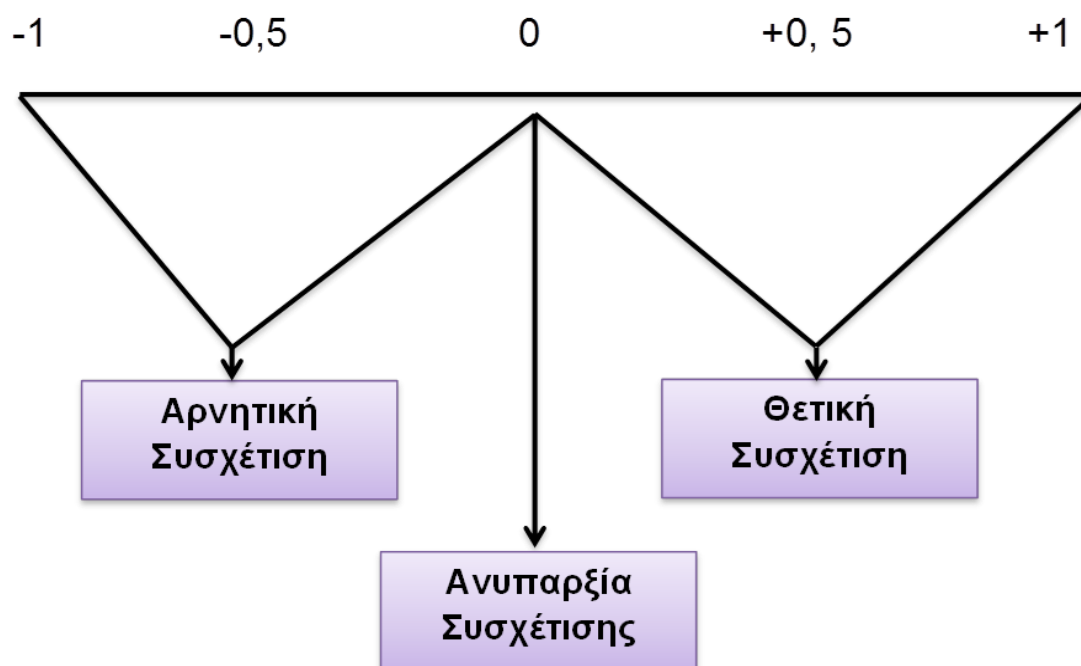
- **Επίπεδο εμπιστοσύνης:** η αναλογία των περιπτώσεων που μια εκτίμηση θα είναι σωστή.
- **Επίπεδο σημαντικότητας:** η αναλογία των περιπτώσεων που ένα συμπέρασμα είναι εσφαλμένο.

### 3.3 Συσχέτιση μεταβλητών - Συντελεστής Συσχέτισης

Για την επεξήγηση της συσχέτισης μεταβλητών θεωρούνται δύο τυχαίες και συνεχείς μεταβλητές  $X$ ,  $Y$ . Ο βαθμός της γραμμικής συσχέτισης των δύο αυτών μεταβλητών  $X$  και  $Y$  με διασπορά  $\sigma_X^2$  και  $\sigma_Y^2$  αντίστοιχα και συνδιασπορά  $\sigma_{XY} = Cov[X, Y]$  καθορίζεται με τον **συντελεστή συσχέτισης** (correlation coefficient)  $\rho$ , που ορίζεται ως εξής:

$$\rho = \left( \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X} \right) \left( \frac{1}{\sigma_Y} \right)$$

Ο συντελεστής συσχέτισης  $\rho$  εκφράζει τον βαθμό και τον τρόπο που οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται. Δεν εξαρτάται από την μονάδα μέτρησης των  $X$  και  $Y$  και παίρνει τιμές στο διάστημα  $[-1,1]$ . Τιμές κοντά στο 1 δηλώνουν ισχυρή θετική συσχέτιση, τιμές κοντά στο -1 δηλώνουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση και τιμές κοντά στο 0 δηλώνουν γραμμική ανεξαρτησία των  $X$  και  $Y$ , όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



**ΕΙΚΟΝΑ 3.1:** Επεξήγηση πιθανών τιμών του Συντελεστή Συσχέτισης

**ΠΗΓΗ:** Σύγγραμμα «Εφαρμογή Μεθόδων Ανάλυσης στην Έρευνα Αγοράς», (Σιώμκος Γ., Βασιλακοπούλου Α., 2005)

Η εκτίμηση του συντελεστή συσχέτισης  $\rho$  γίνεται με την αντικατάσταση στην ανωτέρω εξίσωση της συνδιασποράς  $\sigma_{XY}$  και των διασπορών  $\sigma_X$ ,  $\sigma_Y$ , από όπου προκύπτει τελικά η έκφραση της εκτιμήτριας  $r$  :

$$r(X, Y) = \frac{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]}{[(\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2)^{1/2} (\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2)^{1/2}]}$$

### 3.4 Βασικές Κατανομές

Όπως είναι γνωστό από τη θεωρία της στατιστικής για να μελετηθούν τα διάφορα στατιστικά μεγέθη πρέπει να είναι γνωστή η **μορφή της κατανομής** που ακολουθούν. Παρακάτω παρατίθενται οι σημαντικότερες στατιστικές κατανομές που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση της οδηγικής συμπεριφοράς.

#### 3.4.1 Κανονική Κατανομή

Από τις πιο σημαντικές κατανομές πιθανότητας η οποία αφορά **συνεχείς μεταβλητές** είναι η κανονική κατανομή ή κατανομή του Gauss. Μια συνεχής τυχαία μεταβλητή  $X$  θεωρείται ότι ακολουθεί την κανονική κατανομή με παραμέτρους  $\mu$ ,  $\sigma$  ( $-\infty < \mu < +\infty$ ,  $\sigma > 0$ ), και γράφεται  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ , όταν έχει συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας την:

$$f(x) = \left( \frac{1}{(2\pi\sigma)^{1/2}} \right) e^{[-(x-\mu)^2/2\sigma^2]}$$

όπου  $\mu$  και  $\sigma$  είναι σταθερές ίσες με τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση αντίστοιχα.

#### 3.4.2 Κατανομή Poisson

Αντίστοιχα, η κατανομή που εφαρμόζεται συνήθως σε **διακριτές μεταβλητές**, είναι η κατανομή Poisson. Μια τυχαία μεταβλητή  $X$  θεωρείται ότι ακολουθεί κατανομή Poisson με παράμετρο  $\lambda$  ( $\lambda > 0$ ), και γράφεται  $X \sim P(\lambda)$ , όταν έχει συνάρτηση μάζας πιθανότητας την:

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

όπου  $x=0, 1, 2, 3, \dots$  και  $x! = x \cdot (x-1) \cdot \dots \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$

Η μέση τιμή και η διασπορά κατά Poisson είναι  $E\{x\} = \mu$  και  $\sigma^2 \{x\} = \mu$  και είναι ίσες μεταξύ τους.

### 3.5 Μέθοδοι Ανάλυσης

#### 3.5.1 Ανάλυση Παραγόντων (Factor Analysis)

Η ανάλυση παραγόντων (factor analysis) είναι μια στατιστική μέθοδος που έχει ως στόχο τη δημιουργία κρυφών, μη παρατηρήσιμων ποσοτήτων που ονομάζονται **παράγοντες**. Το παραγοντικό μοντέλο στηρίζεται στην υπόθεση ότι οι μεταβλητές μπορούν να ομαδοποιηθούν με βάση τις συσχετίσεις που υπάρχουν μεταξύ τους. Έτσι, όλες οι μεταβλητές που βρίσκονται μέσα στην ίδια ομάδα είναι υψηλά συσχετισμένες μεταξύ τους, αλλά έχουν σχετικά μικρές συσχετίσεις με τις μεταβλητές διαφορετικών ομάδων. Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό, ότι κάθε ομάδα μεταβλητών αναπαριστά έναν κρυφό παράγοντα, που ευθύνεται για τις παρατηρούμενες συσχετίσεις. Με την παραγοντική ανάλυση επιχειρείται να συνδεθούν οι μη παρατηρούμενες μεταβλητές (παράγοντες ή συνιστώσες), με μεταβλητές που παρατηρούνται και για τις οποίες υπάρχουν μετρήσεις, επιτυγχάνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο και μια ομαδοποίηση των παρατηρούμενων μεταβλητών σε κοινές συνιστώσες.

Για την απόκτηση εκτιμητών των κυρίων παραγόντων υπάρχουν διάφορες μέθοδοι όπως η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες, η παραγοντοποίηση σε κύριους άξονες, η άλφα παραγοντοποίηση, η παραγοντοποίηση των απεικονισμένων μεταβλητών, η παραγοντοποίηση των μη σταθμισμένων ελαχίστων τετραγώνων, η παραγοντοποίηση των γενικευμένων ελαχίστων τετραγώνων και η μέθοδος της μεγίστης πιθανοφάνειας. Οι πλέον διαδεδομένες μέθοδοι για την εξαγωγή παραγόντων είναι η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες και η μέθοδος μεγίστης πιθανοφάνειας. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται η **ανάλυση σε κύριες συνιστώσες** διότι αποτελεί την καλύτερη μέθοδο για τη μείωση του αριθμού των μεταβλητών.

### 3.5.1.1 Το υπόδειγμα της Παραγοντικής Ανάλυσης

Η μέθοδος των κύριων συνιστωσών καθώς και οι άλλες αναλύσεις παραγόντων τοποθετούνται συχνά κάτω από το φάσμα της Ανάλυσης Παραγόντων (Factor Analysis). Παρόλο που βασίζονται σε διαφορετικά πρότυπα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα ίδια δεδομένα, ενώ και τα δύο παράγουν παρόμοια αποτελέσματα. Οι διαδικασίες αυτές χρησιμοποιούνται συχνά σε διερευνητικές αναλύσεις δεδομένων για:

- **Μελέτη των συσχετίσεων** ανάμεσα σε έναν μεγάλο αριθμό από αλληλοσυσχετισμένες και ποσοτικές μεταβλητές ομαδοποιώντας τις σε μερικούς παράγοντες. Μετά την ομαδοποίηση οι μεταβλητές μέσα σε κάθε παράγοντα είναι πιο στενά συσχετισμένες με μεταβλητές του ίδιου παράγοντα από ότι με μεταβλητές άλλων παραγόντων.

- **Ερμηνεία κάθε παράγοντα** σύμφωνα με τη σημασία των μεταβλητών. Για παράδειγμα, οι απαντήσεις σε μία ομάδα ερωτήσεων που ομαδοποιούνται μαζί, μπορεί να αποτελέσουν μέτρο της ικανοποίησης του ερωτηθέντος με ένα προϊόν.

- **Σύμπτυξη πολλών μεταβλητών** από λίγους παράγοντες. Το εξειδικευμένο λογιστικό πρόγραμμα μπορεί να υπολογίσει μια διαβάθμιση για κάθε παράγοντα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μεταβλητή εισόδου για t-test, παλινδρόμηση, ανάλυση διακύμανσης, ανάλυση διακριτότητας ή ανάλυση κατά συστάδες. Για το λόγο αυτό η Ανάλυση Παραγόντων βοηθά κάποιον να εξηγήσει και να κατανοήσει τη δομή του πίνακα συσχέτισης (Correlation Matrix).

#### **Βήματα στην Ανάλυση Παραγόντων**

Υπάρχουν **τέσσερα κύρια βήματα** στην Ανάλυση Παραγόντων, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω: (SPSS Professional Statistics 21.0).

1. Υπολογίζεται ο **πίνακας συσχέτισης**. Αν μία μεταβλητή έχει πολύ μικρή συσχέτιση με όλες τις άλλες, μπορεί να απαλειφθεί στο επόμενο τρέξιμο. Ούτως η άλλως πρέπει να ελεγχθεί η βαρύτητά της.

2. Εκτιμάται η **βαρύτητα των παραγόντων**. Εδώ, αποφασίζεται αν η μέθοδος της εξαγωγής των παραγόντων αποτελεί κύρια συνιστώσα ή μία από τις μεθόδους απαλοιφής της Ανάλυσης Παραγόντων. Συνίσταται το ξεκίνημα με κύριες συνιστώσες.

3. Η κάθε βαρύτητα εναλλάσσεται για να γίνει περισσότερο **αποσαφηνισμένη**. Η μέθοδος εναλλαγής κάνει τη βαρύτητα κάθε παράγοντα είτε μεγάλη, είτε μικρή, όχι όμως ενδιάμεση. Έπειτα δε από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων αυτών, ίσως υπάρξει απαίτηση για λιγότερους παράγοντες από ότι αν η επιλογή γινόταν ερήμην των αποτελεσμάτων.

4. Σε κάθε περίπτωση, **τα αποτελέσματα** μπορούν να εμφανιστούν για κάθε παράγοντα και να αποθηκευτούν για χρήση ως μεταβλητές εισόδου σε άλλες διαδικασίες. Μπορεί επίσης να γίνει χρήση αποτελεσμάτων που έχουν σωθεί, για τον προσδιορισμό των ακραίων τιμών των μεταβλητών.

Ενώ οι συνιστώσες είναι γραμμικοί συνδυασμοί των παρατηρούμενων μεταβλητών, οι παράγοντες είναι γραμμικοί συνδυασμοί των μη παρατηρούμενων μεταβλητών. Το σύνηθες μοντέλο της Ανάλυσης Παραγόντων εκφράζει κάθε μία μεταβλητή ως λειτουργία κοινών παραγόντων σε διάφορες μεταβλητές, με έναν παράγοντα μοναδικό στη μη εξαρτημένη μεταβλητή:

$$Z_j = a_{j1} \cdot F_1 + a_{j2} \cdot F_2 + \dots + a_{jm} \cdot F_m + U_j$$

Όπου:

- $Z_j$  = η j στη μη εξαρτημένη μεταβλητή
- $F_i$  = οι κοινοί παράγοντες
- $m$  = ο αριθμός των παραγόντων που είναι κοινές σε όλες τις μεταβλητές
- $U_j$  = ο παράγοντας που είναι μοναδικός στη μεταβλητή  $Z_j$



- $a_{ji}$  = η βαρύτητα των παραγόντων

Ιδεατά, ο αριθμός των παραγόντων  $m$ , θα είναι μικρός και η κατανομή των μοναδικών παραγόντων θα είναι επίσης μικρή. Η βαρύτητα του κάθε παράγοντα  $a_{ji}$  για κάθε μεταβλητή θα πρέπει να είναι είτε πολύ μεγάλη, είτε πολύ μικρή, έτσι ώστε κάθε μεταβλητή να συνδέεται με έναν ελάχιστο αριθμό παραγόντων. Για το λόγο αυτό είναι επιθυμητή η εξήγηση των παρατηρούμενων συσχετίσεων με τη χρήση όσο το δυνατόν λιγότερων παραγόντων. Οι μοναδικοί παράγοντες ( $U_j$ ) πρέπει να είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους και με τους κοινούς παράγοντες.

### 3.5.1.2 Κριτήρια επιλογής κύριων συνιστωσών

- ✓ Επιλέγονται τόσες συνιστώσες όσες εξηγούν ένα **μεγάλο ποσοστό από τη συνολική διακύμανση**. Το ποσοστό αυτό εξαρτάται τόσο από το περιεχόμενο και τις απαιτήσεις της ανάλυσης. Ένα ικανοποιητικό ποσοστό θεωρείται να διατηρηθούν τόσες συνιστώσες ώστε να καλύπτεται το 70% της διακύμανσης.
- ✓ Οι **Guttman και Kaiser** πρότειναν η επιλογή του αριθμού των συνιστωσών να γίνεται σύμφωνα με το αν οι χαρακτηριστικές τιμές τους είναι ίσες ή μεγαλύτερες της μονάδας. Ο **Jolliffe** πρότεινε να επιλέγονται όσες συνιστώσες έχουν χαρακτηριστικές τιμές μεγαλύτερες ή ίσες με το 0,70.
- ✓ Χρήση του **Scree test**. Το τρίτο κριτήριο επιλογής, σύμφωνα με τον Cattell συνίσταται στον έλεγχο της ομαλής μεταβολής της κλίσης, σύμφωνα με τον οποίο ο αριθμός των απαιτούμενων κύριων συνιστωσών είναι αυτός μετά τον οποίο υπάρχει τάση ευθυγράμμισης της γραμμής που ενώνει τις τιμές των χαρακτηριστικών τιμών του αρχικού πίνακα των κύριων συνιστωσών.

- ✓ Εξαρτάται από το κατά πόσο και ποιές από τις κύριες συνιστώσες-παράγοντες έχουν **λογική και χρήσιμη ερμηνεία**.

### 3.5.1.3 Έλεγχος καταλληλότητας εφαρμογής της παραγοντικής ανάλυσης

- Οι συντελεστές μερικής συσχέτισης μεταξύ των ζευγών μεταβλητών πρέπει να είναι χαμηλοί. Ο συντελεστής μερικής συσχέτισης μεταξύ δυο μεταβλητών μετρά τη συσχέτιση τους μετά την αφαίρεση της επίδρασης των υπόλοιπων μεταβλητών. Εδώ οι συντελεστές μερικής συσχέτισης είναι εκτιμητές των συσχετίσεων μεταξύ των παραγόντων και αναμένεται να προσεγγίζουν το μηδέν, δεδομένων των προϋποθέσεων της παραγοντικής ανάλυσης ότι οι χαρακτηριστικοί παράγοντες των μεταβλητών είναι ασυσχέτιστοι μεταξύ τους αλλά και με τους κοινούς παράγοντες.

- Δείκτης **Kaiser-Meyer-Olkin** (ΚΜΟ), που συγκρίνει τα μεγέθη των παρατηρούμενων συντελεστών συσχέτισης προς τους συντελεστές μερικής συσχέτισης. Μικρές τιμές του δείκτη δηλώνουν ότι η παραγοντική ανάλυση δεν είναι κατάλληλη τεχνική για τα δεδομένα. Αποδεκτές είναι συνήθως τιμές μεγαλύτερες του 0,50.

- Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών θα πρέπει να είναι υψηλοί. Εάν οι συσχετίσεις είναι χαμηλές είναι σχεδόν αδύνατο οι μεταβλητές να μοιράζονται κοινούς παράγοντες. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ο έλεγχος σφαιρικότητας του Bartlett για τον έλεγχο ότι ο πίνακας συσχετίσεων δεν είναι ταυτοτικός, δηλαδή ότι τα διαγώνια στοιχεία της δεν είναι μονάδες και τα εκτός της διαγωνίου μηδενικά. Ο Δείκτης **Bartlett's Test of Sphericity** αξιολογεί το κατά πόσο οι συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών επιτρέπουν την εφαρμογή της ανάλυσης παραγόντων ( **$p < 0.05$** ).

### 3.5.2 Ανάλυση ομαδοποίησης (Cluster Analysis)

Η ανάλυση ομάδων ή ανάλυση κατά συστάδες (cluster analysis) είναι μια μέθοδος που κατατάσσει τις παρατηρήσεις σε δύο ή περισσότερες αμιβαία αποκλειόμενες άγνωστες ομάδες και βασίζεται σε συνδυασμούς μεταβλητών. Ο σκοπός της ανάλυσης ομάδων είναι η ανακάλυψη ενός συστήματος διαχωρισμού των παρατηρήσεων σε ομάδες, των οποίων τα μέλη έχουν κοινά χαρακτηριστικά.

Η ανάλυση ομάδων χρησιμοποιείται για να ομαδοποιήσει ή να τμηματοποιήσει τις παρατηρήσεις έτσι ώστε:

- Κάθε ομάδα να είναι ομοιογενής με βάση κάποια χαρακτηριστικά έτσι ώστε οι παρατηρήσεις να είναι όμοιες μεταξύ τους.
- Κάθε ομάδα να είναι διαφορετική από την άλλη με βάση τα χαρακτηριστικά τους.

### 3.6 Μαθηματικά Πρότυπα

Ο κλάδος της στατιστικής, ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη της μιας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis). Με τον όρο εξαρτημένη μεταβλητή εννοείται η μεταβλητή της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ με τον όρο ανεξάρτητη γίνεται αναφορά σε εκείνη τη μεταβλητή, η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία, αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές. Η εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται τυχαία και «καθοδηγείται» από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Προκειμένου να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών προκάλεσε τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων.

Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μια στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ

των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Επισημαίνεται ότι η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές ή διακριτό μέγεθος.

### 3.6.1 Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές μέγεθος και ακολουθεί την κανονική κατανομή, μία από τις πλέον διαδεδομένες στατιστικές τεχνικές είναι η γραμμική παλινδρόμηση. Η απλούστερη περίπτωση γραμμικής παλινδρόμησης είναι η **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (simple linear regression).

Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση υπάρχει μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή  $X$  και μία εξαρτημένη μεταβλητή  $Y$ , που προσεγγίζεται ως μια γραμμική συνάρτηση του  $X$ . Η τιμή  $y_i$  της  $Y$ , για κάθε τιμή  $x_i$  της  $X$ , δίνεται από τη σχέση:

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

Το πρόβλημα της γραμμικής παλινδρόμησης είναι η εύρεση των παραμέτρων  $a$  και  $\beta$  που εκφράζουν καλύτερα τη γραμμική εξάρτηση της  $Y$  από τη  $X$ . Κάθε ζεύγος τιμών ( $a$ ,  $\beta$ ) καθορίζει μια διαφορετική γραμμική σχέση που εκφράζεται γεωμετρικά από ευθεία γραμμή και οι δύο παράμετροι ορίζονται ως εξής:

- Ο σταθερός όρος  $a$  είναι η τιμή του  $y$  για  $x=0$ .
- Ο συντελεστής  $\beta$  του  $x$  είναι η κλίση (slope) της ευθείας ή αλλιώς ο **συντελεστής παλινδρόμησης** (regression coefficient). Εκφράζει τη μεταβολή της μεταβλητής  $Y$  όταν η μεταβλητή  $X$  μεταβληθεί κατά μία μονάδα.

Ο όρος  $\varepsilon_i$  ονομάζεται **σφάλμα παλινδρόμησης** (regression error). Στην πράξη ο γραμμικός προσδιορισμός που επιτυγχάνεται μέσω της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης μπορεί μόνο να προσεγγίσει την πραγματική μαθηματική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών  $X$  και  $Y$ . Έτσι, είναι απαραίτητο να συμπεριληφθεί στο μοντέλο ο όρος του σφάλματος  $\varepsilon_i$ . Αυτό γίνεται τόσο για να αντιπροσωπευθούν στο μοντέλο τυχόν παραληφθείσες μεταβλητές, όσο και για να ληφθεί υπόψη κάθε σφάλμα προσέγγισης που

σχετίζεται με τη γραμμική συναρτησιακή μορφή (Σταθόπουλος και Καρλαύτης, 2008). Το  $\varepsilon_i$  μπορεί συχνά να αναφέρεται και ως σφάλμα, απόκλιση, υπόλοιπο κλπ.

### 3.6.2 Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση

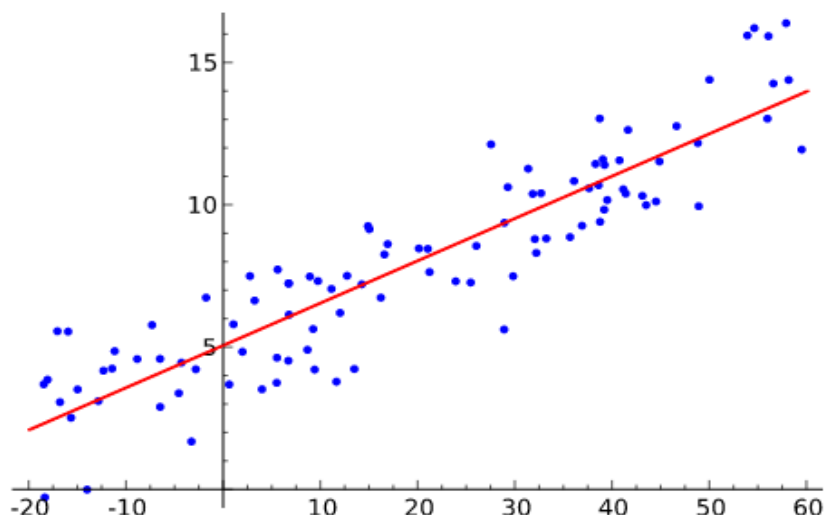
Στην περίπτωση που η τυχαία μεταβλητή  $Y$  εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία μεταβλητές  $X$  ( $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ ), γίνεται αναφορά στην **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** (multiple linear regression). Η εξίσωση που περιγράφει τη σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών είναι η εξής:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 * x_{1i} + \beta_2 * x_{2i} + \beta_3 * x_{3i} + \beta_k * x_{ki} + \varepsilon_i$$

Γενικά, το πρόβλημα και η εκτίμηση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης δεν διαφέρει ουσιαστικά από εκείνο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Ένα καινούριο στοιχείο στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι ότι πριν προχωρήσει κανείς στην εκτίμηση των παραμέτρων πρέπει να ελέγξει εάν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο. Εκείνο που απαιτείται να εξασφαλιστεί είναι η μηδενική συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών ( $\rho(x_i, x_j) \rightarrow 0$ , για κάθε  $i \neq j$ ).

#### 3.6.2.1 Μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων

Η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται με τη **μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων** (least squares method). Σύμφωνα με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, ο προσδιορισμός των συντελεστών  $\beta_i$  δίνει μια προσεγγιστική ευθεία που συνδέει τις τιμές της μεταβλητής  $Y$ , δοθέντων των τιμών της μεταβλητής  $X$ . Η ευθεία που προκύπτει ονομάζεται ευθεία παλινδρόμησης της  $Y$  πάνω στην  $X$ . Σκοπός είναι το άθροισμα των τετραγώνων των κατακόρυφων αποστάσεων των σημείων  $(X, Y)$  από την ευθεία να είναι ελάχιστο. Παρακάτω δίνεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα της ευθείας ελαχίστων τετραγώνων.



**ΕΙΚΟΝΑ 3.2:** Παράδειγμα ευθείας ελαχίστων τετραγώνων

**ΠΗΓΗ:** Wikipedia, Least squares

### 3.7 Διαδικασία Ανάπτυξης και Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου

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

#### 1. Μη συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών

Βασική προϋπόθεση είναι η μη συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους, γιατί διαφορετικά δεν είναι δυνατή η εξακρίβωση της επιρροής της κάθε μεταβλητής στο αποτέλεσμα. Αν δηλαδή σε ένα μοντέλο εισάγονται δύο μεταβλητές που σχετίζονται αρκετά μεταξύ τους, εμφανίζονται προβλήματα μεροληψίας και επάρκειας.

#### 2. Λογική ερμηνεία των πρόσημων

Όσον αφορά στους συντελεστές της εξίσωσης, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα λογικής ερμηνείας των πρόσημων τους. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντίθετα, αρνητικό πρόσημο συνεπάγεται μείωση της

εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Η τιμή του συντελεστή θα πρέπει και αυτή να ερμηνεύεται λογικά δεδομένου ότι, αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής ( $x_i$ ) κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά  $\beta_i$  μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά τότε αναφερόμαστε στην ελαστικότητα (elasticity).

### 3. Ελαστικότητα

Η ελαστικότητα αντικατοπτρίζει την **ευαισθησία** μιας εξαρτημένης μεταβλητής  $Y$  στη μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί η 1% μεταβολή της ανεξάρτητης. Η ελαστικότητα, για γραμμικά μοντέλα, δίνεται από την παρακάτω σχέση:

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

### 4. Κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας (Likelihood Ratio Test-LRT)

Σημαντικό ρόλο στην επιλογή των μεταβλητών των μοντέλων της λογιστικής παλινδρόμησης παίζει και η πιθανοφάνεια. Για την εκτίμηση της επιρροής των παραμέτρων  $\beta$  χρησιμοποιείται η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας. Για να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια επιχειρείται ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας  $L = -\log\text{likelihood}$  να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος, καθώς προτιμώνται μοντέλα με μικρότερο λογάριθμο της συνάρτησης πιθανοφάνειας. Μοντέλα που περιέχουν πολλές μεταβλητές είναι περισσότερο σύνθετα και χρειάζεται ένας κανόνας να αποφασίζει εάν η μείωση του λογαρίθμου της πιθανοφάνειας αξίζει την αυξημένη πολυπλοκότητα και για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το Likelihood Ratio Test (LRT) ή αλλιώς κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας.

Σύμφωνα με το συγκεκριμένο κριτήριο πρέπει να ισχύει:

$$LRT = -2 * (L(b) - L(0)) > x_{b,0.05}^2$$

Όπου:

- $L(b)$  είναι ο λογάριθμος πιθανοφάνειας του μοντέλου με τις  $b$  μεταβλητές
- $L(0)$  είναι ο λογάριθμος πιθανοφάνειας του μοντέλου χωρίς τις  $b$  μεταβλητές

- $\chi_{b,0.05}^2$  είναι η τιμή του κριτηρίου  $\chi^2$  για b βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

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

### 5. Στατιστική αξιολόγηση των παραμέτρων

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

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

Όπου: s.e (standard error) είναι το τυπικό σφάλμα

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

Βαθμός Ελευθερίας	Επίπεδο Εμπιστοσύνης				
	90%	95%	97.5%	99%	99.5%
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
$\infty$	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1:** Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t για διάφορα επίπεδα εμπιστοσύνης



### 6. Συντελεστής προσαρμογής $R^2$

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

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

Όπου:

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

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

Τα αρχικά SSR και SST έχουν προέλθει από τις φράσεις «Υπόλοιπο Άθροισμα Τετραγώνων» (Residual Sum of Squares) και «Συνολικό Άθροισμα Τετραγώνων» (Total Sum of Squares) αντίστοιχα. Με  $\hat{y}$  συμβολίζεται η προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής από τις ανεξάρτητες.

Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής  $Y$  που εξηγείται από την μεταβλητή  $X$ . Λαμβάνει τιμές από μηδέν έως ένα. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του  $R^2$  στην μονάδα, τόσο πιο ισχυρή γίνεται η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών  $Y$  και  $X$ . Ο συντελεστής  $R^2$  έχει συγκριτική αξία, κάτι το οποίο σημαίνει ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του  $R^2$  που είναι αποδεκτή ή απορριπτή, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή  $R^2$ .

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, ως κριτήριο καταλληλότητας του μοντέλου, χρησιμοποιείται ο συντελεστής **Adjusted  $R^2$** , ο οποίος είναι πάντοτε μικρότερος του  $R^2$  και απομονώνει τους τυχαίους παράγοντες καθώς

επικεντρώνεται μονάχα στους παράγοντες διακύμανσης της ανεξάρτητης μεταβλητής.

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

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

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

### 3.8 Λειτουργία του Ειδικού Στατιστικού Λογισμικού

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν έγινε με τη χρήση ειδικού στατιστικού λογισμικού. Αφού καταχωρήθηκαν τα δεδομένα σε ειδικές βάσεις δεδομένων, μεταφέρθηκαν στο στατιστικό λογισμικό στο πεδίο δεδομένων και **ακολουθήθηκαν οι ενέργειες που συνοπτικά παρουσιάζονται** στη συνέχεια.

Αρχικά, καθορίστηκαν οι μεταβλητές στο πεδίο μεταβλητών (variable view). Εκεί δίνονται οι ονομασίες και καθορίζονται οι ιδιότητές τους (όνομα, τύπος μεταβλητής, αριθμός ψηφίων, κωδικοποίηση τιμών κ.α). Είναι σημαντικό να γίνει διάκριση των μεταβλητών σε συνεχείς (scale), διατεταγμένες (ordinal) και διακριτές (nominal).

Στη συνέχεια χρησιμοποιείται η εντολή **Analyze** για τη **στατιστική ανάλυση** των δεδομένων. Η εντολή αυτή περιλαμβάνει τις παρακάτω επιλογές:

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

- **Correlate:** Η διαδικασία που μετράει τη συσχέτιση ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών. Από εδώ επιλέγεται η εντολή **Bivariate correlations**. Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο πλαίσιο Variables και χρησιμοποιείται ο συντελεστής συσχέτισης **Pearson** αν πρόκειται για συνεχείς μεταβλητές και ο συντελεστής συσχέτισης **Spearman** αν πρόκειται για διακριτές μεταβλητές.
- **Regression:** Η διαδικασία εκτελεί διάφορα είδη αναλύσεων παλινδρόμησης, μία εκ των οποίων είναι η γραμμική (**Linear**) που επιλέξαμε για την ανάλυση των δεδομένων μας. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές με τις οποίες θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο Independent(s). Στο πλαίσιο Method μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών. Αυτή συνήθως αφήνεται Enter που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όσες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Independent(s) με τη σειρά που αναγράφονται εκεί.

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

- **Ο συντελεστής συσχέτισης Adjusted R<sup>2</sup>** να είναι κατά το δυνατό μεγαλύτερος στα μοντέλα γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης ενώ, στα μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης επιδιώκεται μεγάλη πιθανοφάνεια δηλαδή η τιμή του λογαρίθμου των συναρτήσεων πιθανοφάνειας  $L = -\log(\text{likelihood})$  να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.
- Οι τιμές και τα πρόσημα των **συντελεστών παλινδρόμησης  $\beta_i$**  να μπορούν να εξηγηθούν λογικά.
- **Ο σταθερός όρος** της εξίσωσης, που εκφράζει το σύνολο των παραμέτρων που δε λήφθηκαν υπόψη, να είναι κατά το δυνατό μικρότερος.
- **Η τιμή του στατιστικού ελέγχου t** να είναι μεγαλύτερη από την τιμή 1,70 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και
- **Το επίπεδο σημαντικότητας** να είναι μικρότερο από 5%.



## 4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

### 4.1 Εισαγωγή

Μετά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αναπτύχθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο που οδήγησε στην επιλογή μιας κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης. Αφού επιλέχθηκαν η ανάλυση παραγόντων και η γραμμική παλινδρόμηση ως μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης, επόμενο βήμα ήταν η εφαρμογή μιας κατάλληλης διαδικασίας εκτέλεσης του πειράματος, από όπου θα προέκυπταν τα απαραίτητα στοιχεία. Η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων αυτών θα οδηγήσει στην επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας, που είναι η **συσχέτιση χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού.**

Το κεφάλαιο αυτό, που αφορά **στη συλλογή και επεξεργασία στοιχείων**, περιλαμβάνει δύο υπό-κεφάλαια. Στο εδάφιο που αναφέρεται στη συλλογή στοιχείων, περιγράφεται το πείραμα που πραγματοποιήθηκε και τα βασικά χαρακτηριστικά των στοιχείων που συλλέχθηκαν. Στο δεύτερο εδάφιο το οποίο αφορά στην επεξεργασία των στοιχείων παρουσιάζεται η κωδικοποίηση των στοιχείων κατά την συλλογή τους και ο τρόπος εισαγωγής τους στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Επιπρόσθετα παρατίθενται ορισμένοι συγκεντρωτικοί Πίνακες των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν.

### 4.2 Συλλογή Στοιχείων

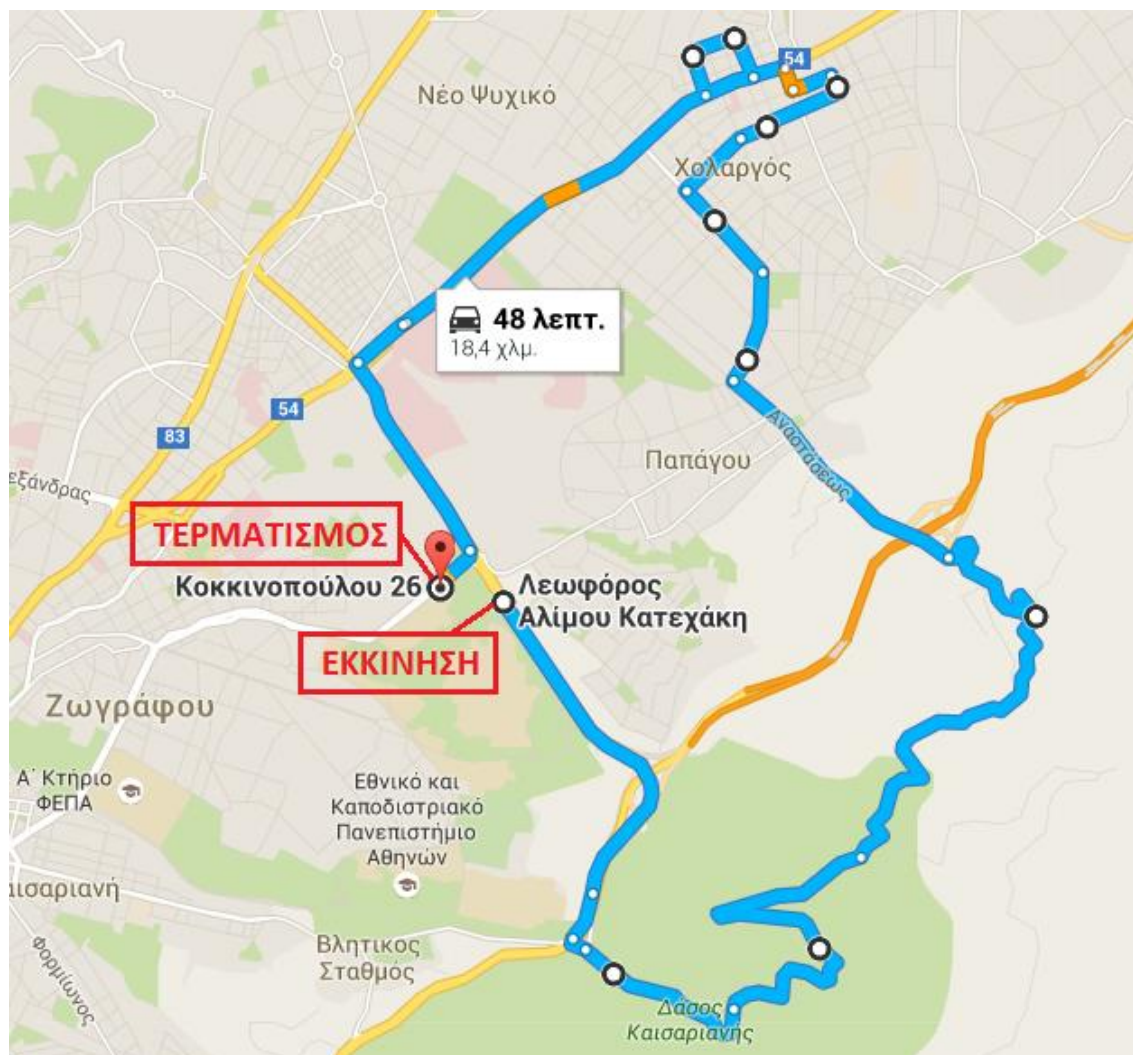
Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε πως στην Ελλάδα έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες συναφείς έρευνες με την παρούσα Διπλωματική Εργασία. Αυτό συμβαίνει διότι στην αξιολόγηση σε συνθήκες πραγματικής οδήγησης τίθεται συχνά το ζήτημα της αξιοπιστίας και της αντικειμενικότητας. Επιπλέον, πρέπει να αναφερθεί πως το έντυπο αξιολόγησης καθώς και το ερωτηματολόγιο που συμπλήρωσαν οι συμμετέχοντες δε βασίστηκαν σε κάποια προϋπάρχουσα έρευνα, αλλά δημιουργήθηκαν εξ αρχής. Τα παραπάνω στοιχεία δημιούργησαν δυσκολίες τόσο στον σχεδιασμό, όσο και στη διεξαγωγή του πειράματος που αντιμετωπίστηκαν όμως με επιτυχία.

### 4.2.1 Το πείραμα

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε πείραμα σε κανονικές συνθήκες οδήγησης με συμμετέχοντες 12 οδηγούς, οι οποίοι αξιολογήθηκαν σε 16 βασικά χαρακτηριστικά τα οποία συνθέτουν τις επιδόσεις ασφαλείας του οδηγού. Η έρευνα συνεχίστηκε με τη συμπλήρωση -από τους συμμετέχοντες- κατάλληλα διαμορφωμένων ερωτηματολογίων, που περιείχαν 78 ερωτήσεις, οι οποίες αφορούν κυρίως χαρακτηριστικά της οδηγικής συμπεριφοράς.

Με σκοπό τη διασφάλιση της ακρίβειας των μετρήσεων η διεξαγωγή του πειράματος πραγματοποιήθηκε απουσία ακραίων καιρικών συνθηκών και για την αποφυγή της κορεσμένης κυκλοφορίας δε συμπεριλήφθηκαν οι ώρες αιχμής. Επιπλέον, οι μετρήσεις όφειλαν να διεξαχθούν με βάση ένα σύνολο προδιαγραφών όπως η επιλογή κατηγοριοποιημένων συμμετεχόντων, παράδειγμα το φύλο ή η ηλικία τους, και η επιλογή συγκεκριμένου οδικού περιβάλλοντος (αστικό - υπεραστικό). Για τον σκοπό αυτό οι συμμετέχοντες επιλέχθηκαν με βάση την οδηγική τους εμπειρία, που αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες διαφοροποίησης της οδηγικής συμπεριφοράς. Συγκεκριμένα για τον λόγο αυτό και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η πειραματική διαδικασία περιελάμβανε οδήγηση σε πραγματικό οδικό περιβάλλον, η επιλογή των συμμετεχόντων περιορίστηκε σε έμπειρους οδηγούς από τον χώρο του Πολυτεχνείου και με μέσο όρο τα 13.9 έτη οδήγησης. Ο κάθε συμμετέχων έλαβε μέρος στην πειραματική διαδικασία με το προσωπικό του όχημα για να υπάρχει αντιστοίχιση σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης αλλά και για να εξαιρεθούν θέματα εξοικείωσης με οποιοδήποτε άλλο ερευνητικό όχημα.

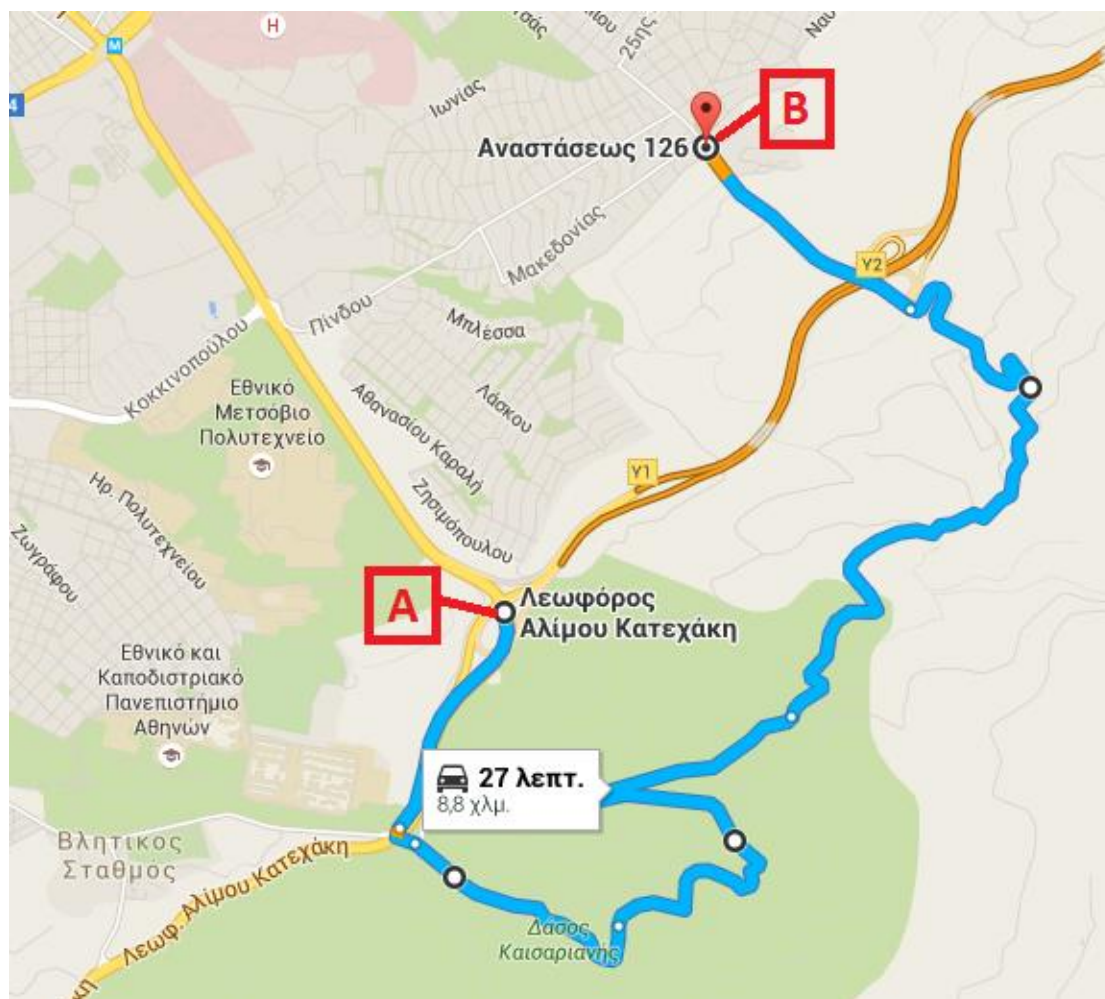
Όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 4.1), η διαδρομή περιελάμβανε συνολικά 18.4 χιλιόμετρα, τόσο σε αστικό όσο και σε υπεραστικό οδικό δίκτυο. Ωστόσο, ορίστηκε το περιβάλλον οδήγησης να αποτελεί αυτό της υπεραστικής οδού, για λόγους λιγότερου κυκλοφοριακού φόρτου και επιλέχθηκε τελικά η διαδρομή «Υπεραστική Οδός» (Εικόνα 4.2) ως η πιο κατάλληλη για την επίτευξη του στόχου αυτής της πειραματικής διαδικασίας.



**ΕΙΚΟΝΑ 4.1:** Διαδρομή σε αστικό και υπεραστικό οδικό δίκτυο

**ΠΗΓΗ:** Google maps

Η τελική διαδρομή έχει μήκος 8,8 χιλιόμετρα με χρόνο διάνυσης της απόστασης περίπου τα 27 λεπτά. Η εκκίνηση ορίστηκε στην Λεωφόρο Αλίμου Κατεχάκη στο ύψος της Γέφυρας Καισαριανής (Σημείο Α) και κατέληγε στην οδό Αναστάσεως του Δήμου Παπάγου – Χολαργού (Σημείο Β) όπως απεικονίζεται στο παρακάτω απόσπασμα χάρτη.



**ΕΙΚΟΝΑ 4.2:** Υπεραστικό τμήμα διαδρομής

**ΠΗΓΗ:** Google maps

#### 4.2.2 Το ερωτηματολόγιο

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο 78 ερωτήσεων. Οι ερωτήσεις αυτές περιέχουν ορισμένα βασικά δημογραφικά χαρακτηριστικά και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα χαρακτηριστικών σχετικά με την οδηγική εμπειρία (διανυθέντα χιλιόμετρα εντός και εκτός πόλης, κ.α.), την παραβατική συμπεριφορά (συνολικά ατυχήματα, παραβίαση ΚΟΚ, κ.α.) και την αυτό-αναφερόμενη οδηγική συμπεριφορά (επικίνδυνη οδήγηση, απότομη επιτάχυνση, πόσο προσεκτικός οδηγός είναι, κ.α.). Το ερωτηματολόγιο στην πλήρη του μορφή όπως αυτό δόθηκε στους συμμετέχοντες παρατίθεται στο όγδοο κεφάλαιο με τα Παραρτήματα.



### 4.2.3 Αξιολόγηση σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης

Το πιο σημαντικό και δύσκολο μέρος στην διεξαγωγή του πειράματος είναι η αξιολόγηση σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης. Με σκοπό την αξιοπιστία και την εξάλειψη της αβεβαιότητας των μετρήσεων, η αξιολόγηση εκτελέστηκε από έναν ειδικό αξιολογητή οδηγικής επίδοσης, ο οποίος βαθμολογούσε τους συμμετέχοντες την ώρα της οδήγησης. Ο ειδικός αξιολογητής, ερευνητής στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής έχει συμμετάσχει και έχει παρακολουθήσει επιτυχώς εξατομικευμένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα του Βελγικού Ινστιτούτου Οδικής Ασφάλειας (IBSR) στις Βρυξέλλες, το οποίο περιελάμβανε πρακτικά μαθήματα αξιολόγησης ικανότητας οδήγησης και αξιολόγησης οδηγικής επίδοσης, σε πραγματικές συνθήκες, από τον πιστοποιημένο αξιολογητή και διευθυντή του Ινστιτούτου. Μετά το πέρας του εκπαιδευτικού σεμιναρίου συντάχθηκε ένας ειδικός κατάλογος ελέγχου αξιολόγησης οδηγικής επίδοσης ο οποίος βασίστηκε σε 16 βασικούς οδηγικούς δείκτες που αποτελούν τις επιδόσεις ασφάλειας του οδηγού, όπως αυτοί φαίνονται κάτωθι:

1. Προσαρμογή ταχύτητας (Speed adaptation)
2. Ικανότητα φρεναρίσματος (Braking)
3. Ικανότητα επιτάχυνσης (Accelerating)
4. Ικανότητα στροφής (Turning)
5. Χρονοαποστάσεις από προπορευόμενο όχημα (Headways)
6. Πλευρική θέση (Lateral position)
7. Ικανότητα επιλογής σωστής λωρίδας κυκλοφορίας (Ability to choose the correct lane)
8. Ικανότητα αλλαγής λωρίδας κυκλοφορίας (Lane change)
9. Κατανόηση, αντίληψη και ποιότητα κυκλοφοριακής συμπεριφοράς (Understanding, perception and quality of traffic participation)
10. Διάβαση και διασταύρωση (Crossing or junction)
11. Προσμονή και αντίληψη των φωτεινών σηματοδοτών και σημάτων κυκλοφορίας (Anticipation and perception of road signs and traffic signals)
12. Ικανότητα προσαρμογής στην κυκλοφορία (Joining the traffic stream)
13. Οπτική συμπεριφορά και επικοινωνία (Visual behaviour and communication)
14. Χρήση των καθρεφτών (Mirror use)
15. Χρήση του φλας (Use of direction indicator)
16. Ομαλή χρήση τιμονιού (Steering firmness)

Επίσης, με βάση τη συνολική τους οδήγηση ο ειδικός αξιολογητής βαθμολόγησε τους οδηγούς για την αμυντική τους στάση κατά την οδήγηση και έτσι προέκυψε ένας ακόμη δείκτης που αναφέρεται ως «**Defensive driving**». Αυτός ο δείκτης ορίζεται ως το σύνολο των συμπεριφορών που επιτρέπουν στον οδηγό να προβλέπει, να αναγνωρίζει και να λαμβάνει όλα τα απαραίτητα μέτρα προκειμένου να αποφύγει με ασφάλεια τους ενδεχόμενους οδικούς κινδύνους.

Τέλος, οι οδηγοί βαθμολογήθηκαν σε κάθε δείκτη ξεχωριστά με μια κλίμακα τεσσάρων σημείων [Bad (Καλή), Insufficient (Ανεπαρκής), Sufficient (Επαρκής), Good (Καλή)], αλλά και για την ολική τους συμπεριφορά με έναν δείκτη συνολικής επίδοσης (**overall on road driving performance score**) από 0% έως 100%.

Στην πορεία του κειμένου οι οδηγικοί δείκτες που προέκυψαν από την αξιολόγηση θα αναφέρονται με λατινικούς χαρακτήρες για τη διαφοροποίησή τους από τις μεταβλητές του ερωτηματολογίου.

### 4.3 Επεξεργασία στοιχείων

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η διαδικασία επεξεργασίας των στοιχείων που συλλέχθηκαν μέσω των ερωτηματολογίων και της αξιολόγησης. Συγκεκριμένα παρουσιάζεται η κωδικοποίηση και το τρόπο εισαγωγής τους στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Επιπλέον παρατίθενται ορισμένα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν στη φάση της προκαταρκτικής ανάλυσης. Τέλος παρουσιάζεται επιγραμματικά η διαδικασία εισαγωγής των μεταβλητών που προέκυψαν στο λογισμικό της στατιστικής ανάλυσης.

#### 4.3.1 Επιλογή ερωτήσεων

Από τις απαντήσεις των ερωτήσεων της έρευνας, επιλέχθηκαν εκείνες που κρίθηκαν καταλληλότερες για την εξυπηρέτηση του σκοπού της παρούσας εργασίας. Αυτές περιλαμβάνουν ένα εύρος θεμάτων ώστε να προσδιοριστούν όσο το δυνατόν καλύτερα τα χαρακτηριστικά των οδηγών που περιγράφουν το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας. Επίσης επιλέχθηκαν

συγκεκριμένοι δείκτες αξιολόγησης των επιδόσεων ασφαλείας, για την καλύτερη συσχέτιση τους με τα χαρακτηριστικά των οδηγών.

Ύστερα από μια σειρά από συνδυασμούς που επιχειρήθηκε, οι ερωτήσεις και οι οδηγικοί δείκτες που τελικά χρησιμοποιήθηκαν για διερεύνηση είναι οι εξής:

➤ **Ερωτήσεις**

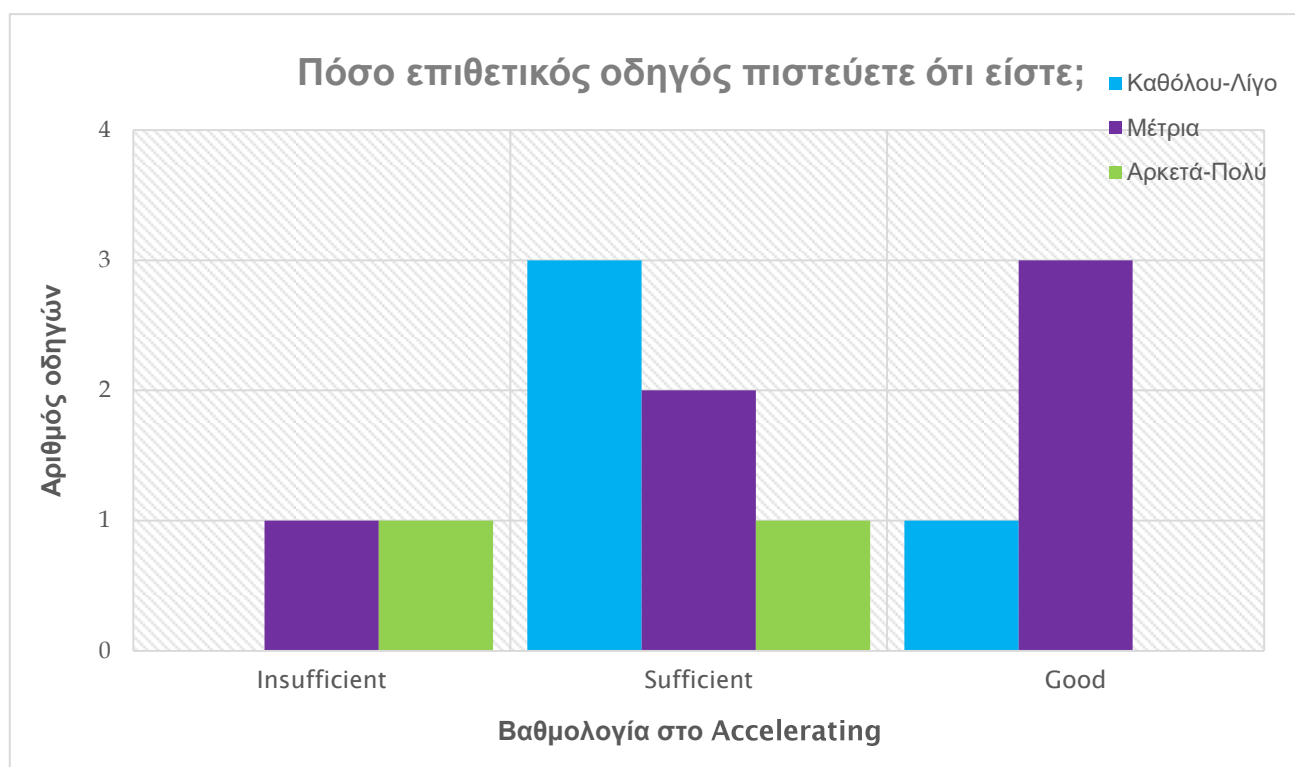
1. Πόσα χρόνια οδηγείτε;
2. Πόσα χιλιόμετρα περίπου οδηγείτε την εβδομάδα εκτός πόλης;
3. Πόσα ατυχήματα συνολικά είχατε ως οδηγός μέχρι σήμερα;
4. Πόσες φορές τα τελευταία δύο χρόνια, αποφύγατε «την τελευταία στιγμή» ένα ατύχημα;
5. Πόσα ατυχήματα μόνο με υλικές ζημιές είχατε τα τελευταία δύο χρόνια με το αυτοκίνητο;
6. Πόσες φορές τα τελευταία δύο χρόνια, παραβιάσατε τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας ενώ οδηγούσατε;
7. Πόσο τηρείτε τα όρια ταχύτητας όταν οδηγείτε σε αυτοκινητόδρομο;
8. Πόσο συχνά οδηγείτε πάνω από το όριο ταχύτητας;
9. Πόσο συχνά επιταχύνετε απότομα;
10. Πόσο συχνά φρενάρτε απότομα;
11. Πόσο συχνά στρίβετε απότομα;
12. Πόσο επιθετικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε;
13. Πόσο επιδέξιος οδηγός πιστεύετε ότι είστε;
14. Πόσο συχνά οδηγείτε υπό την επήρεια αλκοόλ;
15. Πόσο συχνά προσπερνάτε προπορευόμενα οχήματα;
16. Πόσο συχνά οδηγείτε επικίνδυνα για σας και τους άλλους;
17. Πόσο συχνά αλλάζετε λωρίδα κυκλοφορίας απότομα;

➤ **Οδηγικοί Δείκτες**

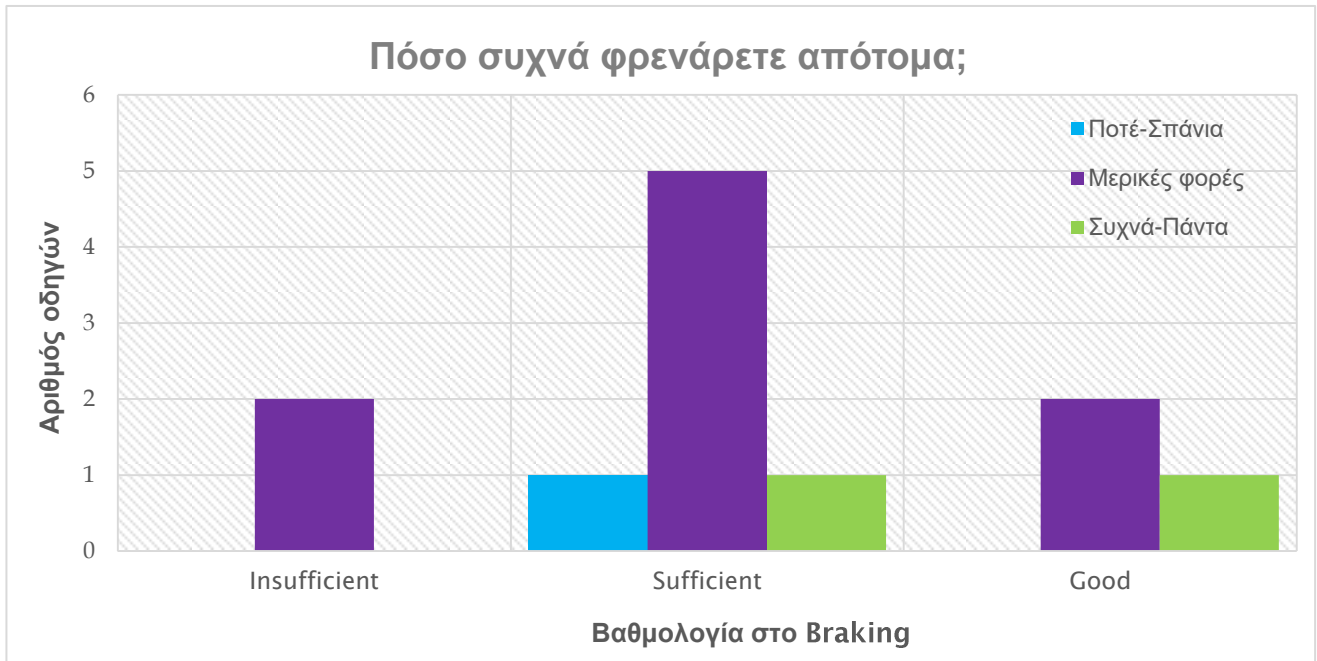
1. Braking
2. Accelerating
3. Turning
4. Headways
5. Defensive driving
6. Overall on road driving performance score

### 4.3.2 Προκαταρκτική ανάλυση

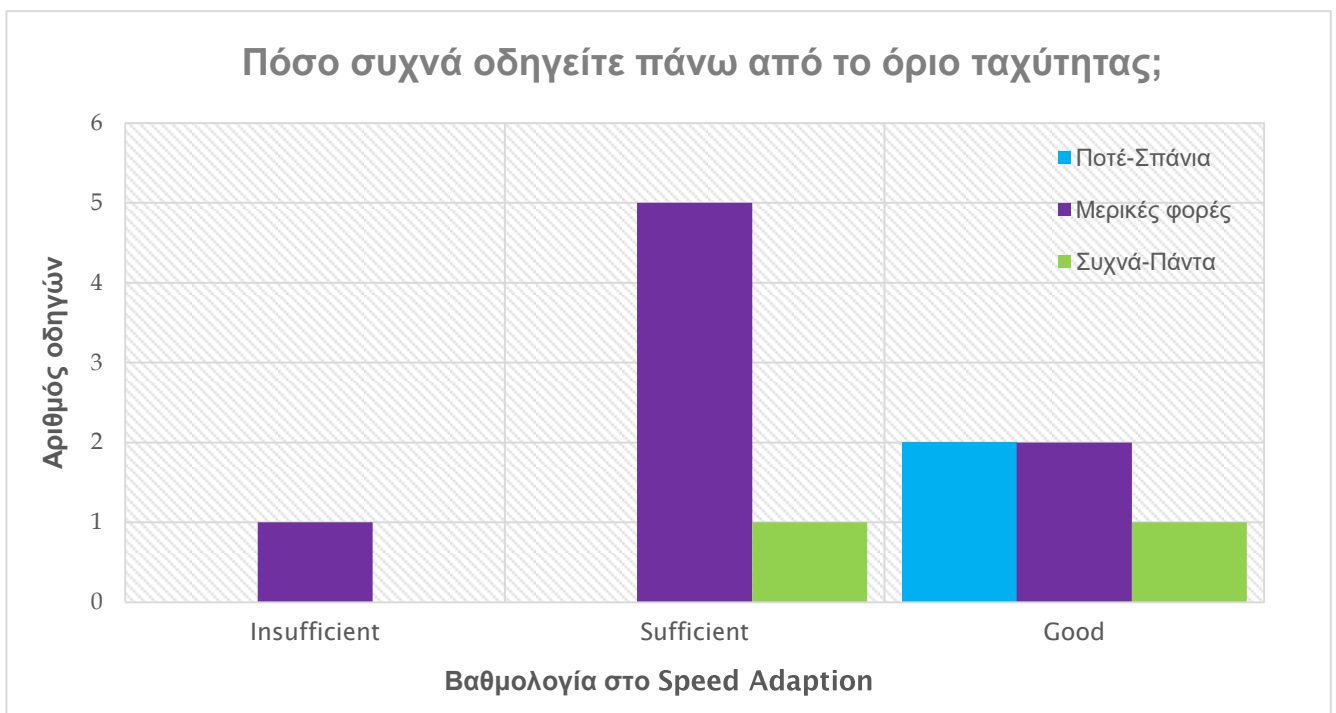
Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται υπό μορφή διαγραμμάτων, οι ερωτήσεις, όπως διατυπώθηκαν στο ερωτηματολόγιο, με την κατανομή των απαντήσεων των συμμετεχόντων σε κάθε μία από αυτές, σε συνδυασμό με τη βαθμολογία που σημείωσαν σε διάφορους παράγοντες στην αξιολόγηση. Τα διαγράμματα αυτά αποτελούν μια προκαταρκτική ανάλυση, η οποία συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων και θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή ποιοτικότερων συμπερασμάτων.



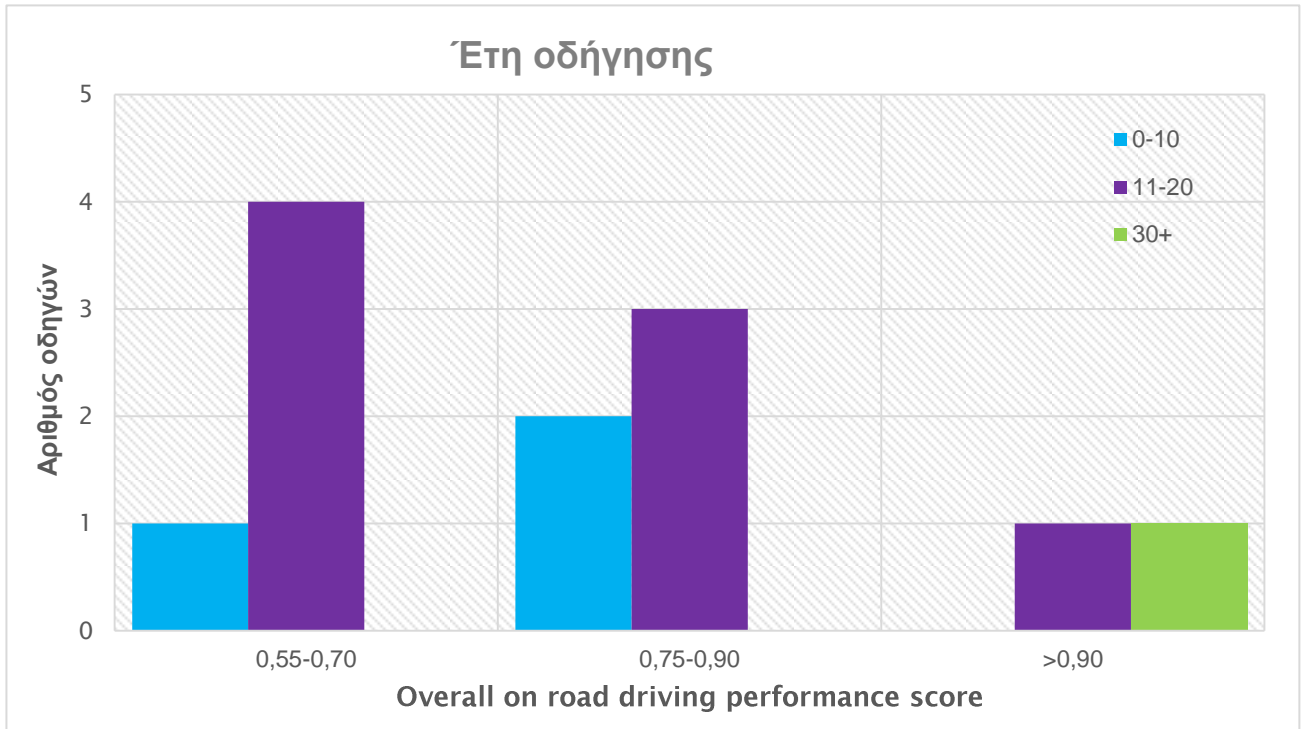
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1:** Κατανομή οδηγών ανά βαθμολογία στο «Accelerating» στην ερώτηση «Πόσο επιθετικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε».



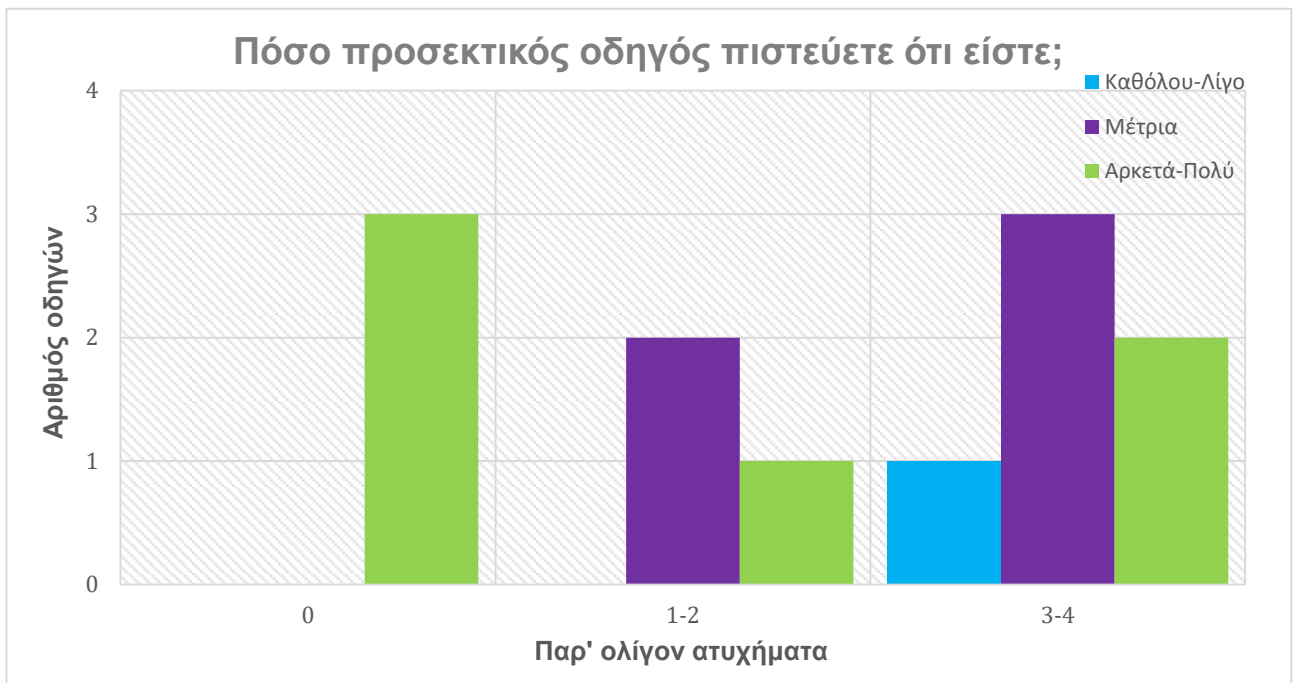
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2:** Κατανομή οδηγών ανά βαθμολογία στο «Braking» στην ερώτηση «Πόσο συχνά φρενάρετε απότομα».



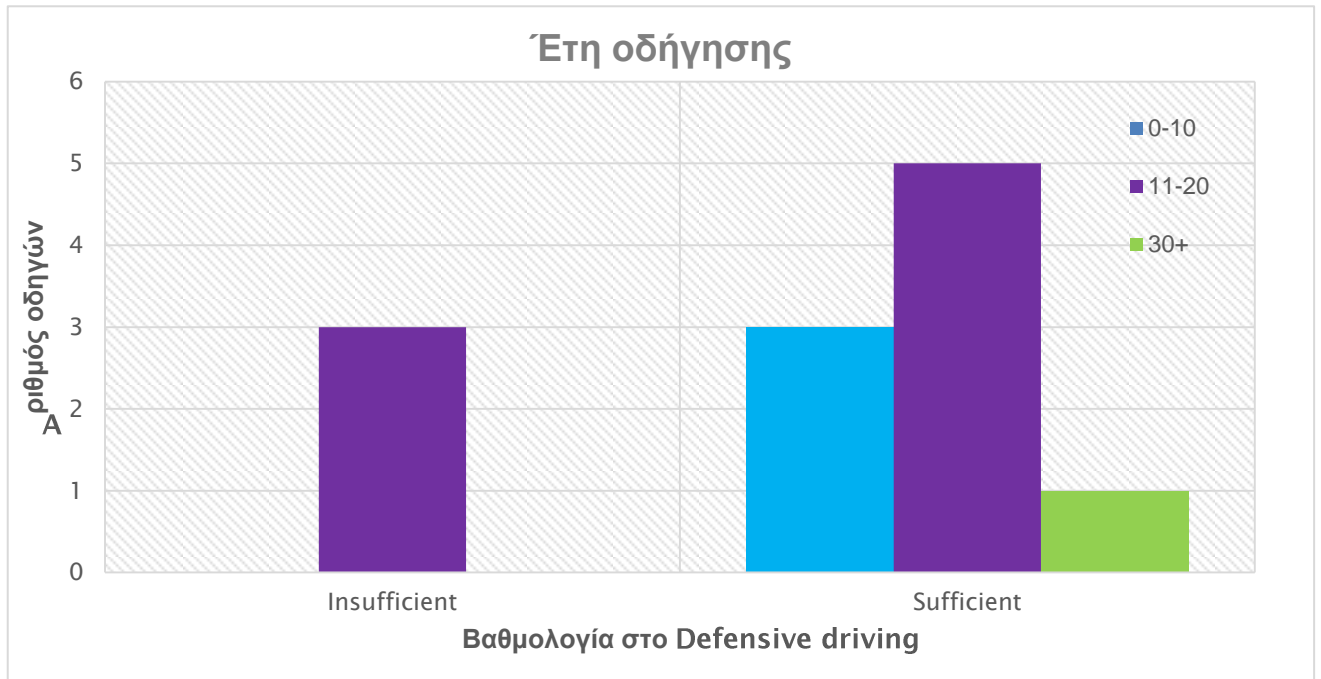
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3:** Κατανομή οδηγών ανά βαθμολογία στο «Speed Adaption» στην ερώτηση «Πόσο συχνά οδηγείτε πάνω από το όριο ταχύτητας».



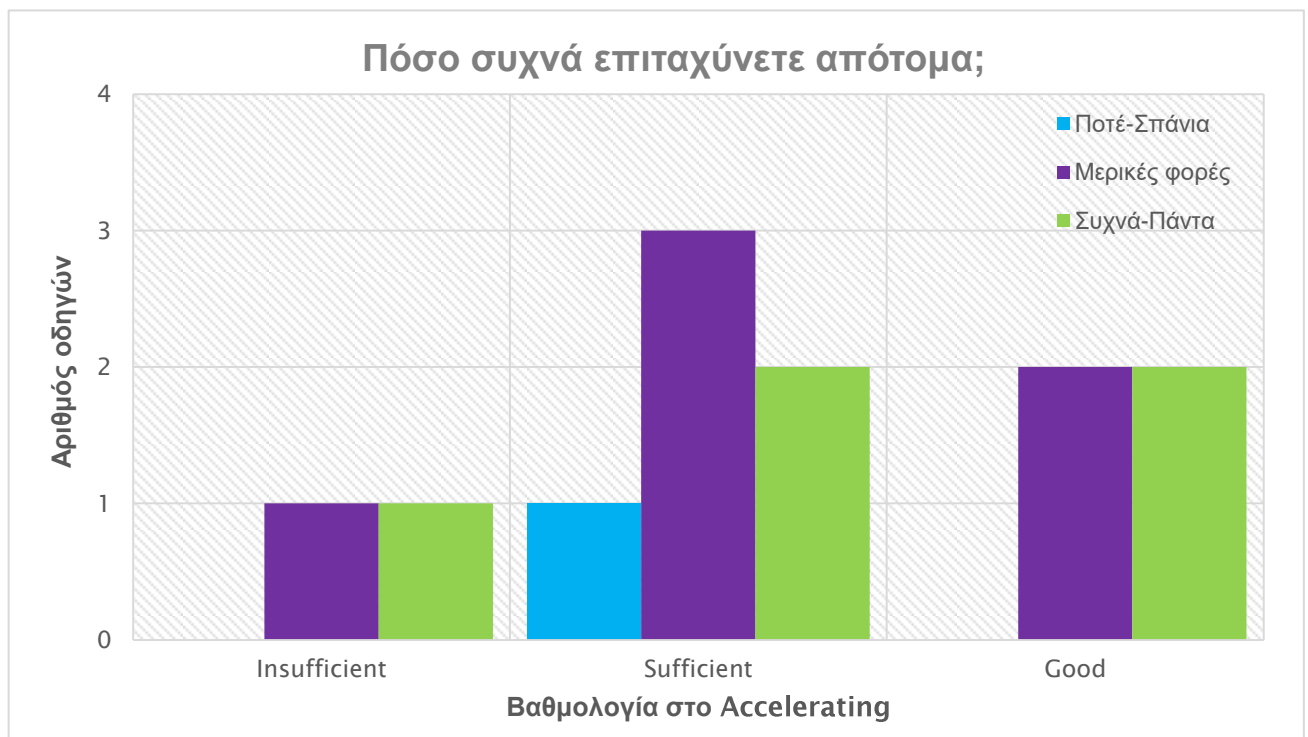
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.4:** Κατανομή οδηγών ανά βαθμολογία στον δείκτη συνολικής επίδοσης στην ερώτηση «Πόσα χρόνια οδηγείτε».



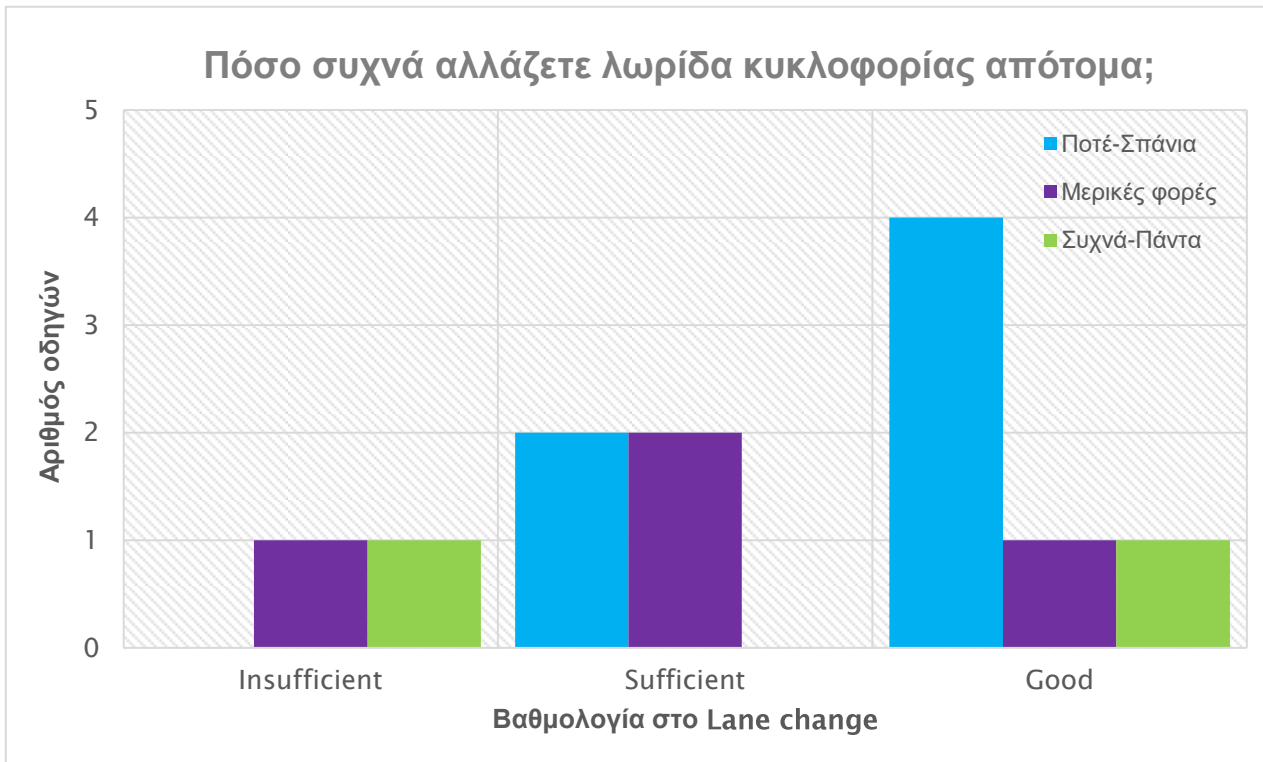
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.5:** Κατανομή οδηγών ανά παρ' ολίγον ατυχήματα στην ερώτηση «Πόσο προσεκτικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε».



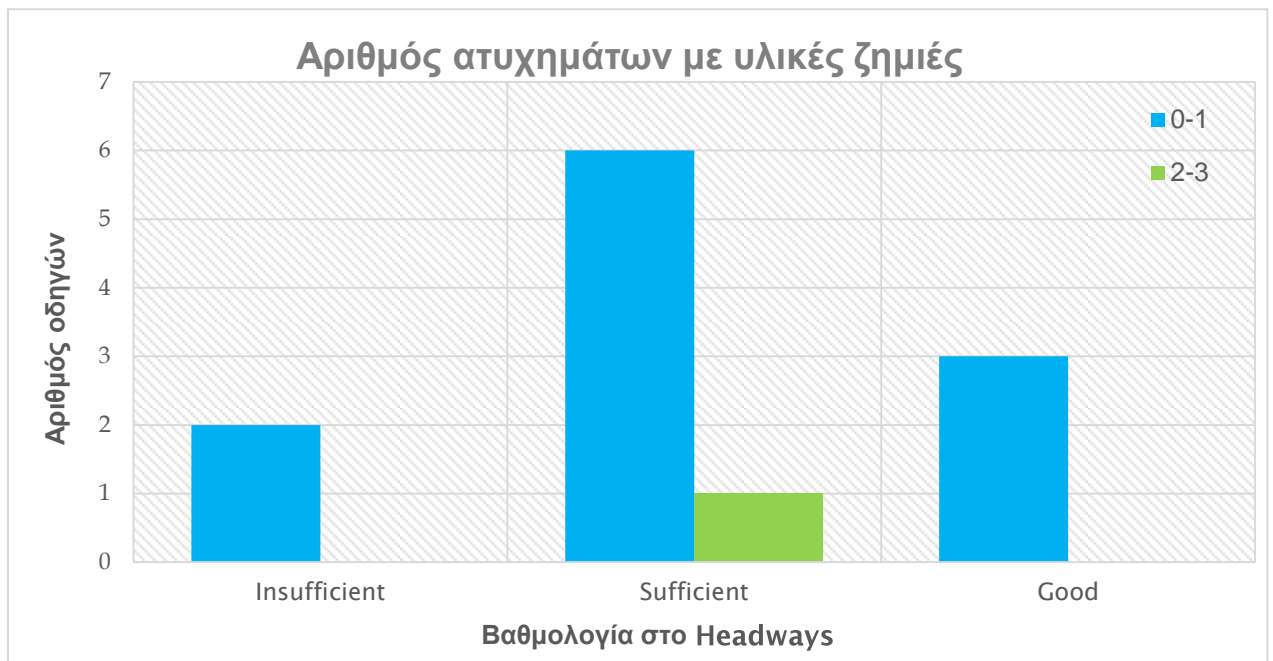
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.6:** Κατανομή οδηγών ανά βαθμολογία στο «Defensive driving» στην ερώτηση «Πόσα χρόνια οδηγείτε».



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.7:** Κατανομή οδηγών ανά βαθμολογία στο «Accelerating» στην ερώτηση «Πόσο συχνά επιταχύνετε απότομα».

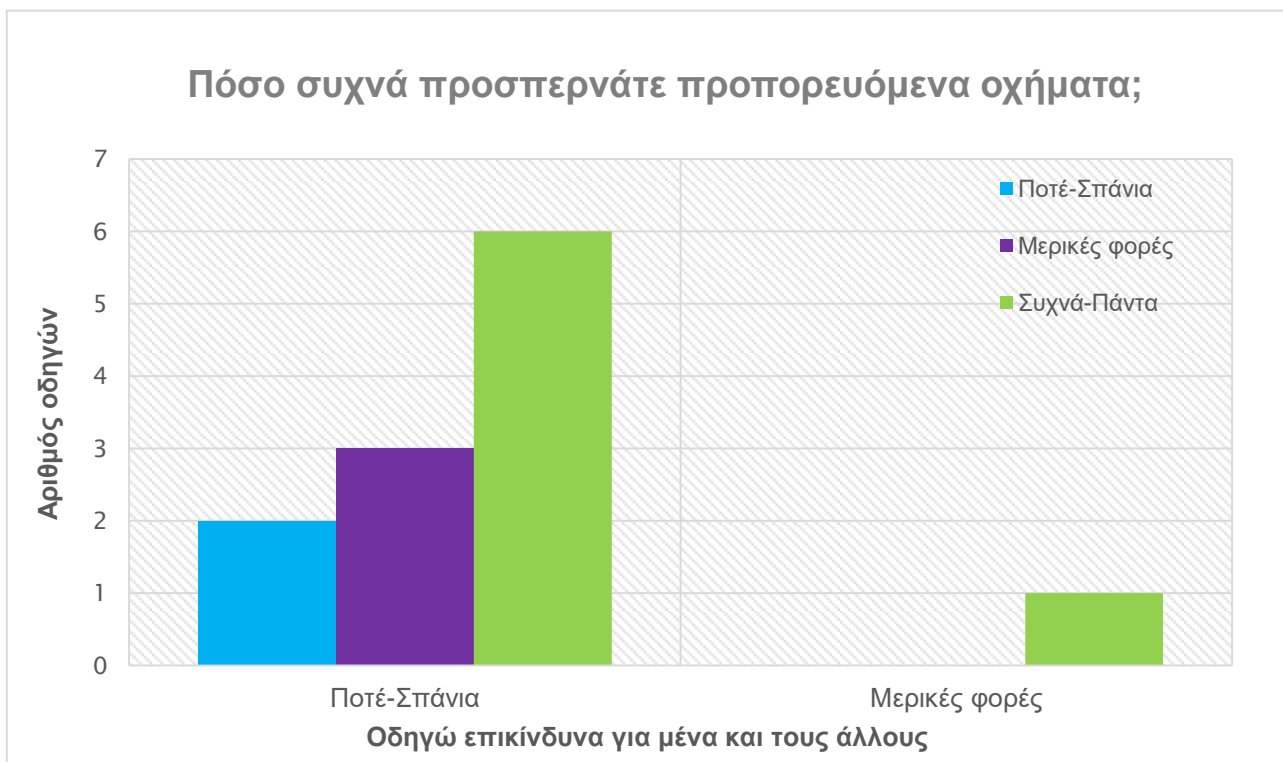


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.8:** Κατανομή οδηγών ανά βαθμολογία στο «Lane change» στην ερώτηση «Πόσο συχνά αλλάζετε λωρίδα κυκλοφορίας απότομα».

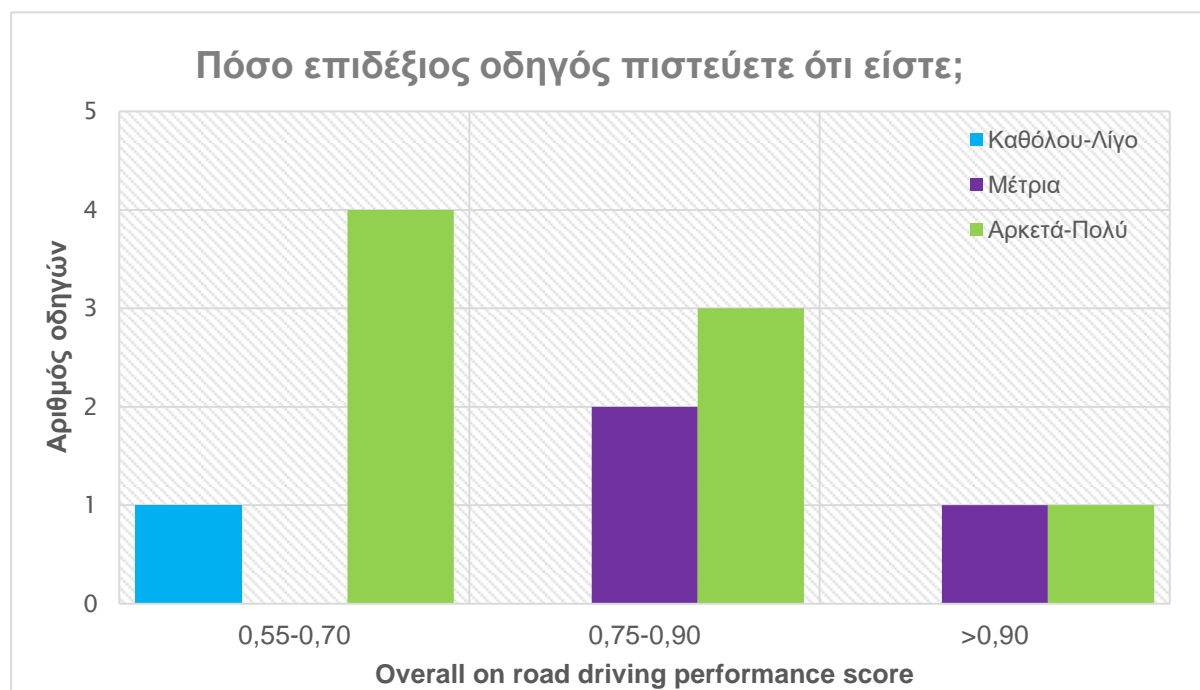


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.9:** Κατανομή οδηγών ανά βαθμολογία στο «Headways» στην ερώτηση «Πόσα ατυχήματα μόνο με υλικές ζημιές είχατε τα τελευταία δύο χρόνια με το αυτοκίνητο».





**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.10:** Κατανομή οδηγών ανά συχνότητα επικίνδυνης οδήγησης στην ερώτηση «Πόσο συχνά προσπερνάτε προπορευόμενα οχήματα».



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.11:** Κατανομή οδηγών ανά βαθμολογία στον δείκτη συνολικής επίδοσης στην ερώτηση «Πόσο επιδέξιος οδηγός πιστεύετε ότι είστε».

Εξετάζοντας τα ανωτέρω διαγράμματα προκύπτουν οι εξής βασικές παρατηρήσεις:

- Καθώς αυξάνεται ο αριθμός των ετών οδήγησης παρατηρείται αύξηση του δείκτη συνολικής επίδοσης και καλύτερη βαθμολόγηση στη μεταβλητή της αμυντικής οδήγησης (Defensive driving).
- Οι οδηγοί που δήλωσαν ότι τα τελευταία δύο χρόνια δεν είχαν εμπλακεί καθόλου σε «παρ' ολίγον» ατυχήματα, δήλωσαν επίσης ότι είναι αρκετά έως πολύ προσεκτικοί στην οδήγηση.
- Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι όσοι οδηγοί δήλωσαν πως συχνά έως πάντα φρενάρουν απότομα απέσπασαν την υψηλότερη βαθμολογία στον τρόπο πέδησης.
- Εύλογα προκύπτει ότι οι οδηγοί που βαθμολογήθηκαν επαρκώς έως καλά στον τρόπο που αλλάζουν λωρίδα δήλωσαν ότι σπάνια έως ποτέ δεν αλλάζουν απότομα λωρίδα.
- Οι περισσότεροι οδηγοί αυτοαξιολογήθηκαν ως «αρκετά-πολύ» επιδέξιοι αλλά μόνο το ήμισυ εξ αυτών σημείωσαν υψηλό δείκτη συνολικής επίδοσης.
- Τέλος, σε αντίθεση με την ανωτέρω παρατήρηση, οι οδηγοί που αυτοαξιολογήθηκαν ως «μέτρια» επιδέξιοι βαθμολογήθηκαν καλύτερα στον δείκτη συνολικής επίδοσης.

#### 4.3.3 Διαμόρφωση Βάσης Δεδομένων

Οι κωδικοποιημένες απαντήσεις των ερωτηματολογίων, δόθηκαν σε μορφή αρχείου Excel, το οποίο είναι συμβατό με το στατιστικό πρόγραμμα. Πριν την εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα, πραγματοποιήθηκε κατάλληλη επεξεργασία του φύλλου Excel, με σκοπό να δημιουργηθεί ένα αρχείο που θα περιείχε μόνο τις μεταβλητές που επιλέγηκαν για τη στατιστική επεξεργασία. Επιπρόσθετα, για την ύπαρξη μιας ενιαίας βάσης δεδομένων καταχωρήθηκαν στο ίδιο φύλλο Excel οι 16 παράγοντες που αφορούν στην αξιολόγηση των οδηγών. Στο σημείο αυτό προέκυψε το ζήτημα, με ποιο τρόπο θα

καταχωρούνταν τα στοιχεία αυτά στον πίνακα, έτσι ώστε να είναι συγκρίσιμα με τις απαντήσεις από το ερωτηματολόγιο. Τελικά αποφασίστηκε να δημιουργηθούν πέντε στήλες για κάθε παράγοντα, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τις τέσσερις πιθανές κατηγορίες (Bad, Insufficient, Sufficient, Good) και το τελικό σκορ για κάθε κατηγορία, βαθμολογώντας ως εξής: Bad=1, Insufficient=2, Sufficient=3 και Good=4, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα.

	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI
	RR_Speed adaptation-B	RR_Speed adaptation-I	RR_Speed adaptation-S	RR_Speed adaptation-G	RR_Speed adaptation-G	RR_Braking-B	RR_Braking-I	RR_Braking-S	RR_Braking-G	RR_Braking	RR_Accelerating-B
1											
2	0	0	0	1	4	0	1	0	0	2	0
3	0	0	1	0	3	0	0	1	0	3	0
4	0	0	1	0	3	0	0	1	0	3	0
5	0	0	1	0	3	0	0	1	0	3	0
6	0	0	0	1	4	0	0	1	0	3	0
7	0	0	1	0	3	0	0	1	0	3	0
8	0	0	0	1	4	0	0	0	1	4	0
9	0	0	0	1	4	0	0	0	1	4	0
10	0	0	1	0	3	0	0	0	1	4	0
11	0	0	1	0	3	0	0	1	0	3	0
12	0	0	0	1	4	0	1	0	0	2	0
13	0	1	0	0	2	0	0	1	0	3	0
14											
15											
16											

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1:** Απόσπασμα τελικού πίνακα Excel

#### 4.3.4 Εισαγωγή δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, SPSS 21.0

Μετά τη διαμόρφωση του τελικού πίνακα στο λογισμικό EXCEL, πραγματοποιήθηκε εισαγωγή του στο πεδίο δεδομένων (data view) του ειδικού πακέτου στατιστικής ανάλυσης.

1 : Q01 Visible: 64 of 64 Variables

	Q04	Q1	Q2	Q6	Q7	Q8	Q9	Q11	Q24	Q25	Q26	
1	51,0	32	2,0	2,0	7,0	3,0	2,0	2,0	1,00	1,0	1,0	
2	31,0	12	1,0	5,0	7,0	4,0	2,0	2,0	4,00	3,0	2,0	
3	37,0	15	1,0	3,0	6,0	2,0	1,0	1,0	4,00	1,0	1,0	
4	32,0	13	1,0	3,0	4,0	3,0	3,0	3,0	1,00	2,0	1,0	
5	29,0	11	1,0	5,0	6,0	4,0	1,0	2,0	1,00	2,0	1,0	
6	28,0	10	1,0	5,0	7,0	5,0	2,0	3,0	2,00	3,0	2,0	
7	35,0	16	2,0	4,0	7,0	3,0	5,0	4,0	2,00	3,0	1,0	
8	28,0	3	1,0	2,0	7,0	1,0	,0	2,0	1,00	2,0	1,0	
9	31,0	13	1,0	4,0	5,0	5,0	1,0	2,0	3,00	3,0	1,0	
10	37,0	19	1,0	4,0	4,0	,0	,0	2,0	5,00	1,0	3,0	
11	31,0	13	1,0	5,0	4,0	4,0	2,0	2,0	1,00	3,0	1,0	
12	31,0	10	1,0	3,0	7,0	4,0	1,0	1,0	1,00	3,0	1,0	
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												

**Data View** Variable View

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2:** Εισαγωγή των στοιχείων στο πεδίο δεδομένων

Στη συνέχεια καθορίστηκε το όνομα, ο τύπος, και ο αριθμός των ψηφίων κάθε μεταβλητής στο πεδίο των μεταβλητών (variable view). Επισημαίνεται ότι, το πρόγραμμα αυτό αναγνωρίζει μόνο λατινικούς χαρακτήρες και όλες οι στήλες αποτελούνται από αριθμούς και όχι από κείμενο. Επίσης, έγινε διάκριση κάθε μεταβλητής σε συνεχή (scale), διατεταγμένη (ordinal) και διακριτή (nominal).

η ανάλυση 9.sav [DataSet1] - IBM SPSS Statistics Data Editor

File Edit View Data Transform Analyze Direct Marketing Graphs Utilities Add-ons Window Help

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	Q01	Numeric	3	0	Κωδικός συμμετέχοντα	None	None	3	Right	Nominal	Input
2	Q04	Numeric	12	1	Ηλικία	None	None	12	Right	Scale	Input
3	Q1	Numeric	2	0	Χρόνια οδήγησης	None	None	2	Right	Nominal	Input
4	Q2	Numeric	12	1	Σας αρέσει η οδήγηση	None	None	12	Right	Nominal	Input
5	Q6	Numeric	12	1	Χλμ/έτος	None	None	12	Right	Nominal	Input
6	Q7	Numeric	12	1	Ημέρες/εβδομάδα	None	None	12	Right	Nominal	Input
7	Q8	Numeric	12	1	Χλμ/εβδομάδα εντός πόλης	None	None	12	Right	Nominal	Input
8	Q9	Numeric	12	1	Χλμ/εβδομάδα εκτός πόλης	None	None	12	Right	Nominal	Input
9	Q11	Numeric	12	1	Ποσοστό χρήσης ΙΧ/έτος σε αυτοκι...	None	None	12	Right	Nominal	Input
10	Q24	Numeric	8	2	Συνολικός αριθμός ατυχημάτων	None	None	8	Right	Nominal	Input
11	Q25	Numeric	12	1	Παρολίγον ατύχημα τα τελευταία δ...	None	None	12	Right	Nominal	Input
12	Q26	Numeric	12	1	Ατύχημα με υλικές ζημιές	None	None	12	Right	Nominal	Input
13	Q27	Numeric	12	1	Ατυχήματα με τραυματίες	None	None	12	Right	Nominal	Input
14	Q28	Numeric	12	1	Φορές Παραβίασης ΚΟΚ	None	None	12	Right	Nominal	Input
15	Q29	Numeric	12	1	Κλήσεις για παράβαση	None	None	12	Right	Nominal	Input
16	Q30	Numeric	12	1	Κλήσεις για υπέρβαση ορίου ταχύτ...	None	None	12	Right	Nominal	Input
17	Q311	Numeric	12	1	Πόσο τηρείτε όρια ταχύτητας σε αυ...	None	None	12	Right	Nominal	Input
18	Q312	Numeric	12	1	Πόσο τηρείτε όρια ταχύτητας σε επ...	None	None	12	Right	Nominal	Input
19	Q313	Numeric	12	1	Πόσο τηρείτε όριο ταχύτητας σε ασ...	None	None	12	Right	Nominal	Input
20	Q321	Numeric	12	1	Χρήση ζώνης ασφαλείας σε αυτοκινη...	None	None	12	Right	Nominal	Input
21	Q322	Numeric	12	1	Χρήση ζώνης ασφαλείας σε επαρχι...	None	None	12	Right	Nominal	Input
22	Q323	Numeric	12	1	Χρήση ζώνης ασφαλείας σε αστική...	None	None	12	Right	Nominal	Input
23	Q339	Numeric	12	1	Ποσοστό χρήσης διανύοντας μεγάλ...	None	None	12	Right	Nominal	Input
24	Q341	Numeric	12	1	Πόσο επιδέξιος οδηγός πιστεύεις	None	None	12	Right	Nominal	Input
25	Q342	Numeric	12	1	Πόσο παρατηρείς τα όρια ταχύτητας	None	None	12	Right	Nominal	Input

Data View Variable View

IBM SPSS Statistics Processor is ready

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3:** Καθορισμός των μεταβλητών στο πεδίο μεταβλητών

Στα επόμενα κεφάλαια θα αναλυθεί διεξοδικά η ανάπτυξη και η εφαρμογή της Ανάλυσης Παραγόντων και των μαθηματικών προτύπων, τα αποτελέσματα από τη στατιστική επεξεργασία με τη γραμμική παλινδρόμηση, καθώς και τα συμπεράσματα που εξαγονται σχετικά με τη συσχέτιση χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού.



## 5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 5.1 Εισαγωγή

Το πέρας της πολύπλοκης διαδικασίας συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων, διαδέχθηκε η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν η οποία θα επιτρέψει τη **συσχέτιση χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού** ως αντικείμενο διερεύνησης της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας.

Όπως προαναφέρθηκε, ύστερα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση συναφών ερευνών και μεθοδολογιών, έγινε η επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας. Οι μέθοδοι που επιλέχθηκαν, οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 3 με τίτλο «Θεωρητικό Υπόβαθρο», είναι: η Ανάλυση Παραγόντων (Factor Analysis) και η Γραμμική Παλινδρόμηση.

Η στατιστική επεξεργασία, αποτελέσματα της οποίας παρατίθενται αναλυτικά και στο Παράρτημα, πραγματοποιήθηκε έτσι ώστε να επιτευχθούν οι βασικοί στόχοι στα πλαίσια του συγκεκριμένου κεφαλαίου, σύμφωνα με την παρακάτω διαδικασία:

- ✓ Προσδιορισμός των στατιστικά σημαντικότερων μεταβλητών που περιγράφουν επαρκώς τη συσχέτιση των χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού (Ανάλυση Παραγόντων).
- ✓ Περαιτέρω επεξεργασία αυτών των μεταβλητών ώστε να επιτευχθεί η κατάταξη των οδηγών σε ομάδες σύμφωνα με τα κοινά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν, ως προς την οδηγική τους συμπεριφορά (Ανάλυση Ομαδοποίησης).
- ✓ Διαδικασία ανάπτυξης και εφαρμογής κατάλληλων μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης για την περιγραφή των χαρακτηριστικών του οδηγού.
- ✓ Ανάλυση και επεξήγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν μετά την Ανάλυση Παραγόντων και το τελικό μαθηματικό μοντέλο.

- ✓ Την επίτευξη, τελικώς, του βασικού στόχου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, δηλαδή τη συσχέτιση χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού.

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης κατάλληλων μοντέλων. Παρουσιάζεται, δηλαδή, το σύνολο των περιπτώσεων που εξετάστηκαν και οι διαδοχικές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που δεν οδήγησαν σε αξιόπιστα αποτελέσματα.

Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στην παρουσίαση προβλημάτων αξιοπιστίας των δεδομένων και στις διαδικασίες αντιμετώπισής τους. Αναπόσπαστο μέρος των αποτελεσμάτων αποτελούν οι στατιστικοί έλεγχοι που απαιτούνται για την αποδοχή ή μη των μοντέλων.

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

- ❖ Παρουσίαση των εξαγόμενων στοιχείων
- ❖ Περιγραφή των αποτελεσμάτων
- ❖ Εξήγηση των αποτελεσμάτων

Αξίζει να σημειωθεί ότι προκειμένου να διαμορφωθεί η οριστική επιλογή των ερωτήσεων, οι απαντήσεις των οποίων αποτέλεσαν τελικά τα δεδομένα εισόδου για την Ανάλυση Παραγόντων, προηγήθηκε μια σειρά δοκιμών με διαφορετικούς συνδυασμούς μεταβλητών, με σκοπό να προκύψουν εκείνες οι οποίες θα εξυπηρετούσαν καλύτερα την επίτευξη του στόχου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας



## 5.2 Ανάλυση Παραγόντων (Factor Analysis)

### 5.2.1 Εφαρμογή Ανάλυσης Παραγόντων

Η Ανάλυση Παραγόντων (Factor Analysis) είναι, ουσιαστικά, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3, μία τεχνική μείωσης δεδομένων (data reduction technique). Μέσω της Ανάλυσης Παραγόντων καταβλήθηκε προσπάθεια να καθοριστούν οι κυριότεροι παράγοντες οι οποίοι προσδιορίζουν συσχέτιση χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού.

Τελικά, στην Ανάλυση Παραγόντων εισήχθησαν ως μεταβλητές προς ανάλυση οι απαντήσεις των οδηγών στις εξής ερωτήσεις:

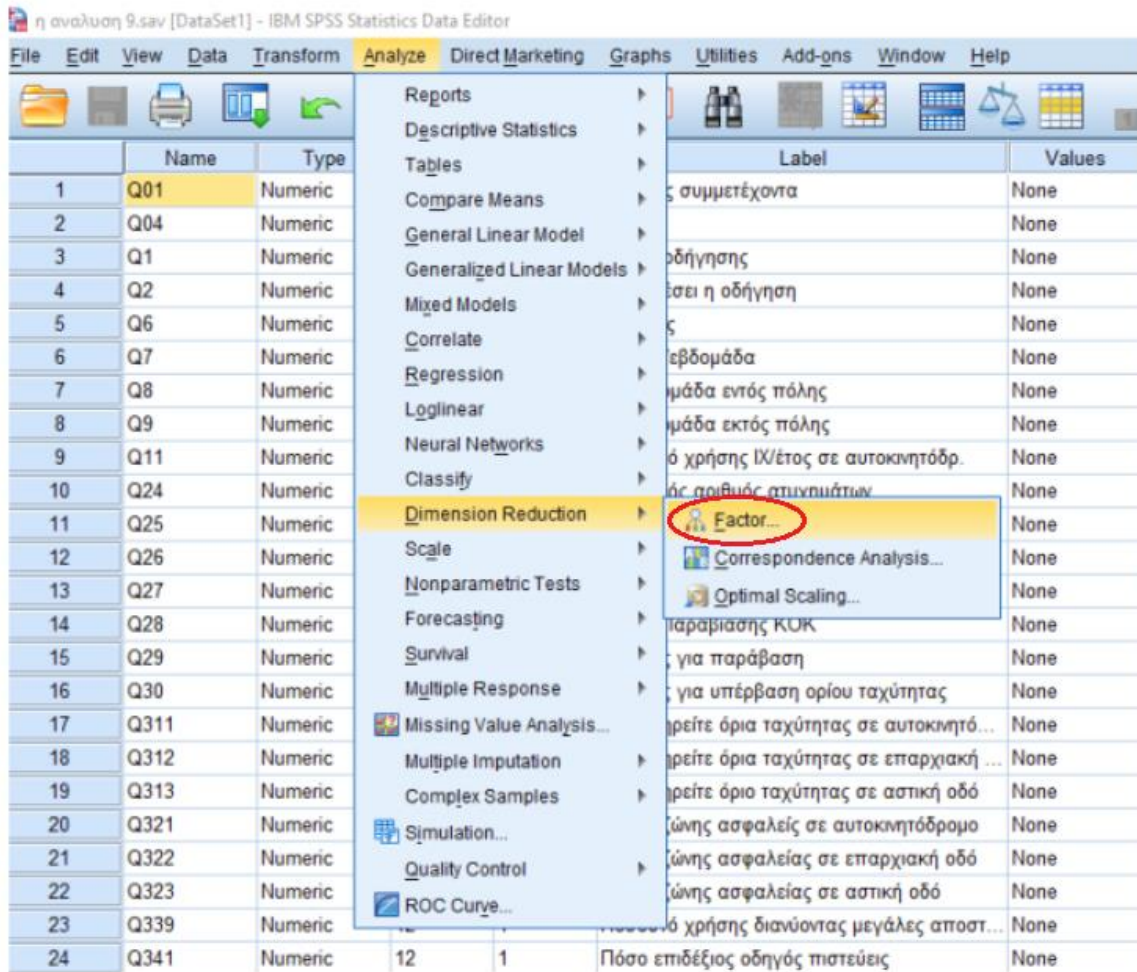
1. Πόσα ατυχήματα συνολικά είχατε ως οδηγός μέχρι σήμερα;
2. Πόσες φορές τα τελευταία δύο χρόνια, παραβιάσατε τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας ενώ οδηγούσατε;
3. Πόσο τηρείτε τα όρια ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο;
4. Πόσο επιθετικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε;
5. Πόσο συχνά θεωρείτε ότι φρενάρτε απότομα;
6. Πόσο συχνά θεωρείτε ότι επιταχύνετε απότομα;
7. Πόσο συχνά θεωρείτε ότι στρίβετε απότομα;

Καθώς και η βαθμολογία από την αξιολόγηση σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης των εξής επιδόσεων ασφάλειας:

1. Braking
2. Accelerating
3. Headways

**Τα βήματα της Ανάλυσης Παραγόντων που εφαρμόστηκαν είναι τα εξής:**

1<sup>ο</sup> : Μετά την εισαγωγή της βάση δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε η εντολή analyze, με την οποία πραγματοποιείται στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Στη συνέχεια, ακολούθησε η επιλογή Dimension Reduction → Factor.



ΕΙΚΟΝΑ 5.1: Διαδικασία επιλογής Ανάλυσης Παραγόντων

2<sup>ο</sup> : Επιλογή των μεταβλητών της Ανάλυσης Παραγόντων

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing
1	Q01	Numeric	3	0	Κωδικός συμμετέχοντα	None	None
2	Q04	Numeric	12	1	Ηλικία	None	None
3	Q1	Numeric	2	0	Χρόνια οδήγησης	None	None
4	Q2	Numeric	1			None	None
5	Q6	Numeric	1			None	None
6	Q7	Numeric	1			None	None
7	Q8	Numeric	1			None	None
8	Q9	Numeric	1			None	None
9	Q11	Numeric	1			None	None
10	Q24	Numeric	8			None	None
11	Q25	Numeric	1			None	None
12	Q26	Numeric	1			None	None
13	Q27	Numeric	1			None	None
14	Q28	Numeric	1			None	None
15	Q29	Numeric	1			None	None
16	Q30	Numeric	1			None	None
17	Q311	Numeric	1			None	None
18	Q312	Numeric	12	1	Πόσο τηρείτε όρια ταχύτητας σε επαρχιακή ...	None	None
19	Q313	Numeric	12	1	Πόσο τηρείτε όριο ταχύτητας σε αστική οδό	None	None
20	Q321	Numeric	12	1	Χρήση ζώνης ασφαλείας σε αυτοκινητόδρομο	None	None
21	Q322	Numeric	12	1	Χρήση ζώνης ασφαλείας σε επαρχιακή οδό	None	None
22	Q323	Numeric	12	1	Χρήση ζώνης ασφαλείας σε αστική οδό	None	None
23	Q339	Numeric	12	1	Ποσοστό χρήσης διανύοντας μεγάλες αποστ...	None	None
24	Q341	Numeric	12	1	Πόσο επιδέξιος οδηγός πιστεύεις	None	None

ΕΙΚΟΝΑ 5.2: Επιλογή Μεταβλητών

3<sup>ο</sup> : Εξαγωγή παραγόντων (Extraction)

- Επιλογή μεθόδου: ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Components).
- Υπολογισμός πίνακα συσχέτισης (Correlation matrix).
- Επιλογή εμφάνισης της αρχικής λύσης πριν την περιστροφή των αξόνων (Unrotated factor solution), καθώς και τα αποτελέσματα του Scree test (Scree Plot).
- Επιλογή κριτηρίου: Ιδιοτιμές (eigenvalues) > 1. (Kaiser's Criterion ή Kaiser – Guttman rule). Οι παράγοντες με ιδιοτιμή > 1 θεωρούνται ως παράγοντες με κάποιο ερμηνευτικό νόημα.

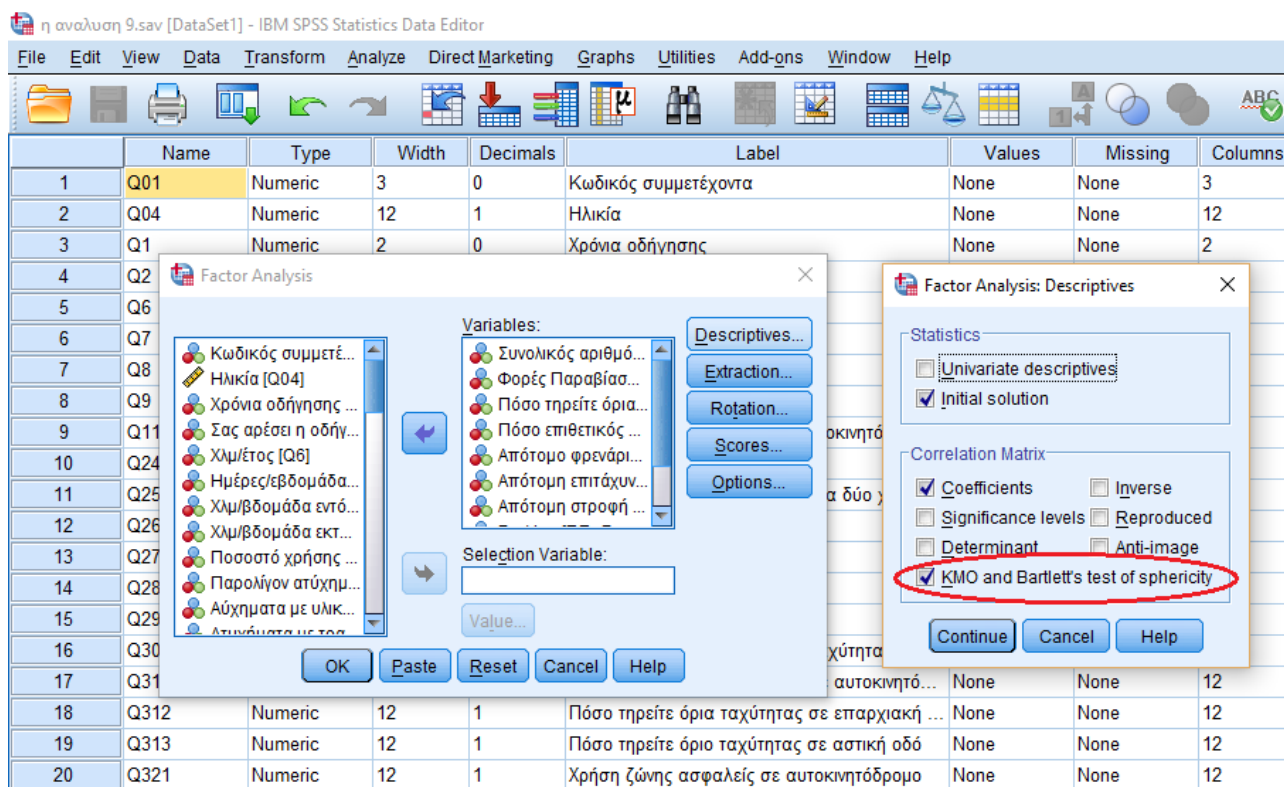
4<sup>ο</sup> : Επιλογή μεθόδου περιστροφής (Rotation)

Η περιστροφή των παραγόντων (factor rotation) αποσκοπεί στην καλύτερη ανίχνευση και ερμηνεία των παραγόντων που μπορούν να περιγράψουν τα δεδομένα. Η μέθοδος περιστροφής που επιλέχθηκε είναι η Varimax Rotation, μία μέθοδος ορθογωνικής περιστροφής (Orthogonal rotation), θεωρώντας ότι οι μεταβλητές δεν είναι συσχετισμένες μεταξύ τους.

5<sup>ο</sup> : Επιλογή περιγραφικών χαρακτηριστικών των μεταβλητών (Descriptives).

Οι σημαντικότερες επιλογές που πρέπει να αναφερθούν εδώ είναι:

- Ο πίνακας συντελεστών συσχέτισης (Correlation – Coefficient Matrix). Πολύ υψηλά συσχετιζόμενες μεταβλητές κρίνονται ως ακατάλληλες.
- Ο δείκτης **Kaiser-Meyer-Olkin** (KMO) και ο δείκτης **Bartlett's Test of Sphericity**. Αποδεκτές είναι συνήθως τιμές μεγαλύτερες του 0,50 για το πρώτο και  $p < 0.05$  για το δεύτερο αντίστοιχα.



**ΕΙΚΟΝΑ 5.3:** Επιλογή Περιγραφικών Χαρακτηριστικών

**6°** : Άλλες επιλογές (Options)

Επιλέγεται να εμφανίζονται μόνο οι μεταβλητές που έχουν συντελεστή συσχέτισης μεγαλύτερο από 0,35 για τον παράγοντα που περιγράφουν, προς διευκόλυνση εύρεσης και κατανόησης των στατιστικά σημαντικών μεταβλητών κάθε παράγοντα.

**7°** : Πρώτη εφαρμογή της ανάλυσης παραγόντων. Εξαγωγή μεταβλητών σύμφωνα με τα κριτήρια της ανάλυσης παραγόντων.

- Από τον πίνακα συσχέτισης αν μία μεταβλητή έχει πολύ μικρή συσχέτιση με όλες τις άλλες, απαλείφεται στο επόμενο τρέξιμο. Επίσης, αποφεύγονται πολύ υψηλές συσχετίσεις μεταξύ δύο μεταβλητών.
- Από την εκτίμηση της βαρύτητας των παραγόντων. Αρχικά απαλείφεται η μεταβλητή με τη μικρότερη βαρύτητα. Επαναλαμβάνεται η Ανάλυση Παραγόντων χωρίς τη μεταβλητή αυτή.
- Ελέγχεται αν ικανοποιείται το κριτήριο ΚΜΟ.
- Ελέγχεται αν οι συνιστώσες που προέκυψαν εξηγούν ένα μεγάλο ποσοστό από τη συνολική διακύμανση. Θεωρήθηκε ικανοποιητικό το ποσοστό να είναι μεγαλύτερο του 60%.

**8°** : Αποθήκευση παραγόντων ως μεταβλητές

Μετά την εύρεση του κατάλληλου μοντέλου, το οποίο ικανοποιεί τα παραπάνω κριτήρια, το πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης δίνει τη δυνατότητα οι παράγοντες να αποθηκεύονται ως νέες μεταβλητές, οι οποίες θα εισαχθούν ως δεδομένα εισόδου στην Ανάλυση Ομαδοποίησης που θα ακολουθήσει.

### 5.2.2 Αποτελέσματα Ανάλυσης Παραγόντων

Αρχικά εισήχθησαν διαδοχικά διάφορες ομάδες μεταβλητών με αρκετές μεταβλητές σε κάθε ομάδα, ούτως ώστε να ελεγχθούν όλες οι διαθέσιμες μεταβλητές. Οι μεταβλητές που εξετάστηκαν και δε λήφθηκαν τελικώς υπ' όψιν ως δεδομένα για τη στατιστική ανάλυση αφορούσαν κυρίως σε δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων (φύλο, επάγγελμα, οικογενειακή κατάσταση, επίπεδο εκπαίδευσης) και πληροφορίες σχετικά με το όχημα του κάθε συμμετέχοντα (κυβισμός, ασφάλεια).

Ύστερα από την παραπάνω επεξεργασία των δεδομένων προέκυψαν οι στατιστικά σημαντικότερες μεταβλητές. Από τις αρχικά 78 ερωτήσεις και τις 16 μεταβλητές της αξιολόγησης που εισήχθησαν, απαλείφθηκαν οι περισσότερες είτε λόγω μικρής βαρύτητας, είτε λόγω υψηλής συσχέτισης με κάποια άλλη. Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται οι 10 μεταβλητές που προέκυψαν στο τελικό μοντέλο της ανάλυσης παραγόντων καθώς και η βαρύτητα της κάθε μίας από αυτές.

Communalities		
	Αρχική	Τελική
Πόσα ατυχήματα συνολικά είχατε ως οδηγός μέχρι σήμερα;	1.000	.577
Πόσες φορές τα τελευταία δύο χρόνια, παραβιάσατε τον Κ.Ο.Κ ενώ οδηγούσατε;	1.000	.849
Πόσο τηρείτε τα όρια ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο;	1.000	.949
Πόσο επιθετικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε;	1.000	.675
Πόσο συχνά επιταχύνετε απότομα;	1.000	.908
Πόσο συχνά φρενάρετε απότομα;	1.000	.935
Πόσο συχνά στρίβετε απότομα;	1.000	.816
Braking	1.000	.700
Accelerating	1.000	.903
Headways	1.000	.902

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1:** Μεταβλητές της ανάλυσης παραγόντων και βαρύτητα της κάθε μίας

Από την Ανάλυση Παραγόντων προέκυψαν οι παράγοντες, ο καθένας από τους οποίους περιλαμβάνει μια ομάδα από τις παραπάνω μεταβλητές. Η κατανομή των μεταβλητών στους παράγοντες φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της μεταβλητής τόσο μεγαλύτερη βαρύτητα έχει για τον συγκεκριμένο παράγοντα. Το πρόσημο ερμηνεύει το αν η συγκεκριμένη μεταβλητή έχει απαντηθεί προς τις μικρές τιμές (αρνητικό πρόσημο), ή προς τις μεγάλες τιμές (θετικό πρόσημο), ούτως ώστε να επεξηγηθεί ανάλογα με την κλίμακα που είναι βαθμονομημένη.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.2 προέκυψαν συνολικά 4 παράγοντες, όμως θα αξιοποιηθούν μόνο οι τρεις πρώτοι, διότι ο τελευταίος δε μπορεί να ερμηνευθεί λογικά.

Component Matrix				
Μεταβλητές	Παράγοντες			
	1	2	3	4
Πόσα ατυχήματα συνολικά είχατε ως οδηγός μέχρι σήμερα;	.740			
Πόσες φορές τα τελευταία δύο χρόνια, παραβιάσατε τον Κ.Ο.Κ ενώ οδηγούσατε;		.714	-.541	
Πόσο τηρείτε τα όρια ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο;	-.926			
Πόσο επιθετικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε;		-.667		
Πόσο συχνά επιταχύνετε απότομα;	.860			
Πόσο συχνά φρενάρτε απότομα;	.680		.660	
Πόσο συχνά στρίβετε απότομα;	.898			
Braking		-.523		
Accelerating		.589		.625
Headways			-.550	.653

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2:** Παράγοντες Ανάλυσης

Συνεχίζοντας στην ανάλυση ακολουθεί ο Πίνακας 5.3, όπου εμφανίζει τα ποσοστά της διακύμανσης για κάθε μεταβλητή που αντιστοιχούν στους αντίστοιχους παράγοντες. Όσο μεγαλύτερη είναι η ιδιοτιμή, τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της διακύμανσης που εξηγεί ένας παράγοντας.

Παρατηρείται ότι μόνο για τους τέσσερις πρώτους παράγοντες οι ιδιοτιμές είναι υψηλές (πάνω από 1.0). Για το λόγο αυτό, στις στήλες μετά την περιστροφή συμπεριλαμβάνονται μόνο οι τέσσερις πρώτοι παράγοντες. Όμως όπως προαναφέρθηκε θα αξιοποιηθούν οι τρεις πρώτοι παράγοντες, οι οποίοι «εξηγούν» το 68.54% της συνολικής διακύμανσης. Γενικά ένα ποσοστό συνολικής διακύμανσης πάνω από 60% θεωρείται ικανοποιητικό για τους εξαγόμενους παράγοντες.

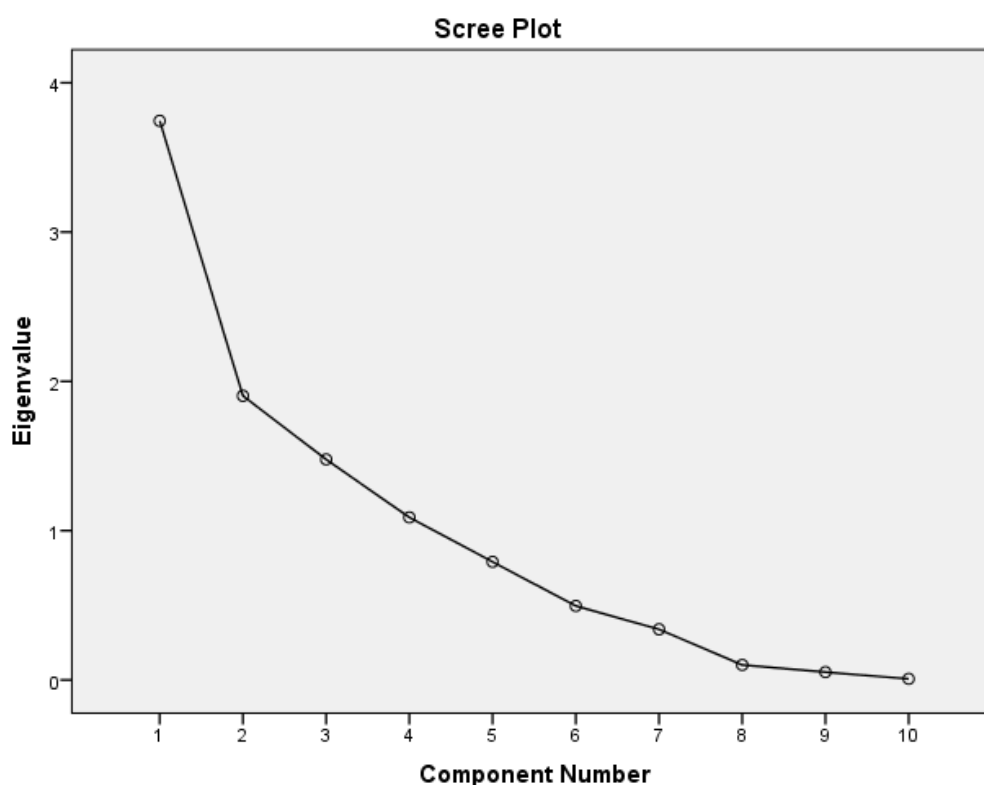
Συνολική Διακύμανση						
Παράγοντας	Αρχικές ιδιοτιμές			Ιδιοτιμές μετά την περιστροφή		
	Σύνολο	% Διακύμανσης	Αθροιστικό %	Σύνολο	% Διακύμανσης	Αθροιστικό %
1	3.745	37.451	37.451	3.671	36.712	36.712
2	1.903	19.032	56.483	1.668	16.678	53.389
3	1.477	14.769	71.253	1.515	15.150	<b>68.539</b>
4	1.089	10.890	82.143	1.360	13.604	82.143
5	.791	7.912	90.055			
6	.496	4.956	95.011			
7	.339	3.391	98.402			
8	.100	1.002	99.404			
9	.052	.524	99.928			
10	.007	.072	100.000			

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3:** Ποσοστά διακύμανσης



Το Scree Plot, που ακολουθεί, απεικονίζει τους παράγοντες στον οριζόντιο άξονα και τις αντίστοιχες ιδιοτιμές στον κάθετο άξονα. Η καμπύλη του scree plot, κατεβαίνοντας από αριστερά προς τα δεξιά, συνεπάγεται μείωση των ιδιοτιμών. Το σημείο στο οποίο η γωνία αλλάζει κλίση αντιπροσωπεύει τον αριθμό των παραγόντων που θα πρέπει να συμπεριληφθούν στην ανάλυση. Όμως το σημείο της αλλαγής της κλίσης είναι υποκειμενικό και στηρίζεται στην κρίση του ερευνητή.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα φαίνεται ότι η κάθετη πτώση διατηρείται μέχρι και τον τέταρτο παράγοντα, ενώ στον πέμπτο η καμπύλη έχει ήδη αρχίσει να γίνεται οριζόντια.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1:** Scree Plot

Δείκτης Kaiser-Meyer-Olkin για την επάρκεια του δείγματος	<b>0,240</b>
Bartlett's Test Έλεγχος σφαιρικότητας	<b>0,020</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4:** Δείκτες ΚΜΟ & Bartlett's Test

Σύμφωνα με τον Πίνακα 5.4 δεν ικανοποιείται το κριτήριο επάρκειας του δείγματος αφού ο δείκτης ΚΜΟ είναι  $0,240 < 0,50$  (που λαμβάνεται συνήθως ως αποδεκτή τιμή), όπως ήταν αναμενόμενο λόγω του μικρού αριθμού των συμμετεχόντων. Ικανοποιείται όμως ο έλεγχος σφαιρικότητας του Bartlett ( $0,020 < 0,050$ ), ο οποίος εξετάζει την ύπαρξη συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών και παρέχει τη στατιστική πιθανότητα, ο πίνακας συσχετίσεων να περιέχει σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ, τουλάχιστον, κάποιων μεταβλητών.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1:** Σχηματική απεικόνιση παραγόντων

Στο σημείο αυτό γίνεται μια προσπάθεια να επεξηγηθούν οι κυριότεροι παράγοντες οι οποίοι περιγράφουν τη συσχέτιση χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού, όπως αυτοί προκύπτουν από το Διάγραμμα 5.1 και σύμφωνα με τα ποσοστά διακύμανσης που προαναφέρθηκαν στον Πίνακα 5.3. Πιο αναλυτικά τα αποτελέσματα της ανάλυσης παραγόντων έδειξαν τα εξής:

➤ Ο **πρώτος παράγοντας** επεξηγεί το **36,71%** της διακύμανσης και περιλαμβάνει τον συνολικό αριθμό ατυχημάτων που έχει εμπλακεί ο οδηγός, το πόσο τηρεί τα όρια ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο και τη συχνότητα με την οποία φρενάρει, στρίβει και επιταχύνει απότομα το όχημα. Συγκεκριμένα αφορά στην **αντίληψη** του οδηγού σχετικά με την **επιπόλαιη οδήγηση**. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η οδήγηση που περιλαμβάνει τη μη τήρηση ορίων ταχύτητας, απότομη πέδηση, επιτάχυνση και στροφή υποδηλώνει οδηγούς που δρουν απερίσκεπτα και αντιδρούν επικίνδυνα. Ακόμη ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων που έχει εμπλακεί ο οδηγός σχετίζεται άμεσα με τις παραπάνω μεταβλητές. Το γεγονός ότι ο παράγοντας που επεξηγεί το μεγαλύτερο ποσοστό της διακύμανσης (36,71%), περιλαμβάνει μόνο μεταβλητές από το ερωτηματολόγιο εξηγείται λογικά, αφού όπως προέκυψε από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, η πλειονότητα των ερευνητών χρησιμοποιεί μέτρα αυτοαναφοράς για την αποκάλυψη της οδηγικής συμπεριφοράς και δεξιότητας.

➤ Ο **δεύτερος παράγοντας** αναφέρεται στην **επιθετικότητα** και επεξηγεί το **16,68%** της διακύμανσης. Αποκαλύπτει την επιθετική συμπεριφορά του οδηγού, μέσα από μεταβλητές του ερωτηματολογίου, όπως τον αριθμό των παραβιάσεων του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας, την αντίληψη του οδηγού σχετικά με το πόσο επιθετικός είναι στην οδήγηση, αλλά και την αξιολόγηση του στον τρόπο που φρενάρει και επιταχύνει σε κανονικές συνθήκες οδήγησης σε υπεραστική οδό (Braking, Accelerating). Αυτό εξηγείται λογικά αφού το πόσο καλά φρενάρει και επιταχύνει το όχημα ένας οδηγός αποτελεί την πρώτη παρατήρηση των επιβατών του οχήματός του. Επίσης από πληθώρα ερευνών οι μεταβλητές «Braking» και «Accelerating» κρίνονται πολύ σημαντικές στον χαρακτηρισμό των οδηγών. Ένας ακόμη λόγος που παρουσιάζει ενδιαφέρον ο συγκεκριμένος παράγοντας είναι επειδή περιλαμβάνει την αντίληψη του οδηγού σχετικά με το πόσο επιθετικός

πιστεύει ότι είναι κατά την οδήγηση, κάτι που υποδηλώνει άμεση σύνδεση με τις προαναφερθείσες μεταβλητές.

➤ Ο  **τρίτος και τελευταίος παράγοντας** επεξηγεί το 15,15% της διακύμανσης και αφορά στην **προσεκτική οδήγηση**, καθώς περιλαμβάνει την αυτοαναφερόμενη συχνότητα με την οποία φρενάρει απότομα ο οδηγός, αλλά και το πόσο καλά διατηρεί απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, όπως βαθμολογήθηκε από τον αξιολογητή. Αυτό ερμηνεύεται ορθά μιας και η σωστή και έγκαιρη πέδηση σχετίζεται άμεσα με την προσεκτική οδήγηση. Τέλος, η μεταβλητή «Headways» αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό των επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού, αφού συνηθίζεται οι προσεκτικοί οδηγοί να διατηρούν απόσταση ασφαλείας από το προπορευόμενο όχημα και επομένως να έχουν επαρκή χρόνο για να παρατηρήσουν και να προβλέψουν τον επερχόμενο κίνδυνο ώστε να αντιδράσουν σωστά προς αποφυγήν του ατυχήματος.

Το σύνολο των τριών παραγόντων οι οποίοι προέκυψαν από την ανάλυση επεξηγεί το **68,54%** της διακύμανσης. Οι παράγοντες αυτοί περιγράφουν τα χαρακτηριστικά των οδηγών που συμμετείχαν στην έρευνα, την αντίληψη τους για θέματα που αφορούν στη δική τους συμπεριφορά, καθώς και τις επιδόσεις ασφάλειας, όπως αυτές αξιολογήθηκαν σε κανονικές συνθήκες οδήγησης.

### **5.3 Ανάλυση ομαδοποίησης σε δύο βήματα (two step-cluster analysis)**

#### **5.3.1 Εφαρμογή Ανάλυσης Ομαδοποίησης**

Με την ολοκλήρωση της Ανάλυσης Παραγόντων, ακολούθησε η περαιτέρω στατιστική επεξεργασία με χρήση της μεθόδου της ανάλυσης ομαδοποίησης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η Ανάλυση Ομαδοποίησης χρησιμοποιείται προκειμένου σε ένα δείγμα πληθυσμού να προσδιοριστούν ομάδες, τα χαρακτηριστικά των μελών των οποίων είναι ομοειδή ως προς ορισμένες μεταβλητές που επιλέγονται ανάλογα με την επιθυμητή ανάλυση. Στόχος ήταν να κατηγοριοποιηθούν οι οδηγοί ανάλογα με τα χαρακτηριστικά και τις επιδόσεις ασφάλειας.

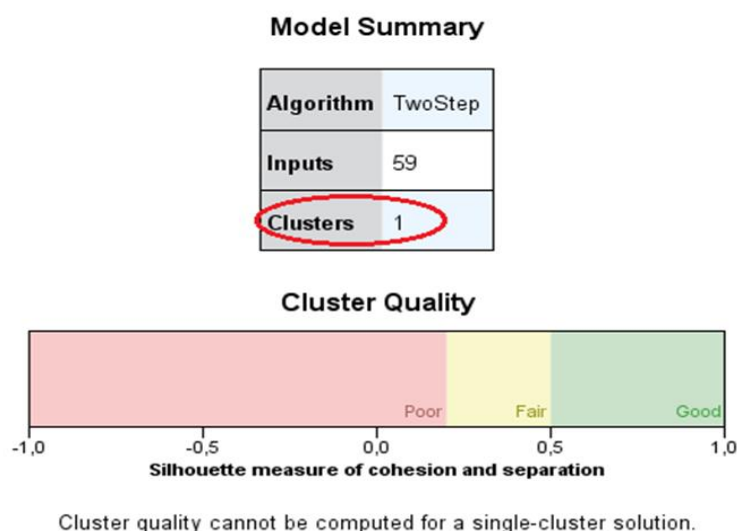
Όπως προαναφέρθηκε, ως μεταβλητές εισόδου στην Ανάλυση Ομαδοποίησης χρησιμοποιήθηκαν οι νέες μεταβλητές που δημιουργήθηκαν μετά την εξαγωγή παραγόντων. Το πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης, δίνει τη δυνατότητα οι παράγοντες οι οποίοι προκύπτουν να αποθηκευτούν ως νέες μεταβλητές, υπό τη μορφή νέων στηλών στη βάση δεδομένων. Επομένως, προέκυψαν τρεις νέες στήλες, όσες δηλαδή και οι παράγοντες της Ανάλυσης Παραγόντων.

Μετά την εισαγωγή της βάση δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε η εντολή Analyze, με την οποία πραγματοποιείται στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Στη συνέχεια, ακολούθησε η επιλογή Classify → Two Step-Cluster.

### 5.3.2 Αποτελέσματα Ανάλυσης Ομαδοποίησης

Μετά από πολλές δοκιμές με διαφορετικούς συνδυασμούς μεταβλητών, η μέθοδος της Ανάλυσης Ομαδοποίησης δεν έδωσε αξιόπιστα αποτελέσματα. Σε όλες τις δοκιμές προέκυψε μία μόνο ομάδα που περιελάμβανε όλο το δείγμα, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.

Επομένως, η μέθοδος της Ανάλυσης Ομαδοποίησης δε χρησιμοποιήθηκε στη στατιστική ανάλυση και η διαδικασία συνεχίστηκε με την αναζήτηση του κατάλληλου μαθηματικού μοντέλου που θα περιγράψει επαρκώς τη συσχέτιση χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού.



**ΕΙΚΟΝΑ 5.4:** Αποτέλεσμα μεθόδου Ανάλυσης Ομαδοποίησης

## 5.4 Ανάπτυξη και Εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η διαδικασία ανάλυσης για τον προσδιορισμό της οδηγικής συμπεριφοράς με έναν **δείκτη συνολικής επίδοσης (overall on road driving performance score)** και διερευνάται η επιρροή του συγκεκριμένου δείκτη σε σχέση με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του οδηγού. Συνολικά θα πραγματοποιηθεί μία στατιστική ανάλυση με πολυάριθμες δοκιμές διάφορων συνδυασμών των μεταβλητών ούτως ώστε να διερευνηθούν οι μεταβλητές που επηρεάζουν περισσότερο τον δείκτη συνολικής επίδοσης. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι να υπολογισθεί ένα στατιστικά σημαντικό μοντέλο από το οποίο αναδεικνύονται σαφώς τα χαρακτηριστικά του οδηγού στον δείκτη συνολικής επίδοσης καθώς και να ερευνηθούν οι λοιπές μεταβλητές που επηρεάζουν τον συγκεκριμένο δείκτη. Εύλογα επιδιώκεται το στατιστικό μοντέλο που θα επιλεγεί να χαρακτηρίζεται από την εύκολη επεξηγηματικότητα των μεταβλητών που το συνθέτουν.

### 5.4.1 Δεδομένα εισόδου – Καθορισμός μεταβλητών

Στα στατιστικά μοντέλα προσδιορισμού της συσχέτισης χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού με χρήση ερωτηματολογίων και αξιολόγησης σε κανονικές συνθήκες οδήγησης εξετάστηκαν όλες οι μεταβλητές που περιγράφηκαν στο υποκεφάλαιο 4.3.1. Στο σημείο αυτό κρίθηκε απαραίτητη η περαιτέρω επεξεργασία της βάσης δεδομένων ώστε να είναι κατάλληλα διαμορφωμένη για την εισαγωγή της στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης. Συγκεκριμένα για κάθε μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές που αφορούσαν στο ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκαν τόσες στήλες όσες και οι πιθανές απαντήσεις. Αντίστοιχα για τις μεταβλητές από την αξιολόγηση δημιουργήθηκαν τέσσερις στήλες, όσες δηλαδή είναι και οι κατηγορίες στις οποίες βαθμολογήθηκαν οι οδηγοί (Bad, Insufficient, Sufficient, Good).

#### Παράδειγμα:

Για την ερώτηση «Πόσο επιδέξιος οδηγός πιστεύετε ότι είστε;» οι απαντήσεις, με την αντίστοιχη βαθμολόγηση, ήταν οι εξής:

- Καθόλου = 1
- Λίγο = 2
- Μέτρια = 3
- Αρκετά = 4
- Πολύ = 5

Επιπλέον, για κάθε μεταβλητή ορίζεται μια απάντηση ως **κατηγορία αναφοράς (reference category)**. Η επιλογή της κατηγορίας αναφοράς είναι μείζονος σημασίας στο σχεδιασμό της μελέτης, αφού από αυτήν εξαρτάται η ερμηνεία των αποτελεσμάτων του μοντέλου. Γι' αυτό το λόγο δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στη διαμόρφωση της τελικής βάσης δεδομένων.

Επισημαίνεται επίσης ότι, το πρόγραμμα αυτό αναγνωρίζει μόνο λατινικούς χαρακτήρες με λιγότερα από 8 ψηφία και όλες οι στήλες αποτελούνται από αριθμούς και όχι από κείμενο. Για το λόγο αυτό, κατά την αντιγραφή της βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό επιλέχθηκε η εντολή ειδική επικόλληση (paste special) → τιμές (values) ώστε να μεταφερθούν μόνο οι τιμές των κελιών. Επιπλέον, σε περίπτωση που λείπει κάποια τιμή, στη θέση της εισάγεται ειδική σταθερά (9999,000) η οποία δεν λαμβάνεται υπόψη στην στατιστική ανάλυση.

Τέλος μετά την εισαγωγή της βάσης δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε η επιλογή analyze, η οποία περιέχει όλες τις εντολές με τις οποίες πραγματοποιήθηκε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν περιγράφονται στη συνέχεια:

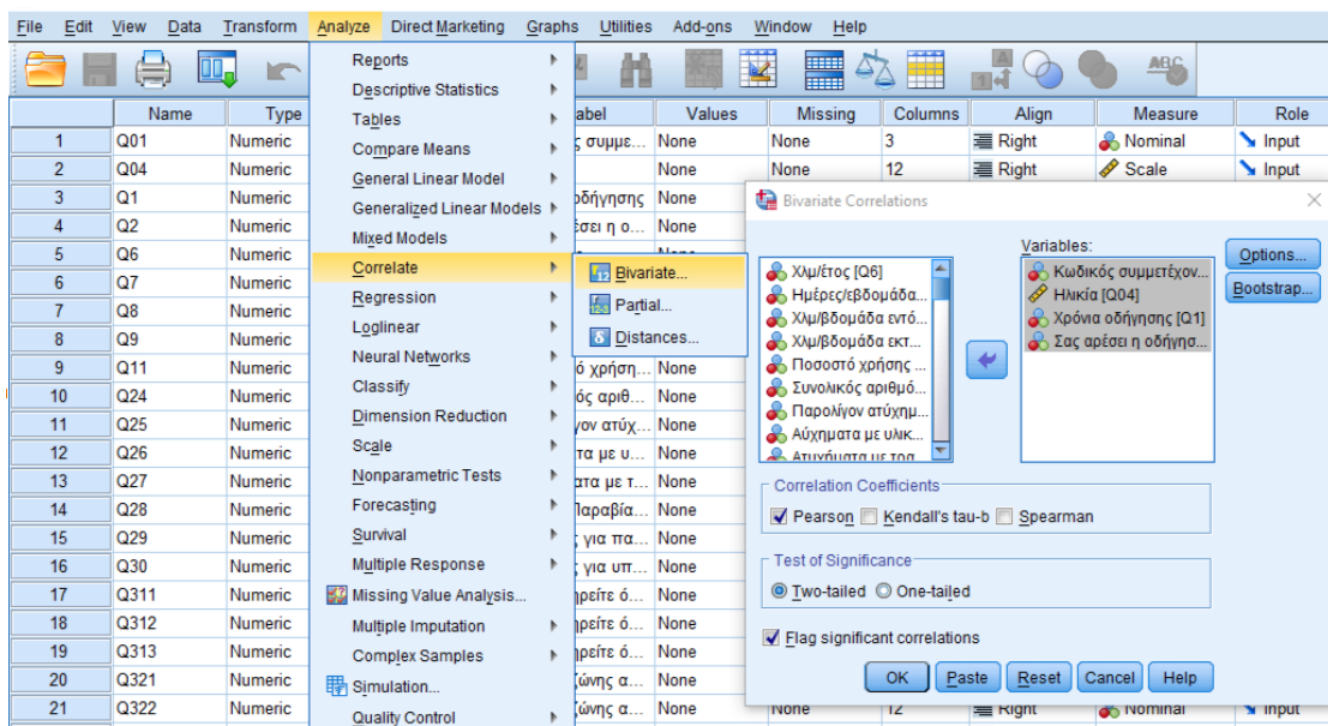
- ❖ Descriptive statistics: Πρόκειται για διαδικασία για την παραγωγή χρήσιμων περιγραφικών συναρτήσεων, όπως αυτή της μέσης τιμής, της τυπικής απόκλισης, του μέγιστου και του ελάχιστου (analyze → descriptive statistics → Descriptives → options).
- ❖ Correlate: Πρόκειται για διαδικασία για τη μέτρηση της συσχέτισης ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών. Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο πλαίσιο Variables (analyze → correlate → bivariate correlations).

- ❖ Regression: Πρόκειται για διαδικασία που εκτελεί διάφορα είδη αναλύσεων παλινδρόμησης.

#### 5.4.2 Συσχέτιση μεταβλητών

Το εδάφιο αυτό αφορά στη διερεύνηση της **συσχέτισης των μεταβλητών**. Πρακτικά εκείνο που επιδιώκεται είναι η μέγιστη δυνατή συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών και μηδενική συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η διαδικασία της μέτρησης της συσχέτισης ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών πραγματοποιείται και πάλι μέσω της εντολής analyze (analyze → correlate → bivariate correlations) του ειδικού στατιστικού λογισμικού (Εικόνα 5.5).

Οι μεταβλητές που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας εισάγονται στο πεδίο Variables. Απόλυτες τιμές των συντελεστών συσχέτισης κοντά στη μονάδα δείχνουν ισχυρή συσχέτιση, ενώ τιμές κοντά στο μηδέν φανερώνουν ανύπαρκτη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.



**ΕΙΚΟΝΑ 5.5 :** Διαδικασία συσχέτισης μεταβλητών



Στη συνέχεια, το αποτέλεσμα της συσχέτισης μεταβλητών, εισάχθηκε σε φύλλο υπολογισμού Excel με τη μορφή πίνακα, όπου επεξεργάστηκε και φέρει την τελική του μορφή (Πίνακας 5.5). Όπως προαναφέρθηκε, για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου, απαιτείται η μη ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών που θα συμπεριληφθούν σε αυτό. Συνεπώς οι ανεξάρτητες μεταβλητές που εμφάνισαν υψηλή συσχέτιση (μεγαλύτερη από 0.6) δεν ελήφθησαν υπόψη στα τελικά μοντέλα του δείκτη συνολικής επίδοσης, όπως αυτός προέκυψε από την διαδικασία της αξιολόγησης σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης.

Συνοψίζοντας, από τη διαδικασία απόρριψης μεταβλητών με υψηλή συσχέτιση προέκυψαν τελικά **12 μεταβλητές**, όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα.

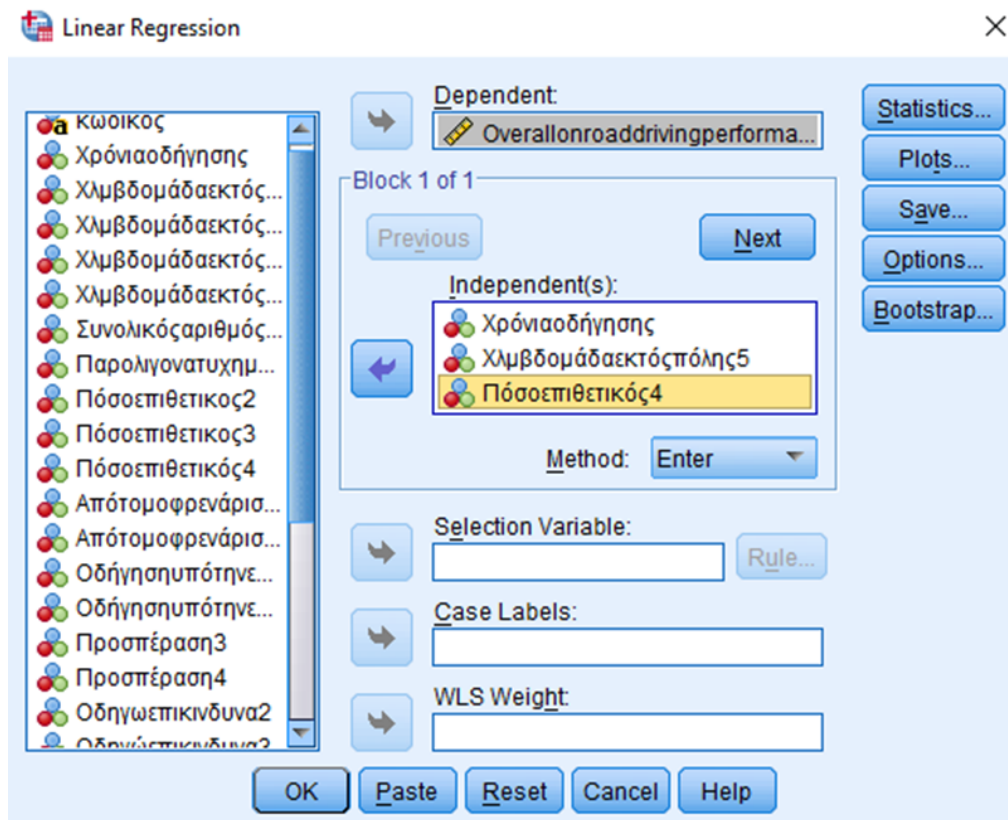
Correlations												
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	Έτη οδήγησης	Χλμ/βδομάδα εκτός πόλης	Συνολικός αριθμός ατυχημάτων	Παρολίγον ατύχημα τα τελευταία δύο χρόνια	Πόσο επιδέξιος οδηγός πιστεύετε ότι είστε	Πόσο επιθετικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε	Απότομο φρενάρισμα	Προσπέραση προπορευόμενων οχημάτων	Braking	Accelerating	Headways	Defensive driving
Έτη οδήγησης	1											
Χλμ/βδομάδα εκτός πόλης	.228	1										
Συνολικός αριθμός ατυχημάτων	.127	-.241	1									
Παρολίγον ατύχημα τα τελευταία δύο χρόνια	-.514	.383	-.250	1								
Πόσο επιδέξιος οδηγός πιστεύετε ότι είστε	.217	-.350	.027	-.576	1							
Πόσο επιθετικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε	.133	.000	.322	.091	.115	1						
Απότομο φρενάρισμα	.028	.301	.341	.357	-.582	.255	1					
Προσπέραση προπορευόμενων οχημάτων	.539	.390	.091	.099	.025	.165	-.093	1				
Braking	-.531	.033	.170	.275	-.090	.196	.242	-.243	1			
Accelerating	.389	.339	-.288	.219	-.278	-.366	.205	.506	-.032	1		
Headways	.021	-.165	.077	-.039	.388	.353	-.286	.443	.186	-.032	1	
Defensive driving	.109	.147	-.343	.174	.044	.058	-.293	.570	.075	.420	.376	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 : Συσχέτιση τελικών μεταβλητών του μοντέλου

### 5.4.3 Μοντέλα Γραμμικής Παλινδρόμησης

Η επιλογή της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης, βασίστηκε αφενός στο γεγονός ότι η μεταβλητή που εξετάζεται (εξαρτημένη) είναι συνεχής και αφετέρου στο ότι η κατανομή που ακολουθεί μπορεί να θεωρηθεί ότι προσεγγίζει την κανονική. Η διαδικασία της γραμμικής παλινδρόμησης εφαρμόζεται μέσω της ακολουθίας των εντολών: analyze → regression → linear.

Τη μετάβαση στην επιλογή linear διαδέχεται ο **καθορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών**. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές, βάσει των οποίων θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο Independent(s). Στο πλαίσιο Method μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών. Αυτή συνήθως αφήνεται «Enter», που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όσες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Independent(s) με τη σειρά που γράφονται εκεί.



**ΕΙΚΟΝΑ 6.6:** Επιλογή ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι το τελικό μοντέλο που προέκυψε ήταν αποτέλεσμα μιας σειράς δοκιμών, κατά τις οποίες αναπτύχθηκαν αρκετά μαθηματικά μοντέλα που περιελάμβαναν συνδυασμούς όλων των μεταβλητών που καταγράφηκαν ανωτέρω. Τα μοντέλα αυτά αξιολογήθηκαν με βάση τα αποτελέσματα των στατιστικών ελέγχων, όπως αυτοί έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο (Θεωρητικό Υπόβαθρο), αλλά και με βάση τη λογική εξήγηση των αποτελεσμάτων. Προτεραιότητα δίδεται βεβαίως στην περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης των δεδομένων εξόδου της ανάλυσης και κατ' επέκταση του μοντέλου.

Αναφέρεται ότι κάθε φορά που εξεταζόταν κάποιο στατιστικό πρότυπο, χρησιμοποιούνταν, αρχικά, όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές και στη συνέχεια απορρίπτονταν όσες είχαν  $t$  μικρότερο από 1.700. Επισημαίνεται ότι τα τελικά αποτελέσματα επιλέχθηκαν έπειτα από πολλές δοκιμές. Το πιο συχνό πρόβλημα που προέκυψε ήταν η χαμηλή σημαντικότητα ( $t < 1.700$ ). Το τελικό μοντέλο, που πληροί όλους τους στατιστικούς ελέγχους παρουσιάζεται στους πίνακες που ακολουθούν.

Variables Entered/Removed <sup>a</sup>			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Defensive driving 3, Έτη οδήγησης, Headways4, Επιδέξιος οδηγός 3 <sup>b</sup>		Enter

a. Dependent Variable: Overall on road driving performance score

b. All requested variables entered.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6:** Μεταβλητές εισόδου

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,907 <sup>a</sup>	.823	<b>.721</b>	.06097

a. Predictors: (Constant), Defensive driving 3, Έτη οδήγησης, Headways 4, Επιδέξιος οδηγός 3

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7:** Περίληψη μοντέλου

ANOVA <sup>a</sup>					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	.121	4	.030	8.115	,009 <sup>b</sup>
Residual	.026	7	.004		
Total	.147	11			

a. Dependent Variable: Overall on road driving performance score

b. Predictors: (Constant), Defensive driving 3, Έτη οδήγησης, Headways 4, Επιδέξιος οδηγός 3

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8:** Ανάλυση Διακύμανσης

Coefficients <sup>a</sup>					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	.449	.056		8.067	.000
Έτη οδήγησης	.010	.003	.569	3.250	.014
Headways 4	.142	.044	.555	3.198	.015
Επιδέξιος οδηγός 3	.141	.049	.554	2.857	.024
Defensive driving 3	.108	.044	.424	2.444	.045

a. Dependent Variable: Overall on road driving performance score

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9: Συντελεστές

Οι παραπάνω πίνακες περιλαμβάνουν βασικά στοιχεία για τη στατιστική ανάλυση, όπως τους συντελεστές συσχέτισης  $R^2$  και Adjusted  $R^2$ , τις ανεξάρτητες μεταβλητές που ορίζονται για κάθε εξαρτημένη μεταβλητή, δείχνοντας την τιμή του συντελεστή  $\beta_i$ , το τυπικό σφάλμα και την σημαντικότητα της κάθε μίας μεταβλητής.

#### 5.4.4 Περιγραφή αποτελεσμάτων

Σε συνέχεια της εμφάνισης του τελικού μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης, παρουσιάζεται η **μαθηματική σχέση** που προσδιορίζει την εξίσωση παλινδρόμησης και έχει ως εξαρτημένη μεταβλητή τον δείκτη συνολικής επίδοσης.

$$\begin{aligned} \text{Overall on road driving performance score} &= 0.449 \\ &+ 0.010*(\text{Έτη οδήγησης}) + 0.142*(\text{Headways 4}) + 0.141*(\text{Επιδέξιος οδηγός 3}) \\ &+ 0.108*(\text{Defensive driving 3}) \end{aligned}$$

Όπου:

Εξαρτημένη μεταβλητή:

*Overall on road driving performance score:* Δείκτης συνολικής επίδοσης, που προκύπτει από την αξιολόγηση σε κανονικές συνθήκες οδήγησης και βαθμολογείται από 0% έως 100%.

Ανεξάρτητες μεταβλητές:

*Έτη οδήγησης:* Η μεταβλητή αυτή αφορά στο πόσο καιρό οδηγεί ο συμμετέχων και αποτελεί την απάντηση στην ερώτηση «Πόσα χρόνια οδηγείτε;» (συνεχής μεταβλητή)

*Headways 4:* Ο συμμετέχων κρατάει επαρκή απόσταση από το προπορευόμενο όχημα χωρίς περαιτέρω διόρθωση από τον αξιολογητή (Βαθμολογία: 4 = Good), με κατηγορία αναφοράς τη μεταβλητή «Headways 2».

*Επιδέξιος οδηγός 3:* Η μεταβλητή αυτή αφορά στους συμμετέχοντες που αυτό-αξιολογήθηκαν μέσω του ερωτηματολογίου ως «μέτρια επιδέξιοι οδηγοί» στην ερώτηση «Πόσο επιδέξιος πιστεύετε ότι είστε;». Ως κατηγορία αναφοράς ορίστηκε η μεταβλητή «Επιδέξιος οδηγός 2».

*Defensive driving 3:* Ο συμμετέχων παρουσιάζει επαρκώς αμυντική οδήγηση, καθώς προβλέπει, αναγνωρίζει και λαμβάνει όλα τα απαραίτητα μέτρα προκειμένου να αποφύγει με ασφάλεια τους ενδεχόμενους οδικούς κινδύνους (Βαθμολογία: 3 = Sufficient) με κατηγορία αναφοράς τη μεταβλητή «Defensive driving 2».

Πρέπει να αναφερθεί πως ως κριτήριο καταλληλότητας του μοντέλου χρησιμοποιείται ο συντελεστής προσδιορισμού **Adjusted R<sup>2</sup>**, ο οποίος απομονώνει τους τυχαίους παράγοντες καθώς επικεντρώνεται μονάχα στους παράγοντες διακύμανσης των ανεξάρτητων μεταβλητών. Ο συντελεστής αυτός προέκυψε ίσος με 0.721, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.7. Συμπεραίνεται δηλαδή ότι 72.1% της συνολικής διακύμανσης οφείλεται στις ανεξάρτητες μεταβλητές: «Έτη οδήγησης», «Headways 4», «Πόσο επιδέξιος 3» και «Defensive driving 3» .

#### 5.4.5 Εξήγηση αποτελεσμάτων

Στο υποκεφάλαιο αυτό κρίνεται απαραίτητη η εξήγηση των βασικών αποτελεσμάτων της γραμμικής παλινδρόμησης μέσω της αξιολόγησης των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών και κατ' επέκταση της επιρροής τους στην εξαρτημένη μεταβλητή «Overall on road driving performance score». Πιο συγκεκριμένα:

➤ Η μεταβλητή «*Έτη οδήγησης*» επηρεάζει θετικά την εξαρτημένη μεταβλητή με συντελεστή 0.010. Το αποτέλεσμα αυτό είναι λογικά ερμηνεύσιμο αφού, όπως έχουν δείξει αρκετές έρευνες, η αύξηση των ετών οδήγησης συνεπάγεται μεγαλύτερη οδηγική εμπειρία και άρα καλύτερο δείκτη συνολικής επίδοσης. Επίσης, η συγκεκριμένη μεταβλητή θεωρείται στατιστικά σημαντική αφού η απόλυτη τιμή του δείκτη t-test είναι 3.250.

➤ Η θετική επιρροή της μεταβλητής «*Headways 4*» δείχνει ότι όσο περισσότερο παίρνει την τιμή 1, τόσο αυξάνεται η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Αυτό ίσως αιτιολογείται με το ότι η μεταβλητή «Headways 4» εκφράζει την ικανότητα του οδηγού να διατηρεί επαρκή απόσταση από το προπορευόμενο όχημα χωρίς περαιτέρω διόρθωση από τον αξιολογητή και όπως ήδη αναφέρθηκε αυτό αποτελεί πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό στην οδηγική συμπεριφορά. Ακόμα, η ανεξάρτητη μεταβλητή «Headways 4» εμφανίζει τον μεγαλύτερο συντελεστή στο μοντέλο με τιμή 0.142, δηλαδή αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στον δείκτη συνολικής επίδοσης του οδηγού

➤ Ο δεύτερος μεγαλύτερος συντελεστής ανήκει στη μεταβλητή «*Επιδέξιος οδηγός 3*». Εμφανίζεται με θετικό πρόσημο που σημαίνει πως όσο αυξάνεται η μεταβλητή της αυτοξιολόγησής τους περί επιδεξιότητας τόσο θα αυξάνεται ο δείκτης συνολικής επίδοσης. Αυτό ερμηνεύεται λογικά αφού έχει ως κατηγορία αναφοράς τη μεταβλητή «Επιδέξιος οδηγός 2», δηλαδή αφορά στους συμμετέχοντες που αυτό-χαρακτηριστήκαν ως «λίγο επιδέξιοι» οδηγοί. Επομένως όσο λιγότεροι «μη επιδέξιοι» οδηγοί εμφανίζονται στο μοντέλο τόσο καλύτερος είναι ο δείκτης συνολικής επίδοσης.

➤ Τέλος ο συντελεστής της μεταβλητής «*Defensive driving 3*» εμφανίζεται με θετικό πρόσημο και τιμή 0.108, γεγονός που δείχνει ότι οι οδηγοί που εμφάνισαν αμυντική στάση στην οδήγησή τους παρουσίασαν



μεγαλύτερο δείκτη συνολικής επίδοσης. Αυτό το αποτέλεσμα παρουσιάζει αρκετό ενδιαφέρον, μιας και όποιος οδηγεί αμυντικά, προσαρμόζει τον τρόπο με τον οποίο κινείται το όχημα του, με γνώμονα την αποφυγή ατυχήματος στις εκάστοτε συνθήκες κίνησης που αντιμετωπίζει, σε αντίθεση με την επιθετική οδήγηση, που χαρακτηρίζει τον μέσο Έλληνα οδηγό.

#### 5.4.6 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

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

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

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

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

Ο υπολογισμός της σχετικής επιρροής για κάθε μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές ακολούθησε την παρακάτω διαδικασία. Στη στήλη της σχετικής επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής εφαρμόστηκε η σχέση:

$$e_i = \beta_i * (X_i / Y_i),$$

όπου  $\beta_i$  ο συντελεστής της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής,  $X_i$  η τιμή της και  $Y_i$  η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Για την εξαγωγή της τιμής της σχετικής επιρροής, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ανωτέρω τιμών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η έννοια της επιρροής έχει νόημα μόνο για συνεχείς μεταβλητές και όχι για διακριτές μεταβλητές, αλλά στη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία υπολογίστηκε η σχετική επιρροή και για τις διακριτές μεταβλητές ως μια θεωρητική έννοια, μόνο για να πραγματοποιηθεί θεωρητικά μια σύγκριση μεταξύ των μεταβλητών του μοντέλου σε ότι αφορά στην επιρροή τους στην εξαρτημένη μεταβλητή.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Overall on road driving performance score			
	$\beta_i$	$t$	Σχετική επιρροή	
			$e_i$	$e_i^*$
Έτη οδήγησης	0.010	3.250	0.1806	4.0576
Headways 4	0.142	3.198	0.0454	1.0199
Επιδέξιος οδηγός 3	0.141	2.857	0.0445	1.0000
Defensive driving 3	0.108	2.444	0.1064	2.3917

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5 :** Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο

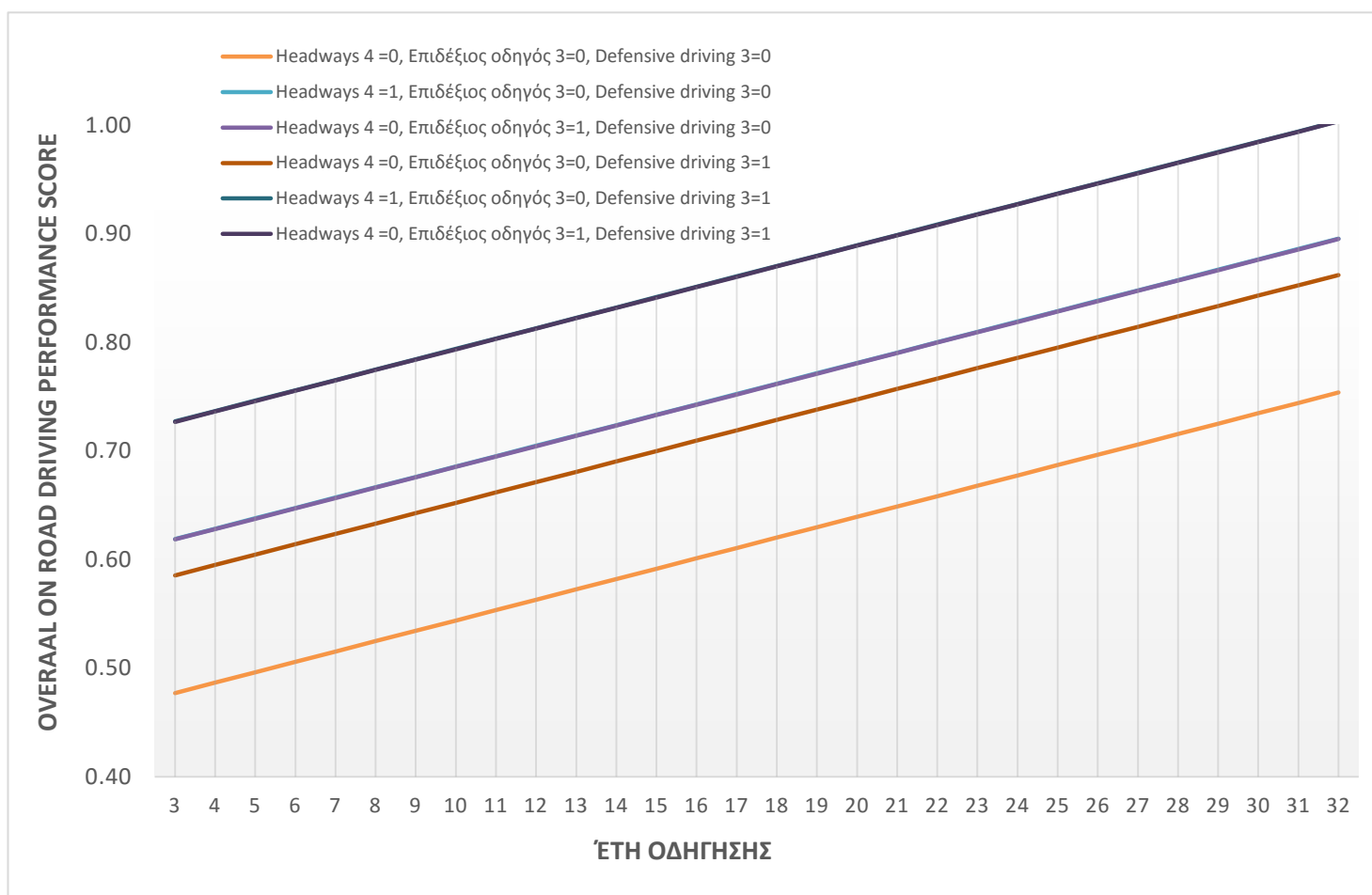
Από τον παραπάνω πίνακα, προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Στη στήλη  $e_i^*$  δίνεται ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη μεταβλητή.

Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών **στο μοντέλο του δείκτη συνολικής επίδοσης** παρατηρούμε τα εξής:

- Η επιρροή της μεταβλητής «Έτη οδήγησης» είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση και με τις τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές. Αυτό δείχνει τη σημαντικότητα της οδηγικής εμπειρίας στον δείκτη συνολικής επίδοσης. Συγκεκριμένα παρουσιάζει 4,06 φορές μεγαλύτερη επιρροή σε σχέση με τη μεταβλητή «Επιδέξιος οδηγός 3» και 1,7 φορές μεγαλύτερη επιρροή από τη μεταβλητή «Defensive driving 3».
- Από τις τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου η μεταβλητή «Defensive driving 3» έχει μεγαλύτερη επιρροή συγκριτικά με τις υπόλοιπες δύο. Συγκεκριμένα παρουσιάζει 2,39 και 2,34 φορές μεγαλύτερη επιρροή από τις μεταβλητές «Επιδέξιος οδηγός 3» και «Headways 4» αντίστοιχα. Αυτό φαίνεται να συμβαίνει διότι οι προαναφερθείσες μεταβλητές αποτελούν επιμέρους χαρακτηριστικά της οδηγικής συμπεριφοράς, ενώ η μεταβλητή της αμυντικής οδήγησης περιλαμβάνει ένα σύνολο χαρακτηριστικών και συνεπώς επηρεάζει περισσότερο τον δείκτη συνολικής επίδοσης.
- Σύμφωνα με τα ανωτέρω προκύπτει ότι οι μεταβλητές «Επιδέξιος οδηγός 3» και «Headways 4» εμφανίζουν τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο.

#### 5.4.7 Ανάλυση ευαισθησίας

Με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή, που προβλέπει το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης, αναπτύχθηκε το διάγραμμα ευαισθησίας. Το συγκεκριμένο διάγραμμα περιγράφει την ευαισθησία της εξεταζόμενης εξαρτημένης μεταβλητής (Overall on road driving performance score) όταν μεταβάλλεται μια εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών και οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η μεταβλητή που μεταβάλλεται είναι η συνεχής μεταβλητή που περιγράφει τα έτη οδήγησης. Τέλος αναφέρονται μερικές γενικές παρατηρήσεις.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1:** Μεταβολή του δείκτη συνολικής επίδοσης με τα έτη οδήγησης, για τις πιθανές τιμές των μεταβλητών «Headways 4», «Eπιδέξιος οδηγός 3» και «Defensive driving 3».

Από το ανωτέρω διάγραμμα παρατηρείται ότι:

- Όσο αυξάνονται τα έτη οδήγησης τόσο αυξάνεται και ο δείκτης συνολικής επίδοσης, καθώς όλες οι μεταβλητές εμφανίζουν συντελεστή με θετικό πρόσημο.
- Παρουσιάζονται τέσσερα ζεύγη καμπυλών αντί για έξι, διότι τα δύο εξ αυτών ταυτίζονται, λόγω του παρόμοιου συντελεστή που εμφανίζουν οι ανεξάρτητες μεταβλητές «Headways 4» και «Eπιδέξιος οδηγός 3».

- Οι οδηγοί που σημείωσαν τον χαμηλότερο δείκτη συνολικής επίδοσης είναι εκείνοι που αξιολογήθηκαν ότι δε διατηρούν επαρκή απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, δεν παρουσίασαν στοιχεία αμυντικής οδήγησης και επιπλέον δήλωσαν ότι δεν είναι επιδέξιοι οδηγοί.
- Όσοι οδηγοί αυτοαξιολογήθηκαν ως «μέτρια επιδέξιοι» οδηγοί και συνδυαστικά χαρακτηρίστηκαν από τον αξιολογητή ως αμυντικοί οδηγοί εμφάνισαν την υψηλότερη βαθμολογία στον δείκτη συνολικής επίδοσης.
- Εξίσου υψηλή βαθμολογία στον δείκτη συνολικής βαθμολογίας εμφάνισαν οι οδηγοί που διατηρούσαν επαρκή απόσταση από το προπορευόμενο όχημα χωρίς περαιτέρω διόρθωση από τον αξιολογητή και παράλληλα παρουσίασαν επαρκώς αμυντική στάση σε συνθήκες κανονικής οδήγησης.
- Σημαντική αύξηση στον δείκτη συνολικής επίδοσης προσδίδουν οι οδηγοί που σημείωσαν την υψηλότερη βαθμολογία στη διατήρηση επαρκούς απόστασης από το προπορευόμενο όχημα σύμφωνα με τον ειδικό αξιολογητή.
- Παρόμοια αποτελέσματα στον δείκτη συνολικής επίδοσης επέφεραν οι οδηγοί που αυτοαξιολογήθηκαν ως «μέτρια επιδέξιοι» αλλά δεν χαρακτηρίστηκαν ως αμυντικοί οδηγοί και παράλληλα δεν διατηρούσαν επαρκή απόσταση από το προπορευόμενο όχημα.

Τελειώνοντας, τα αποτελέσματα που προηγήθηκαν αποτελούν ένα γνώμονα για την εξήγηση των συμπερασμάτων, που ακολουθεί στο επόμενο κεφάλαιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.



## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η **συσχέτιση χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού**. Πιο συγκεκριμένα εξετάστηκε η αυτοαναφερόμενη συμπεριφορά του οδηγού σε σχέση με την αξιολόγηση των επιδόσεων ασφάλειας σε κανονικές συνθήκες οδήγησης σε υπεραστική οδό.

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, ξεκίνησε η **βιβλιογραφική αναζήτηση** ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και παγκοσμίως, καθώς και των διαθέσιμων στοιχείων που ήταν απαραίτητα για τη συγκεκριμένη διερεύνηση.

Αφού μελετήθηκαν τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, πραγματοποιήθηκε **πείραμα σε κανονικές συνθήκες οδήγησης** με συμμετέχοντες 12 οδηγούς, οι οποίοι αξιολογήθηκαν για την οδηγική τους συμπεριφορά. Η έρευνα συνεχίστηκε με τη συμπλήρωση κατάλληλα διαμορφωμένων ερωτηματολογίων, βάσει των οποίων συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα.

Η διαδικασία της επεξεργασίας και **στατιστικής ανάλυσης** των δεδομένων περιελάμβανε δύο στάδια με σκοπό την εξαγωγή πληρέστερων αποτελεσμάτων συσχέτισης χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού. Το πρώτο στάδιο αναφέρεται στην Ανάλυση Παραγόντων, με την οποία επιδιώχθηκε η μείωση του αριθμού των μεταβλητών και ο προσδιορισμός των κυριότερων παραγόντων (Πίνακας 6.1).

Το δεύτερο στάδιο περιελάμβανε την **ανάπτυξη στατιστικού μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης** για τον προσδιορισμό της επιρροής βασικών χαρακτηριστικών της οδηγικής συμπεριφοράς στη μεταβολή του δείκτη συνολικής επίδοσης. Η επιλογή του τελικού στατιστικού μοντέλου προσδιορισμού του δείκτη συνολικής επίδοσης προέκυψε ύστερα από αρκετές προσπάθειες και δοκιμές ώστε να πληροί τους σχετικούς στατιστικούς ελέγχους.

Μεταβλητές	Παράγοντες			
	1	2	3	4
Πόσα ατυχήματα συνολικά είχατε ως οδηγός μέχρι σήμερα;	.740			
Πόσες φορές τα τελευταία δύο χρόνια, παραβιάσατε τον Κ.Ο.Κ ενώ οδηγούσατε;		.714	-.541	.
Πόσο τηρείτε τα όρια ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο;	-.926			
Πόσο επιθετικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε;		-.667		
Πόσο συχνά επιταχύνετε απότομα;	.860			
Πόσο συχνά φρενάρτε απότομα;	.680		.660	
Πόσο συχνά στρίβετε απότομα;	.898			
Ικανότητα φρεναρίσματος		-.523		
Ικανότητα επιτάχυνσης		.589		.625
Χρονοαποστάσεις από προπορευόμενο όχημα			-.550	.653

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1:** Κατανομή μεταβλητών στους παράγοντες όπως προέκυψαν από την Ανάλυση Παραγόντων

Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε το **τελικό μαθηματικό μοντέλο** γραμμικής παλινδρόμησης που αποτυπώνει τη συσχέτιση μεταξύ του δείκτη συνολικής επίδοσης του οδηγού και των παραγόντων που την επηρεάζουν. Επισημαίνεται ότι η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών του μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή προσδιορίστηκε μέσω της μεθόδου της ελαστικότητας.

Η **σχετική επιρροή** χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση της επιρροής της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου μοντέλου. Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 6.2) περιλαμβάνονται οι τιμές των συντελεστών επιρροής  $\beta_i$ , σημαντικότητας  $t$ , της σχετικής επιρροής  $e_i$  και  $e_i^*$  των ανεξάρτητων μεταβλητών του μοντέλου ενώ προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής που έχει κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή στην εξαρτημένη, καθώς και ο συντελεστής προσδιορισμού Adjusted  $R^2$ .



Ανεξάρτητες μεταβλητές	Δείκτης συνολικής επίδοσης			
	$\beta_i$	$t$	Σχετική επιρροή	
			$e_i$	$e_i^*$
Έτη οδήγησης	0.010	3.250	0.1806	4.0576
Χρονοαποστάσεις από προπορευόμενο όχημα 4	0.142	3.198	0.0454	1.0199
Επιδέξιος οδηγός 3	0.141	2.857	0.0445	1.0000
Αμυντική οδήγηση 3	0.108	2.444	0.1064	2.3917
<b>Adjusted R<sup>2</sup> = 0.721</b>				

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2:** Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο

## 6.2 Συμπεράσματα

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν επιμέρους χρήσιμα αποτελέσματα άμεσα συνδεδεμένα με τον κύριο στόχο που τέθηκε αρχικά. Στο παρόν υποκεφάλαιο, επιχειρείται να δοθεί απάντηση συνολικά στα ερωτήματα της έρευνας με σύνθεση των αποτελεσμάτων των προηγούμενων κεφαλαίων. Έτσι, τα γενικά συμπεράσματα συνοψίζονται όπως ακολουθούν:

1. Διαπιστώνεται ότι η **οδηγική εμπειρία** του οδηγού αποτελεί σημαντικό προγνωστικό παράγοντα της ασφάλειας και της οδηγικής ικανότητάς του όπως αυτή εκφράζεται από τη αξιολογηθείσα συνολική επίδοσή του. Η συσχέτιση αυτή επιτυγχάνεται μέσα από τον παράγοντα «Έτη οδήγησης» που περιγράφει με ακρίβεια και αντικειμενικότητα τα έτη που είναι ενεργός ο οδηγός. Για το λόγο αυτό, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία επιχειρείται ο συνδυασμός της αυτοαναφερόμενης συμπεριφοράς του οδηγού με την αξιολόγηση του σε κανονικές συνθήκες οδήγησης, που σύμφωνα με τα ευρήματα της βιβλιογραφίας οδηγεί σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα.

2. Αμέσως επόμενος σημαντικός παράγοντας στον προσδιορισμό της συνολικής επίδοσης του οδηγού αποτελεί η **αμυντική οδήγηση**, όπως αυτή αξιολογήθηκε σε κανονικές συνθήκες οδήγησης, δηλαδή το σύνολο των συμπεριφορών που επιτρέπουν στον οδηγό να προβλέπει, να αναγνωρίζει και να λαμβάνει όλα τα απαραίτητα μέτρα προκειμένου να αποφύγει με ασφάλεια τους ενδεχόμενους οδικούς κινδύνους. Η στατιστική ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης έδειξε ότι όποιος εμφανίζει χαρακτηριστικά αμυντικής στάσης στην οδήγηση, δηλαδή προβλέπει τις επικίνδυνες καταστάσεις και τα λάθη των άλλων οδηγών, παρουσιάζει καλύτερο δείκτη συνολικής επίδοσης.
3. Επιπλέον, άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά τη συνολική επίδοση του οδηγού είναι οι **χρονοαποστάσεις από το προπορευόμενο όχημα** και η **επιδεξιότητα**. Πιο αναλυτικά:
  - i. Η ικανότητα του οδηγού να διατηρεί **επαρκή απόσταση από το προπορευόμενο όχημα**, όπως βαθμολογήθηκε από τον αξιολογητή, αυξάνει τη συνολική του επίδοση. Αυτό ισχύει διότι ο παράγοντας «Headways» αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό των επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού, αφού η τήρηση σωστών αποστάσεων αφήνει επαρκή χρόνο για την παρατήρηση και πρόβλεψη του επερχόμενου κινδύνου.
  - ii. Η **αυτοαναφερόμενη επιδεξιότητα στην οδήγηση** παρατηρήθηκε επίσης να εμφανίζει συσχέτιση με τον δείκτη συνολικής επίδοσης. Συγκεκριμένα ο δείκτης αυξήθηκε όταν οι οδηγοί αυτοχαρακτηρίστηκαν ως επιδέξιοι οδηγοί. Αυτό δείχνει ότι η αυτογνωσία και η αυτοπεποίθηση του οδηγού επιδρούν θετικά στη συνολική του επίδοση.
4. Επισημαίνεται ότι εξετάστηκαν **αρκετές ανεξάρτητες μεταβλητές** που ανακτήθηκαν μέσω των ερωτηματολογίων και της αξιολόγησης αλλά τελικώς δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές ώστε να περιληφθούν στο μοντέλο. Μερικές από αυτές είναι: ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων, τα εβδομαδιαία χιλιόμετρα οδήγησης σε υπεραστική οδό, η συχνότητα με την οποία φρενάρει απότομα το όχημα, η οδήγηση

υπό την επήρεια αλκοόλ, η προσπέραση προπορευόμενων οχημάτων, η ικανότητα φρεναρίσματος και επιτάχυνσης.

5. Με σκοπό τη μείωση των δεδομένων και τον προσδιορισμό των κυριότερων παραγόντων πραγματοποιήθηκε η **μέθοδος της Ανάλυσης Παραγόντων** (Factor Analysis). Με την Ανάλυση Παραγόντων οι απαντήσεις των οδηγών στις επιλεγείσες ερωτήσεις και οι σημαντικότερες επιδόσεις ασφάλειας που προέκυψαν από την αξιολόγηση σε κανονικές συνθήκες οδήγησης συνοψίστηκαν σε παράγοντες που περιγράφουν τη συμπεριφορά των οδηγών και μπορούν να ομαδοποιηθούν σε **τρεις ομάδες**, όπως αυτές περιγράφονται στη συνέχεια.
6. Η πρώτη ομάδα, η οποία χαρακτηρίζει μεγάλο ποσοστό του δείγματος, αφορά στην **αντίληψη** του οδηγού σχετικά με **την επιπόλαιη οδήγηση**. Η συγκεκριμένη ομάδα περιλαμβάνει χαρακτηριστικά που σχετίζονται με επικίνδυνες οδικές συμπεριφορές, όπως ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων που έχει εμπλακεί ο οδηγός, η μη τήρηση ορίων ταχύτητας, η απότομη πέδηση, επιτάχυνση και στροφή του οχήματος.
7. Οι οδηγοί της επόμενης ομάδας εκφράζουν **την αντίληψή τους περί επιθετικής συμπεριφοράς**, μέσα από ερωτήσεις που σχετίζονται με τον αριθμό των παραβιάσεων του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας, την αυτοαναφερόμενη επιθετικότητα στην οδήγηση, αλλά και την αξιολόγηση του οδηγού στον τρόπο που φρενάρει και επιταχύνει σε κανονικές συνθήκες οδήγησης (Braking, Accelerating). Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, η ακατάλληλη πέδηση και επιτάχυνση είναι άμεσα συνδεδεμένες με την επιθετικότητα του οδηγού.
8. Η τελευταία ομάδα περιλαμβάνει **την αντίληψη** των οδηγών **σχετικά με την προσεκτική οδήγηση**. Συγκεκριμένα, αναφέρεται στην αυτοαναφερόμενη συχνότητα με την οποία φρενάρει απότομα ο οδηγός, αλλά και στο πόσο καλά διατηρεί τις αποστάσεις από το προπορευόμενο όχημα, όπως βαθμολογήθηκε από τον αξιολογητή. Επομένως λογικά προκύπτει ότι ο οδηγός που είναι πιο προσεκτικός τείνει να διατηρεί επαρκείς αποστάσεις από το προπορευόμενο όχημα

και να φρενάρει συχνότερα με σκοπό την αποφυγή κάποιου ατυχήματος.

9. Η ανάλυση των δεδομένων, με τη χρήση των μεθόδων της Ανάλυσης Παραγόντων και της Γραμμικής Παλινδρόμησης, έδωσε **σαφή και ερμηνεύσιμα αποτελέσματα**, τα οποία μάλιστα συμφωνούν με τη βιβλιογραφία. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την καταλληλότητα του συνδυασμού των δύο παραπάνω μεθόδων για αναλύσεις σχετικά με την οδηγική συμπεριφορά, στον τομέα της οδικής ασφάλειας. Η χρήση των μεθόδων αυτών επέτρεψε τη συσχέτιση των χαρακτηριστικών και επιδόσεων ασφάλειας του οδηγού, με βάση τις απαντήσεις των συμμετεχόντων στο ερωτηματολόγιο και την αξιολόγησή τους σε κανονικές συνθήκες οδήγησης.
10. Τέλος, η αποτελεσματικότητα των μεθόδων ανάλυσης, οι οποίες επιλέχθηκαν, επιτρέπει τη **γενίκευση των αποτελεσμάτων με την εφαρμογή τους σε έρευνες με παρόμοιο αντικείμενο** και σε δεδομένα όμοια με εκείνα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Σε κάθε περίπτωση, η εφαρμογή των μεθόδων ανάλυσης πρέπει να γίνεται με προσοχή και έπειτα από τον προσδιορισμό των ιδιαίτερων συνθηκών κάθε έρευνας και κάθε εξεταζόμενης ομάδας. Μεγάλη βαρύτητα πρέπει να δίνεται κάθε φορά στην επιλογή των μεταβλητών, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση. Οι μεταβλητές που επιλέγονται πρέπει να αναφέρονται σε χαρακτηριστικά στοιχεία της οδηγικής συμπεριφοράς, ανάλογα με την εξεταζόμενη περίπτωση.

### 6.3 Προτάσεις

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα και τα συνολικά συμπεράσματα που εξάχθηκαν κατά την εκπόνηση της Εργασίας αυτής, επιχειρείται η παράθεση μιας σειράς προτάσεων, οι οποίες ενδεχομένως να συμβάλουν στη βελτίωση της διαχείρισης της κυκλοφορίας καθώς και στη βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας.

1. Από την παρούσα έρευνα φαίνεται ότι τα άτομα με μικρή οδηγική εμπειρία έχουν μειωμένο δείκτη συνολικής επίδοσης και γενικότερα μειωμένες επιδόσεις ασφάλειας. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η **αύξηση των διδακτικών ωρών στις σχολές εκμάθησης οδήγησης** καθώς και η **ένταξη πρόσθετων μαθημάτων με τακτικές αμυντικής οδήγησης**. Τα μαθήματα αυτά θα προετοιμάσουν τον οδηγό στον χειρισμό διαφορετικών καταστάσεων και θα τον καταστήσουν πιο ικανό στην πρόβλεψη επικίνδυνων καταστάσεων ή των λαθών των άλλων οδηγών.
2. Ακόμα για την επιδίωξη του σκοπού αυτού, θα ήταν σκοπιμότερο τόσο από την Πολιτεία, όσο και από τους εκπαιδευτικούς φορείς, να δημιουργηθεί το υπόβαθρο για τη δημιουργία υπεύθυνων και υποδειγματικών οδηγών από πολύ μικρή ηλικία. Κρίνεται, λοιπόν, αναγκαία η **ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων** καθώς και η **ένταξη του μαθήματος οδικής ασφάλειας** στο πλαίσιο των σχολικών δραστηριοτήτων.
3. Είναι ευρέως γνωστό, ότι στην Ελλάδα η πλειοψηφία των οδηγών εκδηλώνει επιθετική συμπεριφορά κατά την οδήγηση, γεγονός που επιβεβαιώθηκε και από την παρούσα Διπλωματική Εργασία. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι δεν έχουν συνειδητοποιήσει τη σοβαρότητα και το μέγεθος του προβλήματος καθώς και τις συνέπειες που μπορεί να προκαλέσει η απερίσκεπτη αυτή οδήγηση. Απαιτείται λοιπόν, να ετοιμαστούν συνδυασμένα σχέδια δράσης, μέσω **εκστρατειών ενημέρωσης κατά της επιθετικής οδήγησης** και σωστά συντονισμένων ενεργειών από την Πολιτεία, ούτως ώστε να επιτευχθεί η αλλαγή της νοοτροπίας των οδηγών και η **ανάπτυξη ισχυρής παιδείας οδικής ασφάλειας**.
4. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας μπορούν επίσης να αξιοποιηθούν για τον **καθορισμό των κατευθύνσεων και των προτεραιοτήτων της αστυνόμευσης**, σε ζητήματα σχετικά με την

οδική ασφάλεια. Οι οδηγικές συμπεριφορές, οι οποίες εμπεριέχουν στοιχεία επιπολαιότητας και επιθετικότητας, όπως η μη τήρηση επαρκών αποστάσεων από το προπορευόμενο όχημα, συνιστούν μεγάλο κίνδυνο για την οδική ασφάλεια και γι' αυτό πρέπει να ελεγχθούν περισσότερο στο μέλλον, με τη βοήθεια των μέτρων αστυνόμευσης προσαρμοσμένων στις επιμέρους ομάδες - στόχους.

5. Επίσης, καλό θα ήταν **οι ασφαλιστικές εταιρείες οχημάτων να επιβραβεύουν τους προσεκτικούς οδηγούς** με μειωμένα ασφάλιστρα για όσους δεν εμπλέκονται σε οδικά ατυχήματα. Αυτή η τακτική ενδεχομένως θα δώσει οικονομικό κίνητρο σε όλους τους οδηγούς με στόχο τη μείωση επιθετικής συμπεριφοράς και συνεπώς τη μείωση των ατυχημάτων.

#### 6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

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

1. Η παρατήρηση των ίδιων μεταβλητών σε σαφώς **μεγαλύτερο δείγμα οδηγών**, θα παρουσίαζε αρκετό ενδιαφέρον. Συγκεκριμένα όσο περισσότεροι οδηγοί συμμετέχουν στο πείραμα, τόσο πιο αξιόπιστα αποτελέσματα προκύπτουν και ίσως αυτό να έδινε τη δυνατότητα ανάπτυξης μοντέλων με ισχυρότερη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Επίσης, θα ήταν εφικτό να ομαδοποιηθούν οι συμμετέχοντες με βάση την οδηγική τους συμπεριφορά, αφού στην παρούσα εργασία δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή της Ανάλυσης Ομαδοποίησης (Cluster Analysis) λόγω του μικρού μεγέθους του δείγματος.
2. Προκειμένου να επεξεργαστούν στατιστικά τα συλλεχθέντα στοιχεία και να αναπτυχθεί το τελικό μαθηματικό μοντέλο χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης και συγκεκριμένα αυτή της

πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Για περαιτέρω στατιστική ανάλυση και ανάπτυξη επιπλέον μοντέλων, θα φαινόταν χρήσιμη η **εξέταση και άλλων μεθόδων στατιστικής ανάλυσης**, όπως για παράδειγμα η λογαριθμική παλινδρόμηση (Logistic Regression).

3. Με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων συλλέχθηκαν τα κατά δήλωση στοιχεία κάθε συμμετέχοντα και επιλέχθηκε η συσχέτισή τους με τα αποτελέσματα κατά την πειραματική διαδικασία σε κανονικές συνθήκες οδήγησης. Μία άλλη ανάλυση θα μπορούσε να επικεντρωθεί **στη συσχέτιση των στοιχείων που δηλώνει ο οδηγός με τα χαρακτηριστικά οδήγησής του που παρατηρούνται στον προσομοιωτή οδήγησης είτε σε πειράματα οδήγησης σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας (naturalistic driving)**. Με τον τρόπο αυτό και σε σύγκριση με τα ευρήματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας θα μπορούσαν να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα.
4. Ενδιαφέρουσες, επίσης, θα ήταν και έρευνες αντίστοιχες της παρούσας οι οποίες θα πραγματοποιηθούν **σε διαφορετικές συνθήκες κυκλοφορίας** και σε άλλα οδικά περιβάλλοντα (αστική οδός, αυτοκινητόδρομος, υψηλή/χαμηλή κυκλοφορία, ημέρα/νύχτα, διάφορες καιρικές συνθήκες κα.), αλλά και διάφορες ομάδες οδηγών (νέοι, ηλικιωμένοι, κλπ.).
5. Τέλος, κρίνεται σκόπιμο σε επόμενες έρευνες να γίνει **χρήση πιο σύγχρονων τεχνολογιών καταγραφής της συμπεριφοράς του οδηγού επί του οχήματος**, όπως ακριβέστερων μηχανημάτων GPS, ραντάρ μέτρησης της πλευρικής θέσης οχήματος, της ταχύτητας αντίδρασης και της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, καθώς και καμερών εντός και εκτός του οχήματος. Επιπλέον, η περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων με σύγχρονες μεθόδους, όπως η πολύπλοκη τοπογραφική διαδικασία της διόρθωσης συντεταγμένων των GPS, θα καταστήσει δυνατή τη συλλογή

ακριβέστερων στοιχείων και παραμέτρων οδικής ασφάλειας με αντικειμενικό τρόπο.



## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Amado, Sonia, et al. "How accurately do drivers evaluate their own driving behavior? An on-road observational study." *Accident Analysis & Prevention* 63 (2014): 65-73.
2. Broberg, Thomas, and Tania Dukic Willstrand. "Safe mobility for elderly drivers-Considerations based on expert and self-assessment." *Accident Analysis & Prevention* 66 (2014): 104-113.
3. Chliaoutakis, Joannes EI, et al. "Lifestyle traits as predictors of driving behaviour in urban areas of Greece." *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 8.6 (2005): 413-428.
4. Da Silva, Fátima Pereira, Jorge Almeida Santos, and Andreia Meireles. "Road accident: driver behaviour, learning and driving task." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 162 (2014): 300-309.
5. Ellison, Adrian B., Stephen P. Greaves, and Michiel CJ Bliemer. "Driver behaviour profiles for road safety analysis." *Accident Analysis & Prevention* 76 (2015): 118-132.
6. Kontogiannis, Tom, Zoe Kossiavelou, and Nicolas Marmaras. "Self-reports of aberrant behaviour on the roads: errors and violations in a sample of Greek drivers." *Accident Analysis & Prevention* 34.3 (2002): 381-399.
7. Lajunen, Timo, and Heikki Summala. "Driving experience, personality, and skill and safety-motive dimensions in drivers' self-assessments." *Personality and Individual Differences* 19.3 (1995): 307-318.
8. Martinussen, Laila M., Mette Møller, and Carlo G. Prato. "Assessing the relationship between the Driver Behavior Questionnaire and the Driver Skill Inventory: Revealing sub-groups of drivers." *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* 26 (2014): 82-91.
9. Moghaddam, Abolfazl Mohammadzadeh, and Esmaeel Ayati. "Introducing a risk estimation index for drivers: A case of Iran." *Safety science* 62 (2014): 90-97.

10. Ott, Brian R., et al. "Naturalistic validation of an on-road driving test of older drivers." *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 54.4 (2012): 663-674.
11. Sabey, Barbara E., and Harold Taylor. "The known risks we run: the highway." *Societal risk assessment*. Springer US, 1980. 43-70.
12. Taubman–Ben-Ari, Orit, Ahinoam Eherenfreund–Hager, and Carlo Giacomo Prato. "The value of self-report measures as indicators of driving behaviors among young drivers." *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* 39 (2016): 33-42.
13. Taylor, T., et al. "The view from the road: The contribution of on-road glance-monitoring technologies to understanding driver behavior." *Accident Analysis & Prevention* 58 (2013): 175-186.
14. Toroyan, Tami. "Global status report on road safety 2015." Supporting a decade of action. Geneva: World Health Organization, Department of Violence and Injury Prevention and Disability (2013).
15. Vardaki, Sophia, and George Yannis. "Investigating the self-reported behavior of drivers and their attitudes to traffic violations." *Journal of safety research* 46 (2013): 1-11.
16. West, Robert, et al. "Direct observation of driving, self reports of driver behaviour, and accident involvement." *Ergonomics* 36.5 (1993): 557-567.
17. Wilson, W. T., and Phil Wilson. "Typology of rated driving and the relationship between self and other driver ratings." *Accident Analysis & Prevention* 16.5 (1984): 351-370.
18. Yannis, George, et al. "Road safety performance indicators for the interurban road network." *Accident Analysis & Prevention* 60 (2013): 384-395.
19. European Commission, 2015, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)
20. European Transport Safety Council, 2015, [www.etsc.eu](http://www.etsc.eu)
21. International Traffic Safety Data and Analysis Group (IRTAD), 2015, [www.itf-oecd.org](http://www.itf-oecd.org)
22. Ntua Road Safety Observatory, [www.nrso.ntua.gr](http://www.nrso.ntua.gr)
23. Science Direct, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
24. The United Nations and Road Safety, 2015, [www.un.org](http://www.un.org)

25. Wikipedia, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
26. Ελληνική Αστυνομία, [www.astynomia.gr](http://www.astynomia.gr)
27. Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, [www.statistics.gr](http://www.statistics.gr)
28. Μαρίνου Π., "Η στάση των Ελλήνων οδηγών απέναντι στη χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση.", ΕΜΠ, Ιούλιος 2012.
29. Νίκας Μ., "Συγκριτική Ανάλυση Συμπεριφοράς Νέων Οδηγών σε Συνθήκες Κανονικές και Προσομοίωσης σε Υπεραστική Οδό.", ΕΜΠ, Ιανουάριος 2014.
30. Σαπλαούρας Ε., "Διερεύνηση της κυκλοφοριακής συμπεριφοράς του οδηγού με χρήση των διαγνωστικών στοιχείων του οχήματος.", ΕΜΠ, Νοέμβριος 2015.
31. Σιώμκος, Γ., and Α. Ι. Βασιλικοπούλου. "Εφαρμογή μεθόδων ανάλυσης στην έρευνα αγοράς." *Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα, Κεφάλαιο 7* (2005): 285-312.
32. Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., and Ι. Κ. Γκόλιας. "Οδική Ασφάλεια." *Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα* (1994).
33. Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Ι. Κ. Γκόλιας, and Μ. Χ. Πιτσιάβα-Λατινοπούλου. "Κυκλοφοριακή Τεχνική." *Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα* (2009).



## **8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Ερωτηματολόγιο Συμπεριφοράς Οδηγού**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Έντυπο αξιολόγησης οδηγικής επίδοσης**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Ερωτηματολόγιο Συμπεριφοράς Οδηγού****Κωδικός Συμμετέχοντα:****Όνοματεπώνυμο Συμμετέχοντα:****Ημερομηνία συμπλήρωσης:****Ηλικία:****Φύλο:**

Άντρας	Γυναίκα

**A. ΟΔΗΓΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ – ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ**

1. Πόσα χρόνια οδηγείτε;
2. Σας αρέσει η οδήγηση; 

Ναι	Όχι
-----	-----
3. Πότε αποκτήσατε την άδεια οδήγησης σας;
4. Πότε λήγει η άδεια οδήγησης σας;
5. Είσατε ή ήσασταν επαγγελματίας οδηγός; 

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

< 5.000	5.001 - 10.000	10.001 - 15.000	15.001 - 20.000	> 20.000
---------	----------------------	-----------------------	-----------------------	----------
7. Πόσες ημέρες την εβδομάδα χρησιμοποιείτε το αυτοκίνητό σας; 

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---
8. Πόσα χιλιόμετρα περίπου οδηγείτε την εβδομάδα εντός πόλης; 

<20	20-50	50-100	100-150	150+	Δεν ξέρω
-----	-------	--------	---------	------	----------
9. Πόσα χιλιόμετρα περίπου οδηγείτε την εβδομάδα εκτός πόλης; 

<20	20-50	50-100	100-150	150+	Δεν ξέρω
-----	-------	--------	---------	------	----------
10. Πόσες διαδρομές περίπου πραγματοποιείτε την ημέρα ως οδηγός; 

1	2	3	4	5+
---	---	---	---	----
11. Τι ποσοστό περίπου της συνολικής απόστασης που διανύετε ετησίως είναι σε αυτοκινητόδρομο; 

<10%	10-30%	30-60%	60-90%	>90%
------	--------	--------	--------	------
12. Υποδείξτε το μέσο μήκος των διαδρομών σας σε χιλιόμετρα: 

1-2	3-5	6-9	10-15	16-29	30+	Δεν ξέρω
-----	-----	-----	-------	-------	-----	----------
13. Είστε ιδιοκτήτης αυτοκινήτου ΙΧ; 

Ναι	Όχι
-----	-----

**Β. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ**

- 14. Το όχημα**
- |                   |  |                                    |
|-------------------|--|------------------------------------|
| Είναι ιδιοκτησίας | Ανήκει σε άλλο μέλος της οικογένειάς σας | Ανήκει στην εταιρεία που εργάζεστε |
|-------------------|--|------------------------------------|
- 15. Το όχημα χρησιμοποιείται από εσάς κατά:**
- |      |         |      |
|------|---------|------|
| >90% | 50%-90% | <50% |
|------|---------|------|
- 16. Ποιος είναι ο κυβισμός του οχήματος;**
- |              |               |              |              |
|--------------|---------------|--------------|--------------|
| <1000cc      | 1001 - 1200cc | 1201- 1400cc | 1401- 1600cc |
| 1601- 1800cc | 1801-2000cc   | 1801- 2000cc | Δεν γνωρίζω  |
- 17. Ποια είναι η ηλικία του οχήματος;**
- |        |           |            |          |
|--------|-----------|------------|----------|
| <5 έτη | 5-10 ετών | 10-15 ετών | >15 ετών |
|--------|-----------|------------|----------|
- 18. Κάθε πότε κάνετε συντήρηση (service) του οχήματος;**
- |              |            |               |                              |
|--------------|------------|---------------|------------------------------|
| Κάθε 6 μήνες | Κάθε χρόνο | Κάθε 2 χρόνια | Σε άτακτα χρονικά διαστήματα |
|--------------|------------|---------------|------------------------------|
- 19. Πόσα χρήματα δαπανάτε μηνιαίως για καύσιμα του οχήματός σας (σε Ευρώ);**
- |     |          |           |       |
|-----|----------|-----------|-------|
| <50 | 51 - 100 | 101 - 200 | > 200 |
|-----|----------|-----------|-------|
- 20. Τι είδους ασφάλεια διαθέτετε;**
- |      |       |
|------|-------|
| Απλή | Μικτή |
|------|-------|
- 21. Ποια είναι η ασφαλιζόμενη αξία του οχήματος (σε Ευρώ);**
- |        |               |                |                |
|--------|---------------|----------------|----------------|
| <5.000 | 5.001- 10.000 | 10.001- 20.000 | 20.001- 30.000 |
|--------|---------------|----------------|----------------|
- 22. Πόσο είναι το ετήσιο ασφάλιστρο για το όχημα (σε Ευρώ)**
- |      |          |          |          |          |      |             |
|------|----------|----------|----------|----------|------|-------------|
| <200 | 201- 300 | 301- 400 | 401- 500 | 501- 600 | >600 | Δεν γνωρίζω |
|------|----------|----------|----------|----------|------|-------------|
- 23. Με ποιο τρόπο επιλέγετε την ασφαλιστική σας εταιρεία;**
- |               |             |            |
|---------------|-------------|------------|
| Μέσω πράκτορα | Διαδικτυακά | Δε γνωρίζω |
|---------------|-------------|------------|



Γ. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ

24. Πόσα ατυχήματα συνολικά είχατε ως οδηγός μέχρι σήμερα;

0	1	2	3	>3
---	---	---	---	----

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

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

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

0	1	2	3	>3
---	---	---	---	----

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

0	1	2	3	>3
---	---	---	---	----

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

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

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

0	1	2	3	>3
---	---	---	---	----

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

0	1	2	3	>3
---	---	---	---	----

31. Πόσο τηρείτε τα όρια ταχύτητας όταν οδηγείτε:

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

**32. Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε τη ζώνη ασφαλείας όταν οδηγείτε:**

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

**Δ. ΟΔΗΓΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ****33. Πόσο συχνά οδηγήσατε το τελευταίο εξάμηνο στις παρακάτω συνθήκες:**

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

**34. Γενικότερα:**

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

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

*\*Σημειώστε με √ το κουτάκι της επιλογής σας*

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

**Ε. ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ****36. Οικογενειακή κατάσταση:**

Ανύπαντρος	Παντρεμένος
------------	-------------

**37. Αριθμός παιδιών:**

Κανένα	1	2	>2
--------	---	---	----

**38. Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα:**

>10.000	10.001- 25.000	>25.000
---------	-------------------	---------

**39. Μορφωτικό επίπεδο:**

Πρωτοβάθμια	ΑΕΙ	Μεταπτυχιακό Δίπλωμα	Άλλο
Δευτεροβάθμια	ΑΤΕΙ	Διδακτορικό	

**40. Επάγγελμα:**

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

**41. Χρησιμοποιείτε ηλεκτρονικό υπολογιστή;**

Ναι	Όχι
-----	-----

**42. Πόσο χρησιμοποιείτε το Smartphone σας;**

1 = Καθόλου	2	3	4	5 = Πολύ
-------------	---	---	---	----------

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

1 = Καθόλου	2	3	4	5 = Πολύ
-------------	---	---	---	----------

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

1 = Καθόλου	2	3	4	5 = Πολύ
-------------	---	---	---	----------

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Έντυπο αξιολόγησης οδηγικής επίδοσης**

<b>Road Test Participant Info</b>					
Participant Name					
Date					
Starting hour					
Duration					
Type of vehicle					
Weather conditions					
		<b>B</b>	<b>I</b>	<b>S</b>	<b>G</b>
Checklist Count on-road Rural					
Checklist Count on-road Urban					
Overall on-road driving performance score		<b>0%</b>			
Checklist Count simulator Rural					
Checklist Count simulator Urban					
Overall simulator driving performance score		<b>0%</b>			
General driving style					
Defensive behaviour					

	Checklist	B	I	S	G	Bad	Insufficient	Sufficient	Good	Comment
1	Speed adaptation					Completely unable to adapt his speed	Drives always with not enough room to adapt his speed	Drives with just enough room to adapt his speed	Completely able to adapt his speed	
2	Braking					Candidate's use of the brake is disturbed and exhibits poor braking control	Candidate's use of the brake is abrupt and exhibits below average braking control	Candidate efficiently and fluently uses the brake but sometime makes mistakes and exhibits above average braking	Candidate efficiently and fluently uses the brake and exhibits good braking control	
3	Accelerating					Candidate's use of the accelerator is disturbed and exhibits poor accelerating control	Candidate's use of the accelerator is abrupt and exhibits below average accelerating control	Candidate efficiently and fluently uses the accelerator but sometime makes mistakes and exhibits above average accelerating control	Candidate efficiently and fluently uses the accelerator and exhibits good accelerating control	
4	Turning					Candidate never obeys the right of way rules at the junctions where it is required and efficiently operates the car at those junctions	Candidate looks a little to the side but treats the information poorly such that it results in a poor decision	Candidate looks well and treats information correctly but sometimes makes mistakes in executing the decision	Candidate always obeys the right of way rules at the junctions where it is required and efficiently operates the car at those junctions	
5	Headways					Cannot keep proper distance despite several cueings	Keeps proper distance only with the help of the information from the assessor	Keeps proper distance only with the help of the information from himself	Adequate distance from vehicle ahead without further correction	
6	Lateral position					Drives too close or sometimes crosses the margin	Drives too close but never crosses the margin	Stays in the middle of the lane but occasionally drives close to the margin	Stays always in the middle of the lane	
7	Ability to choose the correct lane					Poor ability to choose the correct lane	Below average ability to choose the correct lane	Above average ability to choose the correct lane	The ability to choose the correct lane is good	
8	Lane change					Poor ability to change lanes correctly	Below average ability to change lanes correctly	Above average ability to change lanes correctly	The ability to change lanes correctly is good	
9	Understanding, perception and quality of traffic participation					Candidate's traffic insight, perception or participation is poor	Candidate's traffic insight, perception or participation is below average	Candidate's traffic insight, perception or participation is above average	Candidate's traffic insight, perception or participation is good	
10	Crossing or junction					Poor behaviour when approaching and entering a crossing or junction	Below average behaviour when approaching and entering a crossing or junction	Above average behaviour when approaching and entering a crossing or junction	Good behaviour when approaching and entering a crossing or junction	
11	Anticipation and perception of road signs and traffic signals					Candidate sees only the road before him	Candidate sees the road but with less lateral information	Candidate sees the road sufficiently with a total central and peripheral vision but sometimes makes mistakes in his judgement	Candidate sees the road sufficiently with a total central and peripheral vision and makes adequate judgements	
12	Joining the traffic stream					Ability of candidate to join the traffic stream is poor	Ability of candidate to join the traffic stream is below average	Ability of candidate to join the traffic stream is above average	Ability of candidate to join the traffic stream is good	
13	Visual behaviour and communication					Candidate makes almost no head and eye movements	Candidate rarely makes head and eye movements	Candidate makes head and eye movements only at complex junctions	Candidate always makes head and eye movements	
14	Mirror use					Candidate does not make use of the mirror despite several cueing	Candidate rarely makes use of the mirror despite several cueing	Candidate often makes use of the mirror without cueing	Candidate always correctly makes use of the mirror without cueing	
15	Use of direction indicator					Poor use of direction indicator	Below average use of direction indicator	Above average use of direction indicator	Use of direction indicator is good	
16	Steering firmness					Poor use of the steer	Below average use of the steer	Above average use of the steer	Good use of the steer	