



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ  
ΥΠΟΔΟΜΗΣ

---

## ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΟΔΗΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

σε Υπεραστικές Οδούς δυο Λωρίδων Κυκλοφορίας

---



Διπλωματική Εργασία  
**Καρκαντζός Βασίλειος – Μάριος**

Επιβλέπουσα:  
**Ε. Βλαχογιάννη**

**Αθήνα, Οκτώβριος 2012**



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ  
ΥΠΟΔΟΜΗΣ

---

# ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΟΔΗΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

σε Υπεραστικές Οδούς δυο Λωρίδων Κυκλοφορίας

---

Διπλωματική Εργασία  
**Καρκαντζός Βασίλειος – Μάριος**

Επιβλέπουσα:  
**Ε. Βλαχογιάννη**

**Αθήνα, Οκτώβριος 2012**



# **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ολοκληρώνοντας την διπλωματική μου εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνεισέφεραν σε αυτήν κατά τη διάρκεια της εκπόνησής της.

Κατ' αρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ Ιωάννη Γκόλια, Πρόεδρο και Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ κάτω από την αιγίδα του οποίου εκπονήθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω και στην Δρ Ελένη Βλαχογιάννη, Λέκτορα της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, χωρίς την αμέριστη υποστήριξη και συνεχή καθοδήγηση της οποίας δεν θα μπορούσε πραγματικά να ξεκινήσει, προχωρήσει και τελειώσει με επιτυχία η διπλωματική αυτή.

Ευχαριστώ ακόμη τους συμφοιτητές μου για όλη την ψυχική στήριξη και βοήθεια που μου παρείχαν κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου για την εμπιστοσύνη, τη διακριτική καθοδήγηση και συνεχή ενθάρρυνση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

# ΣΥΝΟΨΗ

Η συμπεριφορά που επιλέγει να έχει ένας χρήστης της οδού αποτελεί μέγεθος συνεχώς μεταβαλλόμενο και ο προσδιορισμός των παραγόντων που την επηρεάζουν αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία η οποία σχετίζεται με τις κυκλοφοριακές συνθήκες, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού και τα χαρακτηριστικά των χρηστών αυτής. Η επιθετικότητα ενός οδηγού (η οποία απορρέει από τις αποστάσεις ασφαλείας και την ταχύτητα του οδηγού) δεν είναι άμεση προϋπόθεση της αυξημένης επικινδυνότητας του, αποτελεί ωστόσο ατομικό χαρακτηριστικό, με βάση το οποίο κρίνεται η επικίνδυνη ή μη η οδήγησή του. Έρευνες δείχνουν ότι οι νέοι οδηγοί έχουν υψηλότερες πιθανότητες εμπλοκής σε ατύχημα, κυρίως λόγω της έλλειψης εμπειρίας, ενώ ο τύπος οδού με τα περισσότερα ατυχήματα είναι οι οδοί δύο λωρίδων κυκλοφορίας με μία ανά κατεύθυνση.

Η συγκεκριμένη έρευνα σκοπό έχει την ανάπτυξη ενός στατιστικού μοντέλου που θα περιγράφει την πιθανότητα εμφάνισης επικίνδυνης συμπεριφοράς από νέους οδηγούς συναρτήσει ποικίλων κυκλοφοριακών παραγόντων. Η συλλογή στοιχείων βασίστηκε σε προσομοιωτή οδήγησης, μέσω του οποίου συγκεντρώθηκαν στοιχεία που αφορούν στις ταχύτητες όλων των οχημάτων που συμμετείχαν, των σχετικών αποστάσεων αυτών κλπ. Από τα αποτελέσματα εμφανίστηκε σαφής διαφοροποίηση στη συμπεριφορά των δύο φύλων, ενώ προέκυψε ότι τα μικροσκοπικά κυκλοφοριακά μεγέθη (διαφορά ταχύτητας εξεταζόμενου και προπορευόμενου οχήματος, αποστάσεις προπορευόμενου και επερχόμενου οχήματος) είχαν τη μεγαλύτερη επιρροή στην αύξηση και μείωση αντίστοιχα της πιθανότητας να εμφανίσει ένας οδηγός επικίνδυνη συμπεριφορά.

# **ABSTRACT**

The driver's behavior while driving is constantly changing parameter commonly associated, among others, with the traffic conditions, road geometry and circulation characteristics. The aggressiveness of a driver (which derives from safety distances kept and speed) is an individual trait, which can lead to either dangerous or not way of driving, yet not alone. Research shows that young drivers have higher chances of being involved in an accident, due to the lack of experience and the type of road with the highest accident risk is the two-lane highway.

This research aims to develop a statistical model that will describe the likelihood of risky/dangerous behavior of young drivers according to various traffic factors. The data collection was based on a driving simulator through which useful data was gathered, concerning speeds of all vehicles involved, distances, and the duration of the maneuver. The results showed a clear distinction in the behavior of the two sexes and indicated that the microscopic traffic figures (speed difference between the test vehicle and the vehicle ahead, distances of leading and oncoming vehicle) had the biggest influence on the increase or decrease of the possibility of a driver to display risky behavior while driving.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βασικός στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά ενός οδηγού σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας, και η παράλληλη εξαγωγή ορίων ασφαλείας προκειμένου να καταστεί εφικτός ο διαχωρισμός των οδηγών σε «επιθετικούς» και «επιφυλακτικούς» τόσο για κάθε χρονική στιγμή όσο και βάσει της συνολικής τους εικόνας.

Η ανάλυση βασίζεται σε δεδομένα που συλλέχθηκαν με τη βοήθεια προσομοιωτή οδήγησης και ειδικά σχεδιασμένου σεναρίου μέσω του οποίου συγκεντρώθηκαν αρχικά πληροφορίες που αφορούν στις ταχύτητες, θέσεις στο οδόστρωμα και αποστάσεις μεταξύ των χρηστών της οδού. Για τη συλλογή των απαραίτητων αυτών πληροφοριών, πραγματοποιήθηκε πείραμα σε 57 νέους την ηλικία οδηγούς στο προσομοιωτή οδήγησης του Εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής του τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ. Για το χαρακτηρισμό της οδηγικής συμπεριφοράς, γίνεται η θεώρηση ότι οι οδηγοί μπορεί να είναι γενικά επιθετικοί ή επιφυλακτικοί, αλλά εμφανίζουν μεταβλητή συμπεριφορά (άλλοτε επιθετική και άλλοτε επιφυλακτική) κατά τη διάρκεια της οδήγησης.

Αρχικά διενεργείται πρωταρχική στατιστική επεξεργασία του δείγματος και προκύπτει ότι, οι νεαροί άνδρες διανύουν περισσότερα χιλιόμετρα εβδομαδιαίως από τις γυναίκες και ότι όσο αυξάνεται η ηλικία του συμμετέχοντος τείνει να αυξάνεται και ο αριθμός των προσπεράσεων. Αντίστοιχα συμβαίνει και με τα χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι οι άνδρες είχαν υψηλότερη μέση ταχύτητα διαδρομής από τις γυναίκες, γεγονός που δείχνει ότι ακολούθησαν μία πιο επικίνδυνη οδηγική συμπεριφορά. Επίσης, οι γυναίκες επέδειξαν ομοιογενή συμπεριφορά στις κυκλοφοριακές συνθήκες που θεωρούν κατάλληλες για προσπέραση.

Έπειτα διεξάγεται στατιστική επεξεργασία του δείγματος σε δύο επίπεδα. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την ανάλυση εμφανίζονται ιδιαίτερα σημαντικές διαφορές στην οδηγική συμπεριφορά μεταξύ ανδρών και γυναικών, γεγονός που έκρινε σκόπιμο το διαχωρισμό του δείγματος βάσει φύλου. Στο πρώτο επίπεδο διεξάγεται ανάλυση ομαδοποίησης παραγόντων όπως ο χρόνος για κρούση (TTC) και το συνολικό διάστημα στο οποίο κάθε οδηγός ήταν εκτεθειμένος σε TTC μικρότερο από μια οριακή τιμή ασφαλείας (εδώ επιλέχθηκε βάσει βιβλιογραφίας 5 δευτερόλεπτα). Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν ομάδες επιθετικών και επιφυλακτικών οδηγών και όρια τιμών του χρόνου για κρούση (time to collision – TTC), για τη δυναμική κατηγοριοποίηση των οδηγών κατά τη διάρκεια της οδήγησης.

Σε δεύτερο επίπεδο διεξάγεται στατιστική ανάλυση για να εκτιμηθεί η πιθανότητα μετάβασης από μη επικίνδυνη συμπεριφορά σε επικίνδυνη και αντίστροφα κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Έγινε εμφανές ότι πράγματι η ανάλυση σε κάθε στιγμή της συμπεριφοράς του οδηγού αποτελεί μια πολύπλοκη οδηγική διαδικασία, η οποία επηρεάζεται από πολλούς αστάθμητους παράγοντες. Από τα μοντέλα που παρουσιάστηκαν έγινε σαφές ότι η αλληλεπίδραση του οδηγού με την υπόλοιπη κυκλοφορία σε συνδυασμό με την ικανότητα αντίδρασης του και με τον αριθμό των προσπεράσεων και αποπειρών προσπεράσεων που έκανε κάθε οδηγός επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την τελική του συμπεριφορά.

Κλείνοντας, ο βασικός στόχος που επιτεύχθηκε μέσω αυτής της έρευνας είναι ότι έγιναν συσχετίσεις των μικροσκοπικών κυκλοφοριακών παραγόντων με την πιθανότητα εμφάνισης επικίνδυνης συμπεριφοράς, ενώ μέσω της παρούσας διπλωματικής εργασίας έχει δημιουργηθεί μία πολύ ισχυρή βάση δεδομένων, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό προϋποθέσεις για μελλοντική έρευνα.



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....	1
1.1 Υπεραστικές Οδοί Δύο Λωρίδων Κυκλοφορίας & Ασφάλεια .....	1
1.1.1 Διαδικασία Προσπέρασης .....	3
1.1.2 Αλληλεπίδραση με λοιπή Κυκλοφορία .....	5
1.1.3 Νέοι και Προσπεράσεις .....	5
1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας .....	8
1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας .....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> .....	12
2.1 Επικινδυνότητα .....	13
2.2 Δείκτες Επικινδυνότητας .....	13
2.3 Είδη Ερευνών .....	18
2.4 Παράγοντες Επικινδυνότητας .....	20
2.5 Συμπεράσματα Βιβλιογραφίας .....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> .....	23
3.1 Διατύπωση Προβλήματος .....	24
3.2 Επιλογή Μεθόδου Συλλογής Δεδομένων .....	24
3.3 Προσομοιωτές Οδήγησης .....	25
3.3.1 Γενικά Στοιχεία Προσομοιωτών .....	25
3.3.2 Εγκυρότητα και Αξιοπιστία Προσομοιωτών .....	29
3.4 Μέθοδος Ανάλυσης Δεδομένων .....	30
3.4.1 1 <sup>ο</sup> Βήμα Ανάλυσης .....	30
3.4.2 2 <sup>ο</sup> Βήμα Ανάλυσης .....	31
3.5 Ομαδοποίηση Δεδομένων .....	32
3.6 Λογιστική Παλινδρόμηση .....	34
3.6.1 Έλεγχος Συσχέτισης Μεταβλητών Εισόδου .....	34
3.6.2 Επιλογή Τεχνικής Ανάλυσης .....	35
3.6.3 Εξίσωση Λογιστικής Παλινδρόμησης .....	39
3.6.4 Διαδικασία Λογιστικής Παλινδρόμησης .....	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> .....	41
4.1 Περιγραφή Πειράματος .....	42
4.1.1 Δείγμα και Μεταβλητές .....	42
4.1.2 Προσομοιωτής (Driving Simulator) FPF .....	43
4.1.3 Σενάρια Οδήγησης .....	45
4.2 Προετοιμασία Βάσης Δεδομένων .....	47
4.3 Στατιστική Ανάλυση .....	51
4.3.1 Προκαταρκτική Ανάλυση Δείγματος .....	51
4.3.2 Ομαδοποίηση .....	57
4.3.3 Συμπεράσματα Ομαδοποίησης .....	66
4.3.4 Έλεγχος Συσχέτισης Μεταβλητών Εισόδου .....	68
4.3.5 Ανάπτυξη Προτύπου και Εκτίμηση Σφάλματος .....	71
4.3.5.1 Γυναίκες Οδηγοί – Ανάλυση με βάση την απόσταση	78
4.3.5.2 Γυναίκες Οδηγοί – Ανάλυση με βάση διαχωρισμούς	81
4.3.5.1 Άνδρες Οδηγοί – Ανάλυση με βάση την απόσταση	84
4.3.5.2 Άνδρες Οδηγοί – Ανάλυση με βάση διαχωρισμούς	87
4.4 Σύγκριση Αποτελεσμάτων Ανάλυσης .....	90
4.5 Ανάλυση Ευαισθησίας Συμπεριφοράς Ανδρών-Γυναικών .....	94
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> .....	 96
5.1 Εισαγωγή .....	96
5.2 Γενικά Χαρακτηριστικά – Χαρακτηριστικά Οδήγησης .....	97
5.3 Γενικά Συμπεράσματα .....	98
5.3.1 Παράγοντες που Επηρεάζουν την Οδήγηση .....	98
5.3.2 Συμπεριφορά Οδηγών .....	99
5.4 Προτάσεις για Συμπληρωματική Έρευνα .....	100
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	 101

## **ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ**

ΕΙΚΟΝΑ 3.1: Διαδικασία Λογιστικής Παλινδρόμησης στο SPSS .....	37
ΕΙΚΟΝΑ 4.1: Προσομοιωτής Οδήγησης FPF .....	43
ΕΙΚΟΝΕΣ 4.2, 4.3: Εξαρτήματα Προσομοιωτή Οδήγησης .....	45
ΕΙΚΟΝΕΣ 4.4, 4.5: Εξαρτήματα Προσομοιωτή Οδήγησης .....	46

## **ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ**

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1:	Σύνολο Ατυχημάτων στην Ελλάδα (πηγή: ΕΣΥΕ) ...	3
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1:	Μεταβλητές που Αποθηκεύονται στα logfiles .....	46
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2:	Τελική Μορφή Βάσης Δεδομένων .....	50
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3:	Περιγραφικά Στοιχεία Ερωτηματολογίων .....	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4:	Περιγραφικά Στοιχεία για το σύνολο Δείγματος ...	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5:	Περιγραφικά Στοιχεία για το δείγμα Ανδρών .....	53
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4:	Περιγραφικά Στοιχεία για το δείγμα Γυναικών ....	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.14α:	Διαχωρισμός Ανδρών για επιθετική – αμυντική τάση οδήγησης .....	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.14β:	Διαχωρισμός Γυναικών για επιθετική – αμυντική τάση οδήγησης .....	60
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.15α:	Όριο Ασφαλείας TTC Ανδρών .....	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.15b:	Όριο Ασφαλείας TTC Γυναικών .....	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.17α:	Συσχέτιση Μεταβλητών Εισόδου Ανδρών .....	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.17β:	Συσχέτιση Μεταβλητών Εισόδου Γυναικών .....	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.18:	Αποτελέσματα Λογιστικής Παλινδρόμησης για το 1 <sup>ο</sup> Μοντέλο Ανάλυσης Γυναικών .....	78
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.19:	Μεταβλητές στην Εξίσωση Λογιστικής Παλινδρόμησης για το 1 <sup>ο</sup> Μοντέλο Ανάλυσης Γυναικών .....	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.21:	Αποτελέσματα Λογιστικής Παλινδρόμησης για το 2 <sup>ο</sup> Μοντέλο Ανάλυσης Γυναικών .....	81

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.22:	Μεταβλητές στην Εξίσωση Λογιστικής Παλινδρόμησης για το 2 <sup>ο</sup> Μοντέλο Ανάλυσης Γυναικών .....	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.24:	Αποτελέσματα Λογιστικής Παλινδρόμησης για το 1 <sup>ο</sup> Μοντέλο Ανάλυσης Ανδρών .....	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.25:	Μεταβλητές στην Εξίσωση Λογιστικής Παλινδρόμησης για το 1 <sup>ο</sup> Μοντέλο Ανάλυσης Ανδρών .....	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.27:	Αποτελέσματα Λογιστικής Παλινδρόμησης για το 2 <sup>ο</sup> Μοντέλο Ανάλυσης Ανδρών .....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.28:	Μεταβλητές στην Εξίσωση Λογιστικής Παλινδρόμησης για το 2 <sup>ο</sup> Μοντέλο Ανάλυσης Ανδρών .....	88

## **ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2:	Αριθμός Συνόλου Ατυχημάτων και Ατυχημάτων λόγω Εισόδου στο Αντίθετο Ρεύμα για την περίοδο 2000 Έως 2006 στην Ελλάδα (πηγή: ΕΣΥΕ) .....	3
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.1:	Ορισμός TTC βάσει Hayward (Miderhound) .....	14
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.2:	Ορισμός και σχηματική απεικόνιση δεικτών TET και TIT (Miderhound) .....	16
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1:	Σύγκριση Γραμμικής-Λογιστικής Παλινδρόμησης.	36
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ 4.7-4.13:	Ιστογράμματα Συχνοτήτων για ταχύτητες και διαχωρισμούς για το σύνολο του δείγματος .....	55
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.16α:	Μη Παραμετρικές Δοκιμές για Άνδρες και Γυναίκες Συνολικά .....	65
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.16β:	Μη Παραμετρικές Δοκιμές για Άνδρες Επιθετικούς και μη Επιθετικούς .....	66
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.16γ:	Μη Παραμετρικές Δοκιμές για Γυναίκες Επιθετικές και μη Επιθετικές .....	67
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.20:	Καμπύλη ROC των αποτελεσμάτων της πρώτης Δοκιμής Γυναικών .....	80

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.23:	Καμπύλη ROC των αποτελεσμάτων της δεύτερης Δοκιμής Γυναικών .....	83
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.26:	Καμπύλη ROC των αποτελεσμάτων της πρώτης Δοκιμής Ανδρών .....	86
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.29:	Καμπύλη ROC των αποτελεσμάτων της δεύτερης Δοκιμής Ανδρών .....	89
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.30:	Καμπύλη Ευαισθησίας Ανδρών – Γυναικών για την απόσταση από το προπορευόμενο όχημα .....	95
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.31:	Καμπύλη Ευαισθησίας Ανδρών – Γυναικών για την Διαφορά ταχυτήτων από το προπορευόμενο .....	95

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο**

---

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1 Υπεραστικές Οδοί δύο Λωρίδων, Κυκλοφορία και Ασφάλεια`**

Οι υπεραστικές οδοί δύο λωρίδων κυκλοφορίας με μία λωρίδα ανά κατεύθυνση αποτελούν σημαντικό ποσοστό του συνολικού οδικού δικτύου παγκοσμίως. Περίπου το 60% των θανατηφόρων ατυχημάτων που συμβαίνουν στις χώρες που ανήκουν στον ΟΟΣΑ (Οργανισμός για την Οικονομική Συνεργασία και Ανάπτυξη), μέλος του και η Ελλάδα από το 1961, συμβαίνουν σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων (OECD, 1999), γεγονός που υπογραμμίζει την ανάγκη μελέτης των ατυχημάτων σε οδούς τέτοιου τύπου. Σύμφωνα με το Highway Capacity Manual (HCM 2000), τέτοιου είδους οδοί συχνά οδηγούν στη δημιουργία φαλάγγων σε περιπτώσεις όπου η προσπέραση καθίσταται αδύνατη λόγω υψηλού

κυκλοφοριακού φόρτου. Συνεπώς, ιδιαίτερης επικινδυνότητας διαδικασία αποτελεί η προσπέραση σε αυτές τις οδούς (όταν δεν υπάρχει διαχωριστική νησίδα), καθώς αποτελεί μια πολύπλοκη ενέργεια, που εξαρτάται από τις κυκλοφοριακές συνθήκες, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού και τα χαρακτηριστικά των χρηστών αυτής ενώ απαιτεί απαραίτητως είσοδο στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας.

Σε ένα ατύχημα εμπλέκονται οι παρακάτω βασικοί παράγοντες:

- το μέσο, δηλαδή τα αυτοκίνητα ή/και δίκυκλα

*Ο παράγοντας αυτός καταλαμβάνει το μικρότερο ποσοστό όσον αφορά στην πρόκληση ενός ατυχήματος. Έχει ως κύρια αιτία τις μηχανικές ή άλλες βλάβες λόγω παλαιότητας ή κακής συντήρησης*

- οι οδικές υποδομές, δηλαδή οι δρόμοι, η σήμανση, ο φωτισμός

*Ο παράγοντας αυτός παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο κυρίως όσον αφορά σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας και έχει να κάνει με ανεπαρκή γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως η έλλειψη διαχωριστικής νησίδας και ερεισμάτων ή με χαμηλά πρότυπα κατασκευής με ολισθηρά οδοστρώματα και κακές υποδομές αποστράγγισης*

- ο άνθρωπος, είτε είναι οδηγός, είτε επιβάτης, ή πεζός

*Ο άνθρωπος, είτε παίζει το ρόλο του οδηγού, του επιβάτη του οχήματος, ή ακόμα και του πεζού, αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα των οδικών ατυχημάτων*

- οι καιρικές συνθήκες

*Σημαντικό ρόλο παίζουν και οι δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες όπως είναι η βροχή, η ομίχλη, ο παγετός, γενικότερα οι υγρές και ολισθηρές επιφάνειες, αλλά ακόμα και η σκόνη, ο καπνός και ο άνεμος.*

Όπως δείχνουν έρευνες, στις περισσότερες περιπτώσεις συντελούν τουλάχιστον δύο από τους προαναφερθέντες παράγοντες, αλλά ο

άνθρωπος μόνος ή σε συνδυασμό με τους άλλους παίζει ρόλο στο 95% των συνολικών οδικών ατυχημάτων (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας , 1994). Γενικά, η παράβαση των κανόνων της οδικής κυκλοφορίας που έχουν να κάνουν με προσπέραση σε οδικά τμήματα όπου αυτή απαγορεύεται, η απρόσεκτη οδήγηση, η μέθη, αλλά και η μη συμμόρφωση με τη σήμανση και τη σηματοδότηση είναι βασικές αιτίες που καθιστούν την ανθρώπινη συμπεριφορά στην κορυφή της λίστας για την πρόκληση οδικών ατυχημάτων.

Η συμπεριφορά του οδηγού που συντελεί στο να θεωρείται ως ο βασικότερος παράγοντας εμπλοκής σε οδικά ατυχήματα, μπορεί να παρατηρηθεί σε μορφές όπως η υπερβολική ταχύτητα, οι περιττές αλλαγές λωρίδων, οι απρόσεκτες προσπεράσεις, αλλά ακόμα και σε υπερεκτίμηση των δυνατοτήτων τους και της αποτελεσματικότητας των αντανακλαστικών τους σε περιπτώσεις όπως η υπερβολική κούραση και η οδήγηση υπό την επήρεια ναρκωτικών ουσιών ή οινοπνεύματος.

Οι Lunenfeld και Alexander (1990), θεώρησαν την οδήγηση ως ιεραρχική διαδικασία που περιλαμβάνει τον έλεγχο, την καθοδήγηση, και τη πλοήγηση. Τα ατυχήματα συμβαίνουν όταν οι οδηγοί δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν την πίεση που προκαλείται στο δρόμο και τείνουν να έχουν απρόσεκτη συμπεριφορά που οδηγεί σε μοιραία λάθη.

### **1.1.1 Διαδικασία Προσπέρασης**

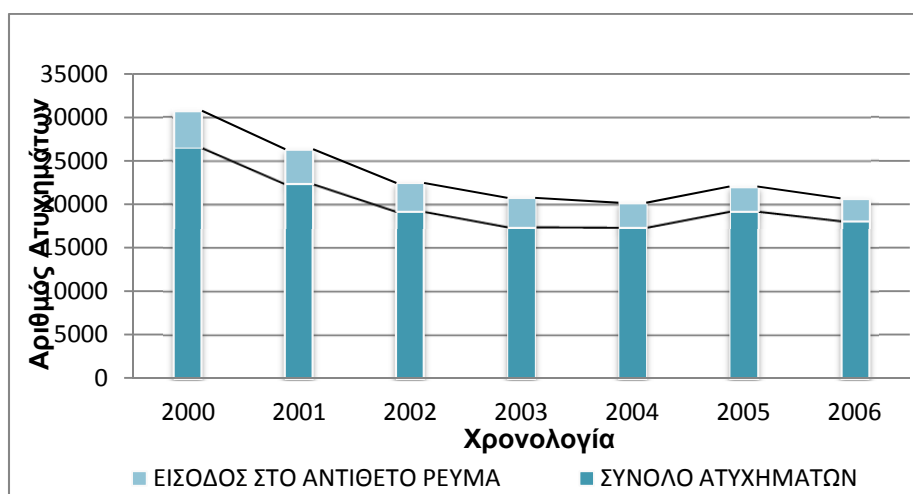
Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στους οποίους οφείλεται υψηλό ποσοστό των ατυχημάτων του οδικού δικτύου όχι μόνο στην Ελλάδα, αλλά και παγκοσμίως, είναι η διαδικασία της προσπέρασης ιδίως όταν αφορά είσοδο στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας (Bar-Gera & Shinar D., 2005). Είναι σαφές ότι η παρεκκλίνουσα οδική συμπεριφορά, η οποία περιλαμβάνει υπερβολική ταχύτητα, προσπέραση σε περιοχές διπλής γραμμής, είσοδο στο αντίθετο ρεύμα προκειμένου να λάβει χώρα



μια προσπέραση, περιττές κινήσεις εντός και εκτός της βασικής λωρίδας κυκλοφορίας, όπως επίσης και οι πολύ μικρές αποστάσεις από το εκάστοτε προπορευόμενο και εξεταζόμενο όχημα, είναι υπαίτια για το μεγάλο ποσοστό ατυχημάτων που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της προσπέρασης (Πίνακας 1.6 και Διάγραμμα 1.7). Ο ελιγμός της προσπέρασης, άλλωστε αποτελεί μια εγκεφαλικά πολύπλοκη διαδικασία και παράλληλα, επηρεάζει σημαντικά την απόδοση του δρόμου (Cantin et al, 2009).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 :Σύνολο ατυχημάτων στην Ελλάδα (πηγή : Ε.Σ.Υ.Ε.)**

ΕΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ		ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
	ΣΥΝΟΛΟ	ΕΙΣΟΔΟΣ ΣΤΟ ΑΝΤΙΘΕΤΟ ΡΕΥΜΑ	
2000	30763	4263	13.86
2001	26336	3989	15.15
2002	22459	3285	14.63
2003	20737	3332	16.07
2004	20179	2832	14.03
2005	22048	2865	12.99
2006	20675	2592	12.54
<b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ</b>	23314	3308	14.18



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2:** Αριθμός συνόλου ατυχημάτων και ατυχημάτων λόγω εισόδου στο αντίθετο ρεύμα από το 2000 έως το 2006 στην Ελλάδα

### **1.1.2 Αλληλεπίδραση Οδηγού με λοιπή Κυκλοφορία**

Έρευνες αποκάλυψαν ότι η συμπεριφορά ενός οδηγού εξαρτάται άμεσα από την υπόλοιπη κυκλοφορία, τόσο στο ρεύμα κίνησης όσο και στο αντίθετο ρεύμα. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τον Lay M.G. (1984) μεταξύ άλλων, μεγάλη επιρροή έχουν:

- οι Ταχύτητες (Åberg et al., 1997):
  - ο η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος
  - ο η ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος
  - ο η διαφορά ταχυτήτων του οχήματος από τα υπόλοιπα
- οι αποστάσεις του οχήματος από τα υπόλοιπα (Burney G. M., 1977)
- το αποδεκτό προσφερόμενο κενό ανάμεσα στο όχημα που προσπερνά και στο όχημα της αντίθετης κατεύθυνσης (όσον αφορά τη διαδικασία της προσπέρασης)
- η απόσταση ορατότητας (Wang Y. et al., 1998)

Μεγάλη σημασία και επιρροή στην αύξηση ή μείωση της επικινδυνότητας οδήγησης έχει και το κενό ασφαλείας που αφήνει το όχημα που προσπερνά καθώς επίσης και η σωστά ή λανθασμένα εκτιμώμενη ταχύτητα του οχήματος της αντίθετης κατεύθυνσης (Badsworth, 2002).

### **1.1.3 Νέοι και Προσπέραση**

Τα οδικά τροχαία ατυχήματα αποτελούν μια από τις κυριότερες αιτίες θανάτου και πρόκλησης μόνιμης αναπηρίας παγκοσμίως. Σύμφωνα με έρευνες, η ευπαθέστερη ομάδα του πληθυσμού όσον αφορά τις πιθανότητες επικίνδυνης οδηγικής συμπεριφοράς και συνεπώς εμπλοκής σε ατύχημα είναι οι νέοι και συγκεκριμένα κάτω των 24 ετών (Leung, Starmer, 2006 & Naantanen and Summala, 1978) και παρά την έντονη τάση μείωσης του αριθμού των ατυχημάτων τα ποσοστά παραμένουν

σταθερά. Τα στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης χαρακτηριστικά αναφέρουν ότι οι νέοι άνθρωποι αποτελούν το 27% των θανόντων οδηγών, παρόλο που αντιπροσωπεύουν μόνο το 10% του συνολικού πληθυσμού ([www.europa.eu](http://www.europa.eu)), ενώ συγκεκριμένα στην Ελλάδα, στατιστικές δείχνουν ότι νέοι οδηγοί Ι.Χ. μεταξύ 18-24 ετών έχουν διπλάσιες πιθανότητες να σκοτωθούν σε τροχαία ατυχήματα από τους οδηγούς 25-64 ετών (Χανδάνος, 2007).

Ποικίλες έρευνες και πειράματα έγιναν προκειμένου να βρεθούν τα χαρακτηριστικά εκείνα των νέων που οδηγούν στο αποτέλεσμα αυτό. Οι Triggs και Smith (1996) συμπέραναν ότι οι νέοι οδηγοί υστερούν σε ορισμένες βασικές οδηγικές ικανότητες, όπως η αντίληψη του κινδύνου (η ανίχνευση, η αναγνώριση και η έγκαιρη αντιμετώπιση των κινδύνων της κυκλοφορίας), η προσήλωση του ελέγχου (μέριμνα για τις σωστές πτυχές του οδικού περιβάλλοντος τη σωστή στιγμή και για τη σωστή διάρκεια), η ικανότητα να αντιμετωπίσει ταυτόχρονα ο οδηγός τη συνεχή αλλαγή πολλαπλών απαιτήσεων της οδήγησης που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής και η διάκριση ανάμεσα σε καταστάσεις υψηλών και χαμηλών απαιτήσεων (κινδύνων).

Παρατηρήθηκε ακόμη ότι κατά την οδήγηση, οι νέοι οδηγοί έτειναν να παρατηρούν τον δρόμο και τις λωρίδες κυκλοφορίας που ήταν κοντά στο καπό του οχήματός τους, αντίθετα από τους ώριμους οδηγούς που κοίταζαν τον ορίζοντα και έλεγχαν την θέση τους με την περιφερειακή τους όραση (Mourant et al, 1970). Έχει αποδειχθεί επίσης ότι οι νέοι οδηγοί έχουν έναν στενότερο ορίζοντα ανίχνευσης (Mourant et al, 1970), ειδικά όταν αντιμετωπίζουν στροφές (Cohen et al., 1977; Shinar et al., 1977). Κατά συνέπεια, οι αρχάριοι οδηγοί είναι λιγότερο έτοιμοι και άρα πιο αργοί στο να αντιλαμβάνονται τους οδικούς κινδύνους (Deery and Love, 1996), είναι συνεπώς πιο επιρρεπείς σε ατυχήματα (McNally και Titchener 2012). Αυτό παρατηρείται παρά το γεγονός ότι οι νέοι άνθρωποι έχουν γενικά γρηγορότερα αντανάκλαστικά από τους μεγαλύτερους (Summala, 1987). Οι Naantanen και Summala (1978),

αναφέρουν πιο συγκεκριμένα ότι οι νεαροί οδηγοί είναι πιθανότερο να έχουν αυτές τις συμπεριφορές λόγω του νεαρού της ηλικίας τους και λόγω ψυχολογικών παραγόντων. Οι νεαροί οδηγοί έχουν έλλειψη εμπειρίας και δεν μπορούν να ελέγξουν τη συναισθηματική πίεση που προκαλείται από την κυκλοφορία και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η ορισμένη αυτή ηλικιακή ομάδα έχει τα περισσότερα τροχαία ατυχήματα (Forsyth et al.1995).

Η παγκόσμια λογοτεχνία έχει συστηματικά τονίσει και την επίδραση της ηλικίας και του φύλου του οδηγού στη διαδικασία της προσπέρασης. Οι Clarke et al. (1998) διαπίστωσαν ότι πολλά ατυχήματα συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της προσπέρασης και συνήθως οφείλονται σε λανθασμένες αποφάσεις των (νέων) οδηγών για έναν τέτοιο ελιγμό, ενώ οι Mohaymany et al. (2010) έδειξαν ότι οι νεότεροι οδηγοί (18-28 ετών) είναι πιο πιθανό να είναι υπαίτιοι τροχαίου δυστυχήματος κατά την προσπέραση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλές έρευνες πιστοποίησαν την σημαντική διαφορά ανάμεσα στη συμπεριφορά ανδρών και γυναικών, ιδίως σε περιπτώσεις με μικρή οδηγική εμπειρία. Οι Rajialin et al. (1997) έδωσαν έμφαση στη διάκριση μεταξύ ανδρών και γυναικών όσον αφορά σε κινηματικά χαρακτηριστικά τους κατά την οδήγηση σε μικρές αποστάσεις από τα προπορευόμενα οχήματα και ο Farah (2011) υπέδειξε διαφορές βάσει ηλικίας και φύλου, κυρίως όσον αφορά στη συχνότητα των προσπεράσεων, στην διάρκεια κάθε προσπέρασης, στις τηρούμενες αποστάσεις, στα κρίσιμα κενά για προσπέραση και στην επιθυμητή ταχύτητα οδήγησης.

Βάσει των Vlahogianni και Golias (2012), οι γυναίκες αποδεικνύονται πιο διστακτικές ενώ παρουσιάζουν ομοιόμορφη συμπεριφορά όσον αφορά στα κενά που κρατούν κατά την οδήγησή τους, ενώ γενικά είναι υπομονετικές και ακολουθούν τους κανόνες οδικής κυκλοφορίας (West, 1997). Οι άνδρες από την άλλη έχουν ποικιλόμορφη συμπεριφορά, ενώ γενικά τείνουν να οδηγούν σε υψηλότερες ταχύτητες και να προσπερνούν

συχνότερα απ' ότi οι γυναίκες, καθώς έχουν καλύτερη αντίληψη του οδικού περιβάλλοντος και της συμπεριφοράς των άλλων χρηστών της οδού. Οι διαφορές αυτές αποδίδονται στην διαδικασία της σάρωσης και της αξιολόγησης του περιβάλλοντος που επικρατεί στην οδό για την εύρεση μιας ευκαιρίας για προσπέραση (Vlahogianni & Golias 2011)

## **1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας**

Στην παγκόσμια βιβλιογραφία συνήθως η συμπεριφορά ενός οδηγού αντιμετωπίζεται σαν ενιαία καθ' όλη την διάρκεια οδήγηση, ενώ έχει σταθερά όρια ασφαλείας όσον αφορά τους δείκτες επικινδυνότητας (TTC κλπ). Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της επικινδυνότητας στη συμπεριφορά νέων οδηγών σε υπεραστικές οδούς δυο λωρίδων κυκλοφορίας. Στην έρευνα αυτή η συμπεριφορά του οδηγού διερευνάται ως δυναμικό μέγεθος το οποίο συνεχώς αλλάζει και συνεπώς υπόκειται σε διαφορετικά όρια ασφαλείας κάθε στιγμή. Πιο συγκεκριμένα, η συμπεριφορά ενός οδηγού κρίνεται επικίνδυνη ή μη για κάθε στιγμή της οδήγησής του βάσει της γενικής τάσης συμπεριφοράς (general attribute) που έχει ο οδηγός, με το αν έχει την τάση να είναι επιθετικός ή αμυντικός (μη-επιθετικός) κατά την οδήγησή του. Συνεπώς, ένας μη επιθετικός οδηγός κρίνεται επικίνδυνος όταν γίνεται επιθετικός και αντίστοιχα ένας ήδη επιθετικός οδηγός κρίνεται επικίνδυνος όταν γίνεται επιθετικότερος.

Η διερεύνηση της συμπεριφοράς των οδηγών θα επιτευχθεί μέσω διεξαγωγής πειραμάτων σε προσομοιωτή οδήγησης. Αρχικά, γίνεται έλεγχος και ανάλυση των δυνατοτήτων του προσομοιωτή, και επιλέγεται ένα σενάριο οδήγησης τέτοιο ώστε να ικανοποιεί τις προϋποθέσεις που έθεσε ο ερευνητής για την πραγματοποίηση ενός ρεαλιστικού πειράματος (στην προκειμένη περίπτωση σενάριο προγραμματισμένο από παλαιότερη διπλωματική εργασία του ΕΜΠ). Στη συνέχεια το δείγμα των οδηγών διαχωρίζεται με βάση το φύλο και ομαδοποιούνται τα χαρακτηριστικά

του ώστε να προκύψουν γενικά και ειδικά όρια μεταξύ επιθετικής και επιφυλακτικής οδήγησης.

Στο επόμενο βήμα ανάλυσης, αναπτύσσεται ένα μικροσκοπικό στατιστικό πρότυπο με βάση τη στατιστική, το οποίο θα περιγράφει την πιθανότητα εμφάνισης επικίνδυνης συμπεριφοράς ενός οδηγού, συναρτήσει παραγόντων όπως:

- Οι κυκλοφοριακές συνθήκες (μέση ταχύτητα ανά ρεύμα κυκλοφορίας, ταχύτητα μελετώμενου οχήματος τη στιγμή της προσπέρασης, ταχύτητα προπορευόμενου και επερχόμενου οχήματος που εμπλέκονται σε μια πιθανή προσπέραση με το προς μελέτη όχημα, καθώς και οι αντίστοιχοι χρονικοί διαχωρισμοί).
- Τα κοινωνικά-δημογραφικά χαρακτηριστικά των οδηγών (φύλο, ηλικία, εμπειρία οδήγησης, διανυόμενη εβδομαδιαία απόσταση και προηγούμενη εμπλοκή σε ατύχημα).

Το στατιστικό πρότυπο που θα αναπτυχθεί, θα επεξηγεί επαρκώς τη σχέση που διέπει την εξαρτημένη μεταβλητή με τις ανεξάρτητες, ώστε να ποσοτικοποιηθεί η επιρροή καθενός από αυτούς τους παράγοντες. Θα εισαχθούν ακόμη επιπλέον μεταβλητές απαραίτητες για την διερεύνηση όπως ο χρόνος για κρούση σε κάθε στιγμή (TTC) και η διαφορά ταχυτήτων ανάμεσα στον οδηγό και τη λοιπή κυκλοφορία.

## 1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται η βασική δομή της διπλωματικής εργασίας μέσω συνοπτικής αναφοράς στο περιεχόμενο των κεφαλαίων της:

- **Κεφάλαιο 1°**

Εισαγωγικό και πραγματεύεται πρωταρχικά στοιχεία για την καλύτερη κατανόηση του αντικειμένου της διπλωματικής εργασίας. Δίδονται οι παράγοντες στους οποίους οφείλονται τα οδικά ατυχήματα και συγκρίνονται οι ηλικιακές ομάδες και οι κατηγορίες οδών ώστε να διερευνηθεί ο δυσμενέστερος συνδυασμός. Αποσκοπεί ακόμη στον εντοπισμό του πλέον ευπαθούς δείγματος οδηγών σε ό,τι αφορά τα ατυχήματα.

- **Κεφάλαιο 2**

Βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε για να αναζητηθούν έρευνες που πραγματεύονται αντικείμενο συναφές με αυτό της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Παραθέτονται παράγοντες επικινδυνότητας, ενώ γίνεται αναζήτηση της καταλληλότερης μεθόδου διεξαγωγής του πειράματος μεταξύ των αναλυτικών μεθόδων εξισώσεων κίνησης, μετρήσεων πεδίου και χρήσης προσομοίωσης.

- **Κεφάλαιο 3**

Αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας. Αρχικά γίνεται μια εισαγωγή στη χρήση της προσομοίωσης ως ερευνητικό εργαλείο σε ό,τι αφορά την εγκυρότητα και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της. Μετά γίνεται η προετοιμασία του πειράματος με την περιγραφή των υπό μέτρηση μεταβλητών. Έπειτα, περιγράφεται η διεξαγωγή του πειράματος, η αποθήκευση των εξαγόμενων στοιχείων καθώς και η επεξεργασία των μετρήσεων. Τέλος, γίνεται εισαγωγή στο στατιστικό λογισμικό και στις βασικές έννοιες της

στατιστικής του χρησιμοποιήθηκαν με ιδιαίτερη έμφαση στα κατάλληλα μαθηματικά πρότυπα που αναπτύχθηκαν.

- **Κεφάλαιο 4**

Παρουσιάζει τη στατιστική επεξεργασία της τελικής βάσης δεδομένων. Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία συνοδεύονται από τα αντίστοιχα μαθηματικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν, ενώ γίνεται σύγκριση μεταξύ των μοντέλων βάσει κριτηρίων καλής προσαρμογής και ακρίβειας των μοντέλων.

- **Κεφάλαιο 5**

Ολοκληρώνει τη σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων για την ανάλυση των ανδρών και των γυναικών, απαριθμεί τις ανεξάρτητες μεταβλητές με μεγάλη επιρροή ενώ παραθέτει τα συνολικά συμπεράσματα που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.



# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

---

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση που διενεργήθηκε πριν την έναρξη της διπλωματικής εργασίας και περιλαμβάνει έρευνες στον τομέα της οδικής ασφάλειας, το αντικείμενο και η μεθοδολογία των οποίων παρουσιάζει συνάφεια με το αντικείμενό της. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται έρευνες που αναφέρονται στην ανάλυση των παραγόντων επικινδυνότητας κατά την οδήγηση και στην εξαγωγή δεικτών που υπολογίζουν τον αντίκτυπο της επικίνδυνης συμπεριφοράς στην κυκλοφορία και την οδική ασφάλεια. Για κάθε επιστημονική εργασία παρουσιάζεται σύντομη σύνοψη, με έμφαση στη μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε και τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν. Μέσω της ανασκόπησης των μεθοδολογιών των ερευνών αυτών, προσδιορίζεται η καταλληλότερη μέθοδος για την αντιμετώπιση του αντικειμένου της διπλωματικής εργασίας.

## 2.1 Επικινδυνότητα

Η Επικινδυνότητα στην οδήγηση αποτελεί ποσοτικοποίηση του κινδύνου πρόκλησης ατυχήματος. Πιο συγκεκριμένα, ορίζεται ως το γινόμενο επίπτωσης επί τον κίνδυνο και εξαρτάται άμεσα τόσο από την σοβαρότητα του επικείμενου συμβάντος (ατύχημα) όσο και από το πόσο πιθανό είναι αυτό (Assum T., 1997).

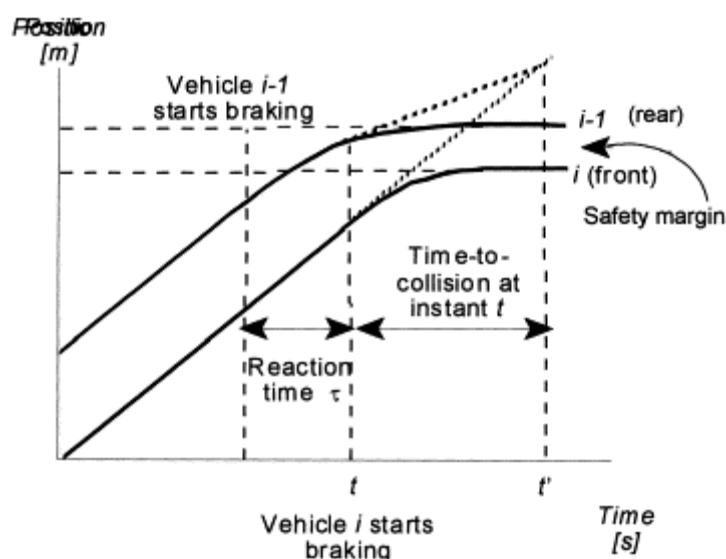
Προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η επικινδυνότητα της οδήγησης κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, απαραίτητη ήταν τόσο η εισαγωγή δεικτών επικινδυνότητα όπως το TTC, το TET κλπ τα οποία αναλύονται στην παράγραφο 2.2, όσο και ο ξεκάθαρος ορισμός των παραγόντων της επικινδυνότητας (Quimby A.R. ,1981), οι οποίοι εξηγούνται στην παράγραφο 2.3.

## 2.2 Δείκτες Επικινδυνότητας

Με βάση ποικίλες έρευνες, οι νέοι είναι η ηλικιακή ομάδα με τις περισσότερες πιθανότητες για εμπλοκή σε ή πρόκληση ατυχήματος (Triggs T.J. & Smith K.B – Leung & Starmer – Naantanen & Summala κλπ) και για τον λόγο αυτό, το πείραμα της έρευνας θα διεξαχθεί με συμμετοχή νέων οδηγών. Στη συνέχεια της διερεύνησης διερευνήθηκαν οι παράγοντες που καθιστούν έναν οδηγό επικίνδυνο ή μη. Ποικίλες έρευνες ασχολήθηκαν με την εισαγωγή νέων δεικτών οδικής ασφάλειας και των αντίστοιχων ορίων τους, ώστε να γίνει δυνατή η κατάταξη των οδηγών σε κατηγορίες.

Μελετητές στο παρελθόν ασχολήθηκαν αρκετά με το χρόνο σύγκρουσης (**TTC** – time to collision), καθώς θεωρείται ένας από τους πιο ευρέως χρησιμοποιούμενους δείκτες οδικής ασφάλειας και αποτελεί μια

μέτρηση που εμφανίζει την πιθανότητα εμπλοκής σε οδικό ατύχημα (Kiefer et al, 2006; Dijkstra και Drolenga, 2008). Η έννοια του TTC εισήχθη πρώτα από τον Hayward (1972) και ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για δύο οχήματα για να συγκρουστούν εάν διατηρήσουν την τρέχουσα ταχύτητα και κατεύθυνσή τους (Διάγραμμα 2.1).



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.1: Ορισμός "χρόνου για κρούση" (Time to Collision – TTC) βάσει του ορισμού του Hayward (Πηγή: Miderhoud et al., 2000)**

Σαν συνέχεια του έργου του Hayward, πολλοί μελετητές ασχολήθηκαν με την εύρεση της κρίσιμης τιμής του TTC ώστε να διαχωριστούν οι καταστάσεις υψηλής, μέτριας και μικρής επικινδυνότητας. Καταρχάς, όσο μεγαλύτερη η τιμή του TTC τόσο μεγαλύτερη η ασφάλεια (Fancher et al., 1997). Όσον αφορά τώρα στις οριακές τιμές, έρευνες έδειξαν ότι ένα όριο στα 3,5 - 4 δευτερόλεπτα (Hirst and Graham, 1997) είναι αρκετά ικανοποιητικό για τον διαχωρισμό επικίνδυνων και μη καταστάσεων, ενώ εάν τεθεί το όριο στα 5 δευτερόλεπτα είναι πολύ πιθανόν να υπάρχουν λανθασμένες ενδείξεις κινδύνου. Σύμφωνα ωστόσο με άλλες πηγές, είναι ικανοποιητικές τιμές ορίων ασφαλείας 3,5 ακόμη και 2,6 δευτερολέπτων (Hogema and Janssen, 1996). Ο Van der Horst (1991) στη μελέτη του για το TTC, προέβλεψε τιμές για τους παράγοντες που το επηρεάζουν οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται ως ελάχιστες

τουλάχιστον για να μπορούν να διατηρηθούν κανονικές οι συνθήκες της κυκλοφορίας, ενώ κατέληξε σε πολύ χαμηλές τιμές ορίων.

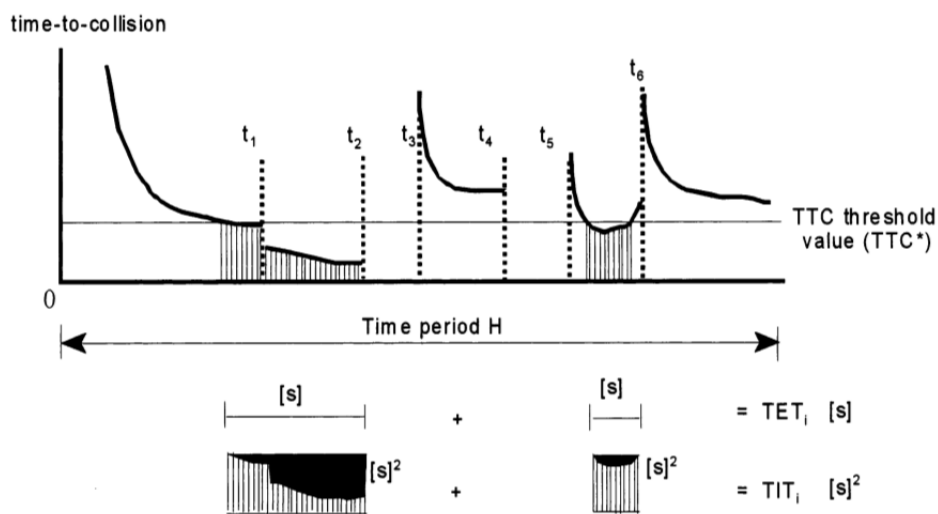
Οι Farah et al (2009), χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές, διεξήγαγαν ένα πείραμα σε προσομοιωτή οδήγησης με σκοπό τη δημιουργία ενός προτύπου σε σχέση με τη συμπεριφορά του οδηγού, κατηγοριοποιώντας τη σε τύπους οδήγησης (απερίσκεπτη, αγχώδης, επιθετική, υπομονετική) μέσω ερωτηματολογίων και στη συνέχεια, μέσω πειραμάτων προσομοίωσης, δημιούργησαν ένα μοντέλο που ενισχύει στην κατανόηση της οδικής συμπεριφοράς σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας και στους παράγοντες που επηρεάζουν τις αποφάσεις των οδηγών για να τηρούν συγκεκριμένες ταχύτητες και αποστάσεις κατά την οδήγηση και να προσπερνούν οχήματα που κινούνται με χαμηλότερες ταχύτητες από τους ίδιους.

Αξιοσημείωτη είναι ακόμη η προσπάθεια κατανόησης του τρόπου αντίληψης του TTC από την πλευρά του οδηγού καθώς αυτή είναι που διαμορφώνει τον τρόπο οδήγησης κάθε χρήστη και συνεπώς καθορίζει το εάν είναι επικίνδυνος ή όχι. Όπως έδειξαν εκτενή πειράματα με χρήση προσομοιωτή οδήγησης, κάθε οδηγός λαμβάνει υπόψη τρεις παράγοντες κατά την ερμηνεία του οδικού περιβάλλοντος: την απόσταση από το αντικείμενο, την σχετική ταχύτητα των αντικειμένων και τον χρόνο παρατήρησης (Hoffmann and Mortimer, 1993). Πιο συγκεκριμένα, οι για περιπτώσεις με μεγάλο TTC, υψηλό ποσοστό των οδηγών είχαν την τάση να το εκτιμήσουν λανθασμένα: για TTC κοντά στα 5 δευτερόλεπτα το 20% των χρηστών είχε σφάλμα στην εκτίμηση ενώ για TTC=10 δευτερόλεπτα το ίδιο ποσοστό ανέρχεται στο 38% (Groeger and Cavallo, 1991). Η καλύτερη αντίληψη του TTC ήταν για κρίσιμη τιμή τριών δευτερολέπτων όπου το σφάλμα ανήλθε σε μόνον 2,3%. Το ίδιο πείραμα πιστοποίησε ακόμη τη διαφορά μεταξύ ανδρών και γυναικών καθώς οι άνδρες αντιλαμβάνονταν καλύτερα τις τιμές του TTC.

Τελικώς, στην παρούσα εργασία θεωρήθηκε σαν κρίσιμη τιμή του TTC τα 3 δευτερόλεπτα καθώς για την τιμή αυτή κατεγράφησαν τα λιγότερα «επικίνδυνα» περιστατικά και πολύ λίγα κρίσιμης σημασίας (Minderhoud and Bovy, 2001). Η επιλογή του ορίου στα 3 δευτερόλεπτα είναι ακόμη εύστοχη καθώς τόσος υπολογίστηκε ο απαιτούμενος χρόνος (με χρήση συντελεστών ασφαλείας) για τον οδηγό να κάνει τις απαραίτητες κινήσεις για αποφυγή σύγκρουσης (φρενάρισμα, ελιγμοί), ενώ για την τιμή αυτή η συντριπτική πλειοψηφία των οδηγών εκτιμά σωστά τις συνθήκες οδήγησης (Hoffmann and Mortimer, 1993).

Με βάση τον δείκτη TTC διερευνήθηκαν δύο επιπλέον δείκτες ασφαλείας (Διάγραμμα 2.2 – Minderhoud and Bovy, 2001) οι οποίοι επεξηγούνται αναλυτικά παρακάτω:

- **TET** (time exposed time-to-collision)
- **TIT** (time integrated time-to-collision)



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.2: Ορισμός και σχηματική απεικόνιση των δεικτών TET και TIT (Πηγή: Minderhoud και Bovy, 2001)**

Ο δείκτης TET ουσιαστικά δείχνει πόσο συνολικά χρονικό διάστημα ένας οδηγός ήταν εκτεθειμένος σε τιμές του TTC κάτω του ορίου επικινδυνότητας και συνεπώς εξαρτάται από το επιλεγθέν όριο TTC.

Συνεπώς, όσο μεγαλύτερο το TET τόσο επικινδυνότερη η οδήγηση του χρήστη (Minderhoud and Bovy, 2001).

Το πρόβλημα ωστόσο του TET είναι ότι δεν επισημαίνει τη σοβαρότητα εκάστοτε περιστατικού, παρά μόνο το εάν είναι ή όχι κάτω από το όριο ασφαλείας. Συμπληρωματικά λοιπόν εισήχθη ο δείκτης TIT, ο οποίος αντικατοπτρίζει το συνολικό εμβαδόν του διαγράμματος TTC – χρόνου ( $TTC = f(t)$ ) το οποίο βρίσκεται κάτω από το επιλεχθέν όριο επικινδυνότητας.

Συνδυάζοντας λοιπόν τους παραπάνω δύο δείκτες είναι δυνατόν να εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα σε σχέση με το εάν ένας οδηγός οδηγεί επικίνδυνα γενικώς ή εάν ενεπλάκη σε λίγα ωστόσο κρίσιμης σοβαρότητας περιστατικά (Minderhoud and Bovy, 2001).

Ένας άλλος πολύ σημαντικός δείκτης επικινδυνότητας των οδηγών, ο οποίος αντικατοπτρίζει τις ικανότητες κάθε οδηγού είναι ο «χρόνος αντίδρασης» (RT- Reaction Time). Ποικίλες έρευνες έχουν γίνει προκειμένου να εξαχθούν μέσες τιμές χρόνων αντίδρασης οδηγών και αντίστοιχων ορίων ασφαλείας. Οι έρευνες αυτές ήταν τόσο πεδίου όσο και με χρήση προσομοιωτή οδήγησης.

Ο χρόνος αντίδρασης του οδηγού ποικίλει ανάλογα με την ηλικία, το φύλλο, την εμπειρία και την ψυχοσωματική κατάσταση (Makishita and Matsunaga, 2008). Πιο συγκεκριμένα, οι νέοι άνδρες τείνουν να έχουν μικρότερους χρόνους αντίληψης των κινδύνων και συνεπώς πραγματοποιούν ελιγμούς ταχύτερα, ενώ η εμπειρία δεν παίζει τόσο μεγάλο ρόλο στον χρόνο αντίδρασης όσο στην ορθότητα αυτής. Γενικά όμως, όπως διαπίστωσαν οι Quimby et al. (1986), οδηγοί που έκαναν περισσότερο χρόνο να αντιληφθούν και να αντιδράσουν στους κινδύνους είχαν περισσότερα ατυχήματα. Αυτό οφείλεται στο ότι αυτοί οι οδηγοί ήταν πιο επιρρεπείς στο να αντιδρούν αυθόρμητα, χωρίς την απαιτούμενη φροντίδα και προσοχή στην ασφάλεια. Ακόμη, ο χρόνος

αντίδρασης μειώνεται δραματικά σε περιπτώσεις οδηγών με προβλήματα ακοής ή/και όρασης και οδηγών υπό την επήρεια αλκοόλ, ναρκωτικών ουσιών και φαρμακευτικής αγωγής (Moskowitz and Robinson, 1988). Δεδομένης ωστόσο της δυσκολίας εισαγωγής του ως μεταβλητή στο μοντέλο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελεί αξιόλογη πρόταση για συμπληρωματική έρευνα.

## **2.3 Είδη Ερευνών**

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το θέμα της επικινδυνότητας της οδήγησης και της ποσοτικοποίησης αυτής απασχόλησε πολλούς μελετητές, οι οποίοι στην προσπάθεια εισαγωγής κατάλληλων δεικτών ασφαλείας και αντίστοιχων ορίων, πραγματοποίησαν εκτενείς έρευνες. Οι έρευνες αυτές μπορούν να διαχωριστούν βάσει του τρόπου προσέγγισης του προβλήματος και της συλλογής δεδομένων σε αναλυτικές, μετρήσεων πεδίου και πειραματικές μέσω προσομοίωσης σε μικροσκοπικό και μακροσκοπικό επίπεδο. Η ανάδειξη της υπευθυνότητας του ανθρώπινου παράγοντα στα οδικά ατυχήματα ως καθοριστικής σημασίας καθιστά άλλωστε αναγκαία την εξέταση όλων των παραγόντων που πιθανώς έχουν επιρροή στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού.

Σε γενικές γραμμές, οι έρευνες που σχετίζονται με την οδική ασφάλεια πραγματοποιούνται μέσω ερωτηματολογίων, μετρήσεων σε πραγματικό περιβάλλον με τη βοήθεια καταγραφικού εξοπλισμού (π.χ. καμερών), με χρήση βάσεων δεδομένων ατυχημάτων, αλλά κυρίως με τη χρήση προσομοιωτών οδήγησης. Πιο αναλυτικά, οι κατηγορίες ερευνών είναι οι εξής:

- ***Αναλυτικές έρευνες***

Οι αναλυτικές έρευνες βασίζονται σε αναλυτικές εξισώσεις κίνησης προκειμένου να υπολογιστούν οι συντελεστές ασφαλείας και τα όριά τους (πχ. απαραίτητες αποστάσεις ορατότητας). Αυτά τα πρότυπα χρησιμοποιούνται κυρίως για το σχεδιασμό οδών και συγκεκριμένα τμημάτων αυτών όπου η προσπέραση είναι επιτρεπτή (Lieberman, 1982).

- ***Έρευνες με μετρήσεις πεδίου***

Οι πρώτες έρευνες έγιναν από τους Lauer και Forbes το 1930. Στην έρευνά τους έκαναν έναν “μικροσκοπικό αυτοκινητόδρομο” ως προσομοιωτή οδήγησης. Αυτός ο προσομοιωτής έγινε από μία ζώνη από καμβά, περίπου 20 πόδια μακριά, που επιτρέπει στον οδηγό της ίδιας κατεύθυνσης- και των αντίθετα κινουμένων μικροσκοπικών αυτοκινήτων- τον οπτικό έλεγχο του οδοστρώματος. Η έννοια αυτής της μικρογραφίας ήταν να μπορεί ο οδηγός να οδηγεί, να επιταχύνει και να επιβραδύνει για να προσπεράσει και να αποφύγει την κυκλοφορία διπλής κατεύθυνσης των μικροσκοπικών αυτοκινήτων. Αυτός ο προσομοιωτής βοήθησε στο να υπολογιστεί η ταχύτητα των αυτοκινήτων που είχαν προσπεραστεί και επίσης ο χρόνος προσπέρασης (Forbes, 1932).

Οι Matson και Forbes (1938) ήταν πρωτοπόροι στο ότι αυτοί πρώτοι χρησιμοποίησαν κινούμενο όχημα παρατήρησης για να μελετήσουν την συμπεριφορά του οδηγού που προσπερνά. Το όχημα παρατήρησης οδηγείται κατά μήκος της κυκλοφοριακής ροής με προκαθορισμένη ταχύτητα και καταγράφει τη συμπεριφορά των οδηγών που το προσπερνά. Εκτός από το όχημα παρατήρησης, χρησιμοποίησαν επίσης μια οπτική μέθοδο καταγραφής της συμπεριφοράς των αυτοκινητιστών ενώ εκτελούσαν την προσπέραση. Αυτή η μέθοδος βοήθησε στην ανάλυση των στοιχείων στο εργαστήριο. Ανέλυσαν περίπου 709 προσπεράσεις. Μια νέα μέθοδος εφαρμόστηκε στην έρευνα για τη



συμπεριφορά κατά την προσπέραση, χρησιμοποιώντας πρόσθετα όργανα παρατήρησης στο εξεταζόμενο όχημα.

- **Έρευνες με Προσομοιωτή Οδήγησης**

Αρκετές έρευνες στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν βασίσει τα συμπεράσματά τους σε πειράματα που διεξήχθησαν σε προσομοιωτές οδήγησης. Οι προσομοιωτές αυτοί βασίζονται σε μικροσκοπικά πρότυπα, καθότι η περιγραφή τους δεν εντοπίζεται μόνο στις ίδιες τις μονάδες του συστήματος, δηλαδή τα οχήματα, αλλά και στις αλληλεπιδράσεις αυτών, γεγονός που διευκολύνει σαφώς τη γρήγορη και εύκολη συγκέντρωση στοιχείων και μεταβλητών που αφορούν στην προσπέραση. Επίσης, τα πειράματα στους προσομοιωτές επειδή δεν εμπεριέχουν ρεαλιστικό κίνδυνο, επιτρέπουν να γίνονται σε αυτούς εκτενείς μελέτες, ακόμα και για παράγοντες που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια και η καταγραφή τους είναι εξαιρετικά δύσκολη και επικίνδυνη (π.χ. πιθανότητα εμπλοκής οχήματος σε ατύχημα).

## **2.4 Παράγοντες Επικινδυνότητας**

Οι παράγοντες της επικινδυνότητας, σύμφωνα με τον Quimby (1981), αφορούν ουσιαστικά στα χαρακτηριστικά εκείνα των χρηστών της οδού τα οποία συντελούν στη διαμόρφωση συγκεκριμένης συμπεριφοράς, η οποία μπορεί να είναι είτε επικίνδυνη (βάσει δεικτών επικινδυνότητας) είτε μη-επικίνδυνη. Βάσει μεγάλης έκτασης έρευνας η οποία διεξήχθη από τους Dingus et al. (2006), διαπιστώθηκε ότι παράγοντες επικινδυνότητας είναι μεταξύ άλλων:

- Το φύλο του οδηγού (άνδρας, γυναίκα)
- Η ηλικία του οδηγού
- Οι ταχύτητες της λοιπής κυκλοφορίας
- Τα δημιουργούμενα κενά – ευκαιρίες προσπέρασης

## 2.5 Συμπεράσματα Βιβλιογραφίας

Μετά το πέρας της ανασκόπησης στη διεθνή και όχι μόνο βιβλιογραφία, φαίνεται ότι η συμπεριφορά των νέων οδηγών κατά την οδήγηση σε υπεραστική οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας έχει μεγάλη αξία διερεύνησης, καθώς η ηλικιακή αυτή ομάδα παρουσιάζει εξάρσεις και έντονη τάση για επικίνδυνη οδήγηση. Έτσι επιλέχθηκε το δείγμα των οδηγών που θα συμμετάσχουν στο πείραμα να είναι μεταξύ 18-28 ετών.

Οι περισσότερες έρευνες στην παγκόσμια βιβλιογραφία που αφορούν σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας ασχολούνται κυρίως με θέματα που αφορούν δείκτες επικινδυνότητας και παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν επικίνδυνη οδήγηση (όπως η απαιτούμενη απόσταση ορατότητας, με το πώς επηρεάζει η ταχύτητα, τόσο του οχήματος που προσπερνά όσο και του οχήματος που προσπερνιέται τον αριθμό των πραγματοποιούμενων προσπεράσεων, με τον αντίκτυπο που έχει η ανυπομονησία του οδηγού στο ελάχιστο αποδεκτό κενό, με την κατηγοριοποίηση των προσπεράσεων και με τις συχνότητες αυτών κλπ).

Στην παρούσα έρευνα γίνεται προσπάθεια διερεύνησης των συνθηκών που είναι δυνατόν να επηρεάσουν την οδηγική συμπεριφορά των χρηστών της οδού και ο συνδυασμός παραγόντων και δεικτών επικινδυνότητας, ώστε να είναι δυνατή η μελέτη του μεγέθους επιρροής κάθε παράγοντα καθώς και η πιθανότητα ένας οδηγός με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά να εμφανίσει επικίνδυνη ή μη συμπεριφορά. Όπως αναφέρθηκε άλλωστε και στο 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, η συμπεριφορά του οδηγού θα θεωρηθεί, σε αντίθεση με την πλειοψηφία των ερευνών, δυναμικό μέγεθος το οποίο θα μεταβάλλεται κάθε στιγμή και δεν θα κρίνεται βάσει γενικής τάσης οδήγησης ή μέσου όρου TTC για το σύνολο της οδήγησης κάθε οδηγού. Το όριο ασφαλείας του χρόνου για κρούση (TTC) θα αλλάζει ανάλογα με τα γενικά χαρακτηριστικά των οδηγών, ώστε να είναι δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων, σε σχέση με τη συμπεριφορά τους, για κάθε χρονική στιγμή.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>**

---

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ**

Από την εκτενή ανάλυση της εθνικής και κυρίως διεθνούς εμπειρίας και βιβλιογραφίας, προκύπτει ότι ενδιαφέρον παρουσιάζει η διερεύνηση της κατηγοριοποίησης των οδηγών σε επικίνδυνους ή μη, αλλά και θεμάτων που αναφέρονται από τους ίδιους τους συγγραφείς ότι χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής και περαιτέρω έρευνας και ανάλυσης. Η ανασκόπηση αυτή φάνηκε ιδιαίτερος χρήσιμη για την τελική επιλογή του τρόπου διεξαγωγής του πειράματος, αλλά και για τη μετέπειτα ανάλυση των δεδομένων που εξάχθηκαν από αυτό.

### **3.1 Διατύπωση Προβλήματος**

Στην παρούσα εργασία γίνεται η υπόθεση ότι κάθε χρήστης της οδού και ιδίως ένας οδηγός, παρουσιάζει μεταβλητή συμπεριφορά τόσο από ημέρα σε ημέρα όσο και κατά την διάρκεια μίας μεμονωμένης διαδρομής. Οι παράγοντες που οδηγούν σε αυτές τις αλλαγές συμπεριφοράς είναι ποικίλοι και απορρέουν τόσο από τις συνθήκες που επικρατούν στην οδό (κυκλοφοριακές, έλεγχος κυκλοφορίας, γεωμετρία οδού κλπ), όσο και από την ψυχοσωματική κατάσταση του οδηγού. Οι διαφορές αυτές είναι αρκετά έντονες και ανάμεσα στα δύο φύλλα, για τον λόγο αυτό επιλέγεται να διαχωριστεί το δείγμα οδηγών σε άνδρες και γυναίκες (Male/Female) πριν την στατιστική ανάλυση των δεδομένων που εξήχθησαν από τον προσομοιωτή οδήγησης και επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

### **3.2 Επιλογή Μεθόδου Συλλογής Δεδομένων**

Ως βέλτιστος τρόπος υλοποίησης του πειράματος κρίθηκε η χρήση της προσομοίωσης αφού σταθμίστηκαν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτής της επιλογής. (βλ. Παράγραφο 4.3.2). Το πείραμα, αποφασίστηκε να λάβει χώρα σε προσομοιωτή οδήγησης σταθερής βάσης που βρίσκεται στο εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής του τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Η συλλογή στοιχείων για την μετέπειτα ανάλυση έγινε μέσω του λογισμικού που προσέφερε ο προσομοιωτής αφού έγιναν οι απαραίτητες τροποποιήσεις με τη βοήθεια του προγραμματιστικού εργαλείου σε συνδυασμό με ερωτηματολόγια που κλήθηκαν να συμπληρώσουν οι συμμετέχοντες στο πείραμα.

Μετά την ολοκλήρωση όλων των προκαθορισμένων πειραμάτων και την επιλογή της καταλληλότερης μεθοδολογίας ανάλυσης, έγινε η δημιουργία της βάσης δεδομένων που θα χρησιμοποιούνταν στη

μετέπειτα επεξεργασία. Η βάση αυτή βελτιωνόταν σταδιακά μέχρις ότου αποκτήσει την τελική της μορφή. Αφού συγκεντρώθηκαν όλα τα στοιχεία της πειραματικής διαδικασίας και των ερωτηματολογίων, έγινε η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου που θα ακολουθούνταν για την πραγματοποίηση της στατιστικής ανάλυσης. Εφόσον λοιπόν στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η εύρεση των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν την συμπεριφορά των νέων οδηγών σε υπεραστική οδό δύο λωρίδων, ώστε να κατηγοριοποιηθούν σε επικίνδυνοι και μη, είναι απαραίτητο να γίνει διαχωρισμός και ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων (clustering). Πέραν ωστόσο της απαρίθμησης των παραγόντων αυτών (μεταβλητές) είναι σκόπιμο να διερευνηθεί το μέγεθος της επιρροής καθενός. Μετά την εισαγωγή των δεδομένων στο ειδικό στατιστικό λογισμικό πρόγραμμα ώστε να γίνει η ομαδοποίηση, αναπτύχθηκαν τα απαιτούμενα μαθηματικά πρότυπα και έγινε συγκέντρωση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

### **3.3 Προσομοιωτές Οδήγησης**

Το πείραμα της παρούσας Διπλωματικής εργασίας θα περαιωθεί με τη βοήθεια προσομοιωτή οδήγησης, στην εγκυρότητα και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του οποίου αναφερόμαστε εκτενώς στην επόμενη παράγραφο. Ο προσομοιωτής οδήγησης που χρησιμοποιούμε προσφέρει μια μεγάλη ποικιλία από ήδη υπάρχοντα σενάρια οδήγησης, τα οποία ορίζουν και παραμετροποιούν έναν εικονικό κόσμο μέσα στον οποίο καλείται να οδηγήσει ο οδηγός. Προκειμένου να καταστεί δυνατή η επεξεργασία των στοιχείων της οδήγησης, κατά τη διάρκεια αυτής, αποθηκεύονται μεταβλητές που περιγράφουν την οδική συμπεριφορά του οδηγού σε logfiles. Δεδομένου ότι τα υπάρχοντα σενάρια του υπολογιστή κρίθηκαν ανεπαρκή για την εξέταση της οδηγικής συμπεριφοράς, έγινε χρήση ενός σεναρίου το οποίο κατασκευάστηκε το 2010 στο ΕΜΠ για παλαιότερη διπλωματική εργασία. Αξίζει σε αυτό το

σημείο να αναφερθούμε στην ιστορία των προσομοιωτών οδήγησης και σε παλαιότερες έρευνες που έχουν γίνει με τη χρήση αυτών.

### **3.3.1 Γενικά Στοιχεία**

Οι προσομοιωτές οδήγησης δεν είναι ένα εργαλείο του οποίου η τεχνολογία αναπτύχθηκε τις τελευταίες δεκαετίες. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για την εκπαίδευση προσωπικού κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου πολέμου. Η χρήση τους για τη μελέτη της οδικής συμπεριφοράς ξεκίνησε στις αρχές του 1960 (Roberts, 1980). Μετά το 1985 όμως εδραιώθηκαν στις βιομηχανίες αυτοκινήτων και στα ερευνητικά κέντρα πανεπιστημίων και ινστιτούτων.

Σήμερα οι προσομοιωτές οδήγησης χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μελέτη της οδικής συμπεριφοράς οδηγών συναρτήσει τόσο των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του οδικού δικτύου, αλλά και λόγω άλλων παραγόντων που επηρεάζουν την οδηγική ικανότητα (π.χ. κατανάλωση αλκοόλ, χρήση κινητών τηλεφώνων και άλλων ψηφιακών συσκευών), για την οδική ασφάλεια (π.χ. πιθανότητα αύξησης ατυχημάτων σε αλλαγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού), για την αξιολόγηση των οδικών υποδομών, για τη μελέτη «ευφυών μεταφορικών συστημάτων» (“Intelligent Transportation Systems”) καθώς και τη δυναμική των οχημάτων (κυρίως από τις αυτοκινητοβιομηχανίες) (Blana, 1996).

Τα πλεονεκτήματα των προσομοιωτών οδήγησης έχουν να κάνουν με την έλλειψη κινδύνου (ειδικά σε περιπτώσεις μελέτης ατυχημάτων), τη δυνατότητα αναπαραγωγής σεναρίων (μελέτη οδικής συμπεριφοράς συναρτήσει διάφορων παραγόντων που οφείλουν να είναι πανομοιότυποι για όλο το εύρος του δείγματος), τον αυστηρό έλεγχο των παραμέτρων που υπεισέρχονται στα σενάρια, την εύκολη αλλαγή των πειραματικών συνθηκών σε πολύ μεγαλύτερο εύρος από αυτό που μπορεί να επιτευχθεί σε πραγματικά σενάρια καθώς επίσης και την άμεση

επεξεργασία δεδομένων που εξάγονται από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Εκτός αυτών όμως είναι σημαντικότερη η εξοικονόμηση χρόνου εφόσον πολλά σενάρια ερευνών μπορούν να μελετώνται παράλληλα, γεγονός που συντελεί και στη σημαντική μείωση του κόστους (Blana, 1996).

Πολλοί είναι οι λόγοι που οδηγούν στην επιτακτική ανάγκη χρήσης προσομοιωτών οδήγησης στις έρευνες που ασχολούνται με τη συμπεριφορά και ανάλυση της κυκλοφορίας. Παραδείγματος χάριν, ένας προσομοιωτής οδήγησης επιτρέπει να προβλέπει τα αποτελέσματα κάποιων προτεινόμενων επεμβάσεων για βελτίωση της οδικής ασφάλειας σε τμήματα του οδικού δικτύου ή δύναται να εξετάσει τη βέλτιστη διαδρομή για το σχεδιασμό νέων υποδομών. Συχνά, οι προτεινόμενες βελτιώσεις είναι πάρα πολύ ακριβές να υλοποιηθούν μόνο και μόνο για να εξεταστεί το πώς αυτές θα επηρεάσουν τη συμπεριφορά των οδηγών και κατ' επέκταση τις κατανομές των οδικών ατυχημάτων. Για παράδειγμα, για έναν νέο τύπο σήραγγας είναι αδύνατο να αξιολογηθούν οι διαφορετικές επιλογές στο σχέδιό της με επιτόπου μελέτη. Σε αυτές τις περιπτώσεις η μελέτη με τη βοήθεια προσομοιωτή οδήγησης είναι η πιο κατάλληλη εναλλακτική λύση.

Ένας άλλος λόγος για να χρησιμοποιείται προσομοιωτής οδήγησης είναι ότι επιτρέπει να ερευνηθούν επικίνδυνες καταστάσεις όπως, παραδείγματος χάριν, όταν εξετάζεται για πρώτη φορά το σύστημα αποφυγής σύγκρουσης με ενεργό αέριο στο πεντάλ. Ένα σχετικό πλεονέκτημα των προσομοιωτών είναι ότι οι οδηγοί μπορούν να έρθουν αντιμέτωποι επανειλημμένα με γεγονότα που στην πραγματικότητα εμφανίζονται σπάνια. Κατά συνέπεια, μπορούν να μελετηθούν συμπεριφορές σε πολλές διαφορετικές περιστάσεις, συμπεριλαμβανομένων συγκεκριμένων καιρικών συνθηκών, όπως οδήγηση με ομίχλη. Σε μερικές χώρες οι οδικές δοκιμές απαγορεύονται λόγω του θέματος της αστικής ευθύνης. Οδικές δοκιμές επιτρέπονται συχνά μόνο μετά από μια πρώτη δοκιμή επικίνδυνων καταστάσεων σε προσομοιωτή. Παραδείγματος χάριν, σε πολλές χώρες όποια έρευνα

σχετικά με την επιρροή του οινοπνεύματος ή των ναρκωτικών στην οδήγηση δεν επιτρέπεται στο δρόμο.

Τέλος, ο προσομοιωτής επιτρέπει το βέλτιστο πειραματικό έλεγχο. Για παράδειγμα, εάν κάποιος θέλει να ξέρει εάν ένα νέο μέτρο μείωσης ταχύτητας είναι αποτελεσματικό, θα μπορούσε να το αξιολογήσει εφαρμόζοντας το μέτρο αυτό στην πραγματική κυκλοφορία. Μια τέτοια μελέτη θα ήταν μεν ρεαλιστική αλλά δεν θα ήταν εύκαμπτη ή υπό τον πλήρη έλεγχο των ερευνητών όπως συμβαίνει στην περίπτωση της προσομοίωσης.

Από την άλλη πλευρά, επειδή οι προσομοιωτές προσφέρουν ένα τεχνητό περιβάλλον, ακόμα και οι τεχνολογικά πιο εξελιγμένοι δεν μπορούν να αποτυπώσουν με ακρίβεια τις πραγματικές οδικές συνθήκες, παρά μόνο πολύ μικρά τμήματα των πεπλεγμένων μεταφορικών συστημάτων. Οι διαφορές που προκύπτουν στο προσομοιωμένο και στο πραγματικό οδηγικό περιβάλλον μπορούν να επηρεάσουν την οδηγική συμπεριφορά, κυρίως λόγω της έλλειψης πραγματικού κινδύνου. Επιπλέον, πολλοί παράγοντες που πιθανόν να έχουν επίδραση στη συμπεριφορά των οδηγών δεν μπορούν να ελεγχθούν από έναν ερευνητή (π.χ., καιρός, ένταση κυκλοφορίας, εξωτερικές επιρροές, κλπ). Αυτό δεν ισχύει οδηγώντας έναν προσομοιωτή γιατί οι συνθήκες ελέγχονται από τον ερευνητή και αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες επιρροές στη συμπεριφορά των οδηγών. Σε έναν προσομοιωτή, βέβαια, η οδήγηση δεν μπορεί να είναι απολύτως ρεαλιστική. Κάθε αποτέλεσμα μελέτης μέσω προσομοιωτή αφορά στις συγκεκριμένες παραμέτρους που δόθηκαν στον προσομοιωτή, οι οποίες μπορεί να μην είναι οι ακριβείς σε ένα πραγματικό περιβάλλον κυκλοφορίας. Για οποιαδήποτε μελέτη, λοιπόν, είναι σημαντικό η πειραματική μέθοδος που χρησιμοποιείται να είναι η κατάλληλη για τις συγκεκριμένες ερευνητικές ερωτήσεις που καλείται να απαντήσει.



### **3.3.2 Εγκυρότητα & Αξιοπιστία Προσομοιωτών**

Στις έρευνες που αφορούν στη διερεύνηση και κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς κατά τη διάρκεια της οδήγησης, η έννοια της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων των προσομοιωτών οδήγησης είναι μεγάλου ενδιαφέροντος. Η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων ενός προσομοιωτή οδήγησης, όταν αυτός χρησιμοποιείται για να εξετάσει μια συγκεκριμένη παράμετρο, αναφέρεται στο βαθμό που ο προσομοιωτής προκαλεί την ίδια συμπεριφορά όπως αυτή θα παρουσιαζόταν στην πραγματικότητα κάτω από παρόμοιες συνθήκες. Είναι χωρίς νόημα να αναφέρεται κανείς γενικά στην εγκυρότητα των αποτελεσμάτων ενός ερευνητικού μέσου καθότι η εγκυρότητα έχει νόημα μόνο σχετίζεται με μια συγκεκριμένη ερευνητική ερώτηση. Πριν από την οποιαδήποτε χρήση προσομοιωτή οδήγησης πρέπει να εξετάζεται εάν ο προσομοιωτής είναι αρκετά έγκυρος για το έργο ή τη δεξιότητά του στο αντικείμενο που πρόκειται να ερευνηθεί. Επειδή οι άνθρωποι σπάνια χρειάζονται όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες για να εκτελέσουν ένα έργο, δεν είναι γενικά απαραίτητο οι διαθέσιμες πληροφορίες σε έναν προσομοιωτή να είναι ίδιες με αυτές που θα ήταν διαθέσιμες σε ένα πραγματικό όχημα.

Απεναντίας, σε μερικές περιπτώσεις μια σκόπιμη απόκλιση από την πραγματικότητα μπορεί να οδηγήσει σε ρεαλιστικότερη απόδοση έργου. Το κατά πόσο ένας προσομοιωτής αποτελεί έγκυρο μέσο μέτρησης ενός συγκεκριμένου έργου οδήγησης εξαρτάται κυρίως από τις πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για να εκτελεστεί το συγκεκριμένο έργο. Θεωρητικά και ως ένα ορισμένο βαθμό, ένας προσομοιωτής μπορεί να παρέχει όλους τους τύπους πληροφοριών (συνθήματα) διαθέσιμους σε έναν οδηγό (οπτικές πληροφορίες, ήχους, κίνηση). Περιορισμοί στην εγκυρότητα των προσομοιωτών σχετίζονται άμεσα με τις πληροφορίες/συνθήματα που ένας συγκεκριμένος προσομοιωτής παρέχει. Εφ' όσον το σύνολο των σημαντικών πληροφοριών που απαιτούνται για την μελέτη του αντικείμενου της έρευνας είναι διαθέσιμο σε έναν προσομοιωτή, τότε ο προσομοιωτής μπορεί να έχει τη ίδια

εγκυρότητα με ένα πείραμα σε πραγματικές συνθήκες δρόμου. Εάν τα αποτελέσματα είναι παρόμοια αποδεικνύεται ότι ο προσομοιωτής είναι έγκυρος για την έρευνα του υπό μελέτη έργου.

Η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των προσομοιωτών, καθώς επίσης και η δυνατότητα μεταφοράς των αποτελεσμάτων από τον προσομοιωτή στην πραγματικότητα, μεταβάλλεται ανάλογα με το σκοπό που καλούνται να εξυπηρετήσουν (Espie et al, 2005). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η έρευνα αφορά στη μελέτη της οδικής συμπεριφοράς, οπότε η εγκυρότητα του προσομοιωτή έχει να κάνει με το «αντικείμενο», δηλαδή τον οδηγό, ενώ το μηχανήμα θεωρείται απλώς μέσο διεξαγωγής του πειράματος. Ο προσομοιωτής θεωρείται έγκυρος για μια δεδομένη «ψηφιακή» κατάσταση, όσο αυτή αναπαριστά καλύτερα την κατάσταση που λαμβάνει χώρα στην πραγματικότητα (Boer, 2000), (Courage et al, 2000). Πρέπει επομένως να ληφθούν πολύ σοβαρά τα κριτήρια που σχετίζονται με την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των προσομοιωτών βάσει των οποίων θα σχεδιαστεί και θα μελετηθεί το πείραμα.

### **3.4 Μεθοδολογία Ανάλυσης Δεδομένων**

Ως πλέον κατάλληλη προσέγγιση για την ανάλυση του δείγματος και την εξαγωγή πολύτιμων συμπερασμάτων για την παρούσα διπλωματική εργασία, επιλέχθηκε η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από τον προσομοιωτή σε δύο βήματα.

#### **3.4.1 1<sup>ο</sup> Βήμα Ανάλυσης**

Αρχικά θα γίνει ομαδοποίηση των παραγόντων που περιγράφουν την οδηγική συμπεριφορά σε ομάδες με παρόμοια χαρακτηριστικά. Οι ομάδες αυτές θα περιγράφονται βάσει της κατανομής του «χρόνου για κρούση -TTC» και του συνολικού χρόνου έκθεσης σε κίνδυνο (δηλαδή σε

TTC < 5 δευτερολέπτων, όριο το οποίο εξήχθη λαμβάνοντας υπόψη την παγκόσμια βιβλιογραφία) για τον κάθε οδηγό («TET») και θα διαχωρίζουν τους οδηγούς με βάση το φύλο και την επιθετικότητα οδήγησης. Τέλος, θα προκύψουν διαφορετικά όρια επιθετικότητας για τους εν γένει επιθετικούς και επιφυλακτικούς οδηγούς. Με τον διαχωρισμό αυτό καθίσταται δυνατή η επισήμανση των βασικών διαφορών ανάμεσα στις ομάδες του δείγματος (πχ επιθετικοί – επιφυλακτικοί/μη-επιθετικοί) και ο ακριβέστερος υπολογισμός της πιθανότητας εμφάνισης επικίνδυνης συμπεριφοράς. Παράλληλα επιτρέπει την απόδοση των γενικών χαρακτηριστικών οδήγησης κάθε ομάδας και συσχέτιση με αποτελέσματα ήδη υπάρχουσας βιβλιογραφίας. Η διαδικασία της ομαδοποίησης περιγράφεται αναλυτικότερα παρακάτω.

### **3.4.2 2° Βήμα Ανάλυσης**

Σε κάθε μεμονωμένη ομάδα θα εφαρμοστεί το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης με τις κατάλληλες μεταβλητές. Στόχος είναι να συσχετιστεί η πιθανότητα εμφάνισης επικίνδυνης συμπεριφοράς κατά την οδήγηση με παράγοντες σε σχέση αφενός με τα χαρακτηριστικά του οδηγού, όπως πχ το φύλο κλπ και αφετέρου χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας, όπως οι ταχύτητες της επερχόμενης και της προπορευόμενης κυκλοφορίας, οι χωρικοί και χρονικοί διαχωρισμοί κλπ, ενώ θα εντοπιστούν διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών.

## **3.5 Ομαδοποίηση**

Αρχικά, γίνεται ομαδοποίηση (clustering) των δεδομένων προκειμένου να εντοπιστούν σύνολα «ακραίων» τιμών και να εξαχθούν όρια ασφαλείας για κάθε μεταβλητή. Με τον διαχωρισμό αυτό καθίσταται δυνατή η επισήμανση των βασικών διαφορών ανάμεσα στις ομάδες του δείγματος (πχ επιθετικοί – μη επιθετικοί κλπ) και ο ακριβέστερος υπολογισμός της

πιθανότητας εμφάνισης επικίνδυνης συμπεριφοράς. Παράλληλα επιτρέπει την απόδοση των γενικών χαρακτηριστικών οδήγησης κάθε ομάδας και συσχέτιση με αποτελέσματα ήδη υπάρχουσας βιβλιογραφίας.

Χρησιμοποιώντας περιγραφικά χαρακτηριστικά καταλήγει σε στατιστικά στοιχεία για το χαρακτηρισμό της κεντρικής τάσης και διασποράς των μεταβλητών της εκάστοτε δοκιμής. Ο διαχωρισμός γίνεται με τη χρήση one-way ANOVA προκειμένου να βρεθούν οι διαφορές μεταξύ της κάθε ομάδας. Η one-way ANOVA παρέχει δοκιμές γραμμικότητας και μέτρα ένωσης ώστε να γίνουν κατανοητές η δομή και η δύναμη της σχέσης μεταξύ των δύο ομάδων και των μέσων τους.

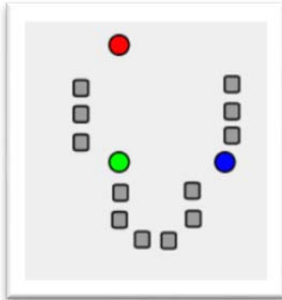
Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η "K-means cluster" ανάλυση, η οποία αποτελεί ένα εργαλείο σχεδιασμένο για τον διαχωρισμό των περιπτώσεων σε ένα σταθερό αριθμό των ομάδων (clusters) των οποίων τα χαρακτηριστικά δεν είναι ακόμη γνωστά, αλλά βασίζονται σε ένα σύνολο συγκεκριμένων μεταβλητών, ενώ η χρήση της ενδείκνυται ακόμη περισσότερο όταν απαιτείται χαρακτηρισμός μεγάλου αριθμού περιπτώσεων, όπως στην συγκεκριμένη εργασία.

Η μέθοδος k-means clustering είναι μια μέθοδος ανάλυσης διασποράς που στοχεύει στην κατάτμηση  $n$  παρατηρήσεων σε  $k$  ομάδες (με  $k \leq n$ ) με κάθε παρατήρηση να ανήκει στο σύμπλεγμα εκείνο του οποίου τον μέσο όρο βρίσκεται πλησιέστερα, ώστε να ελαχιστοποιηθεί το άθροισμα των τετραγώνων των αποστάσεων της κάθε παρατήρησης από το μέσο κάθε ομάδας:

$$\arg \min_{\mathbf{S}} \sum_{i=1}^k \sum_{\mathbf{x}_j \in \mathcal{S}_i} \|\mathbf{x}_j - \boldsymbol{\mu}_i\|^2$$

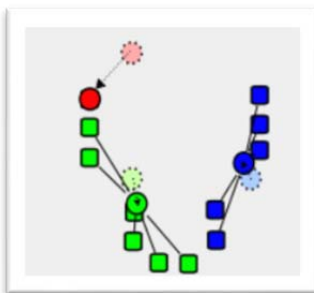
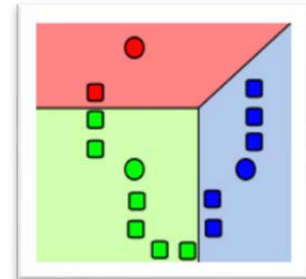
Όπου  $x_i$  οι παρατηρήσεις,  $\mu_i$  τα κέντρα κάθε ομάδας και  $s_i$  οι ομάδες στις οποίες χωρίζονται οι παρατηρήσεις

Η k-means cluster ακολουθεί τα εξής βασικά βήματα:



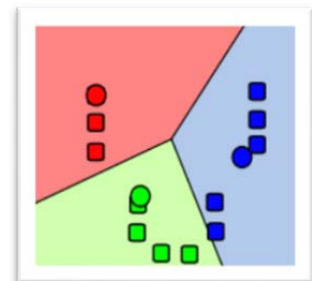
**1.** Αρχικά εισάγονται οι παρατηρήσεις και ορίζουμε στο πρόγραμμα σε πόσες ομάδες (clusters) θέλουμε να χωριστούν τα δεδομένα. Τα κέντρα δημιουργούνται τυχαία στον χώρο των δεδομένων (έγχρωμες κουκίδες)

**2.** Δημιουργούνται k συστάδες που δημιουργούνται από τη σύνδεση κάθε παρατήρησης με το πλησιέστερο κέντρο κάθε τμήματος του χώρου (μέσο όρο)



**3.** Με βάση τον προηγούμενο διαχωρισμό, τα κέντρα κάθε κλάσης αλλάζουν και δίνουν τη θέση τους στα κεντροειδή κάθε ομάδας.

**4.** Επαναλαμβάνονται τα βήματα 2 και 3 έως ότου επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα, δηλαδή το τετράγωνο των αποστάσεων των παρατηρήσεων από τα κεντροειδή πάρει την ελάχιστη τιμή



Ουσιαστικά ο πολυδιάστατος (ανάλογα με το πόσες μεταβλητές εισάγονται στην διαδικασία του διαχωρισμού) χώρος χωρίζεται σε ομάδες

συγκρίσιμες σε χωρική έκταση, οι οποίες για λόγους βελτιστοποίησης επιτρέπεται να έχουν διαφορετικά σχήματα και μεγέθη.

## **3.6 Λογιστική Παλινδρόμηση**

### **3.6.1 Έλεγχος Συσχέτισης Μεταβλητών Εισόδου**

Στο σημείο αυτό γίνεται έλεγχος του κατά πόσο συσχετίζονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές (ποιοτικές ή ποσοτικές) μεταξύ τους και με την εξαρτημένη μεταβλητή (dynamic attribute) προκειμένου να πιστοποιηθεί ότι είναι στατιστικά ανεξάρτητες μεταξύ τους ώστε να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν στο επόμενο βήμα της λογιστικής παλινδρόμησης. Πιο συγκεκριμένα, επιλέγεται η εντολή:

***Analyze→Correlate→Bivariate***

Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται για την εύρεση συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών. Επιλέχθηκε η Bivariate και από εκεί έγινε η εισαγωγή των ενδιαφερόμενων μεταβλητών. Η διαδικασία αυτή υπολογίζει ουσιαστικά τον συντελεστή συσχέτισης και τα αντίστοιχα επίπεδα σημαντικότητας είτε του Pearson, του Spearmanrho, ή του Kendalltau-b. Στη συνέχεια επιλέχθηκε η χρήση του συντελεστή συσχέτισης Pearson, όταν επρόκειτο για συνεχείς μεταβλητές και του Spearman για διακριτές. Οι συντελεστές αυτοί, εκφράζουν τη δύναμη και την κατεύθυνση της γραμμικής σχέσεως μεταξύ των δύο μεταβλητών. Ο συντελεστής συσχέτισης μπορεί να κυμαίνεται από -1 έως +1, όπου το -1 υποδεικνύει μια τέλεια αρνητική συσχέτιση, το +1 μια τέλεια θετική και το 0 καμία απολύτως συσχέτιση. Συνεπώς, όταν μια μεταβλητή συσχετίζεται με τον εαυτό της, ο συντελεστής συσχέτισης θα είναι πάντα +1. Σημειώνεται ότι υψηλή

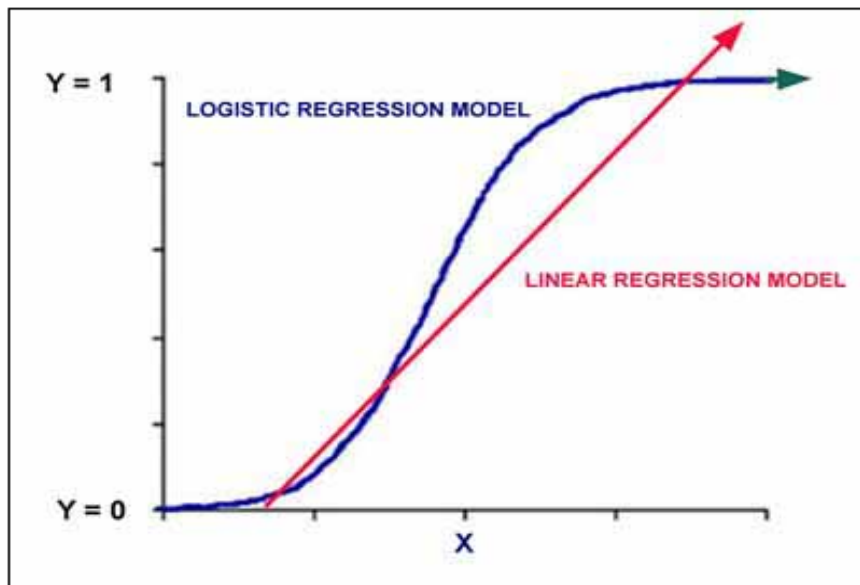
συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών θεωρείται όταν ο συντελεστής συσχέτισης έχει τιμή μεγαλύτερη από  $|\pm 0,4|$ .

Σημειώνεται ότι οι μεταβλητές που εισάγονται στο πρόγραμμα είναι οι εξής:

- Ταχύτητα υπό εξέταση οχήματος (speed)
- Ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος (headway speed)
- Απόσταση από τον προπορευόμενο (headway distance)
- Ταχύτητα επερχόμενου οχήματος (oncoming speed)
- Απόσταση από τον επερχόμενο (oncoming distance)
- Χρονικός Διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα ( $T_h$ )
- Χρονικός Διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα ( $T_o$ )
- Διαφορά ταχύτητας εξεταζόμενου-προπορευόμενου ( $\Delta Speed$ )
- Αριθμός οχημάτων που προσπεράστηκαν (cars overtaken)
- Χρόνος για κρούση (TTC)
- Γενική τάση οδήγησης (general attribute)

### **3.6.2 Επιλογή Τεχνικής Ανάλυσης**

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την πιθανότητα οδήγησης με επικίνδυνο τρόπο ενός οδηγού συναρτήσει κυκλοφοριακών, ψυχοσωματικών και κοινωνικοδημογραφικών παραγόντων. Ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίζεται η δυναμική συμπεριφορά του οδηγού (“dynamic attribute”) ανάλογα με το εάν είναι επικίνδυνη ή όχι (0,1) η οποία είναι κατηγορική. Ως βέλτιστη μέθοδος στατιστικής ανάλυσης επιλέχθηκε η λογιστική παλινδρόμηση καθώς η γραμμική παλινδρόμηση δεν κάλυπτε τις απαιτήσεις του μοντέλου (Διάγραμμα 3.1).



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1: Σύγκριση γραμμικής και λογιστικής παλινδρόμησης  
(Πηγή: University of Stanford – [www.stanford.edu](http://www.stanford.edu))**

Η λογιστική παλινδρόμηση είναι μια μέθοδος πολυπαραγοντικής στατιστικής ανάλυσης που χρησιμοποιεί ένα σύνολο ανεξάρτητων μεταβλητών για τη διερεύνηση της κίνησης μιας κατηγορικής εξαρτημένης μεταβλητής. Είναι χρήσιμη σε καταστάσεις στις οποίες επιθυμούμε την πρόβλεψη της ύπαρξης ή της απουσίας ενός χαρακτηριστικού ή ενός συμβάντος. Η πρόβλεψη αυτή βασίζεται στη κατασκευή ενός γραμμικού προτύπου και συγκεκριμένα στον προσδιορισμό των τιμών που παίρνουν οι συντελεστές ενός συνόλου ανεξάρτητων μεταβλητών που χρησιμοποιούνται ως μεταβλητές πρόβλεψης. Εκτός από την πρόβλεψη, ένα μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης δίνει τη δυνατότητα εκτίμησης της επίδρασης κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στη διαμόρφωση των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής. Στη λογιστική παλινδρόμηση, σε αντίθεση με την πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση που αναφέρθηκε παραπάνω, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ως εξαρτημένες μεταβλητές και κατηγορικές μεταβλητές. Η λογιστική καμπύλη που εμφανίζεται παρακάτω

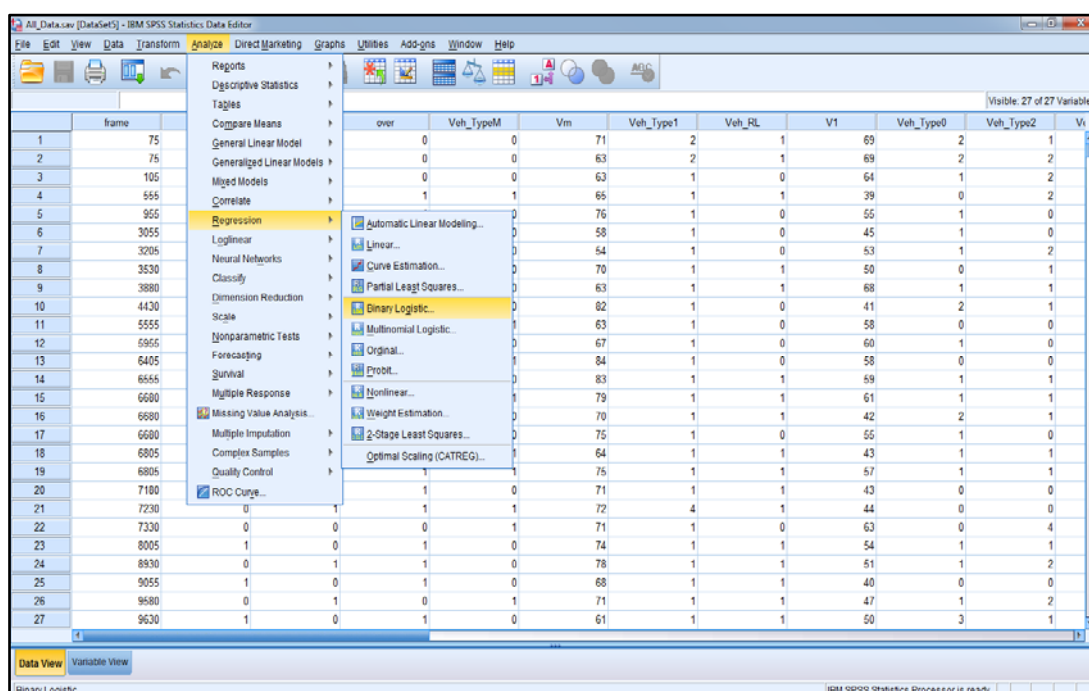


περιγράφει καλύτερα κατηγορικές εξαρτημένες μεταβλητές γιατί καλύπτει επαρκώς τις τιμές γύρω από το 0 και το 1.

Συνεπώς, η ανάλυση των δεδομένων της διπλωματικής αυτής εργασίας αποφασίστηκε να γίνει με τη μέθοδο της λογιστικής παλινδρόμησης. Έχοντας φορτώσει τη βάση δεδομένων στο πρόγραμμα, επιλέγουμε από στο SPSS την εντολή (εικόνα 3.2):

### **Analyze → Regression → Binary Logistic**

αφού η εξαρτημένη μεταβλητή στην έρευνα αυτή παίρνει δύο μόνο τιμές. Στο πεδίο με την ένδειξη Dependent εισάγουμε την εξαρτημένη μεταβλητή και στο πεδίο Covariates εισάγουμε τις ανεξάρτητες μεταβλητές.



**ΕΙΚΟΝΑ 3.1: Διαδικασία Λογιστικής Παλινδρόμησης στο λογιστικό του SPSS**

Η λογιστική παλινδρόμηση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για καταστάσεις στις οποίες απαιτείται να προβλεφθεί η παρουσία ή απουσία ενός χαρακτηριστικού ή αποτελέσματος ενός συνόλου δεδομένων με βάση τις τιμές των μεταβλητών πρόβλεψης αυτού. Κατά την διαδικασία της παλινδρόμησης, υπολογίζονται οι συντελεστές παλινδρόμησης οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να εκτιμηθούν οι αναλογίες πιθανοτήτων, δηλαδή ο βαθμός επιρροής, για καθεμία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο.

Στη συνέχεια γίνεται η επιλογή της μεθόδου εισαγωγής των ανεξάρτητων μεταβλητών πρόβλεψης (Method). Επιλέχθηκε η μέθοδος Enter, καθότι είναι η καταλληλότερη σε περιπτώσεις όπου δεν είναι εξ αρχής γνωστό ποιες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές έχουν τη μεγαλύτερη επιρροή στο μοντέλο και απαιτεί την εξίσωση της παλινδρόμησης βάσει των εισαγόμενων μεταβλητών. Για την εφαρμογή της, η Λογιστική Παλινδρόμηση απαιτεί κατηγορική εξαρτημένη μεταβλητή και κατηγορικές ή ποσοτικές ανεξάρτητες μεταβλητές, οι οποίες εισάγονται στο πλαίσιο Covariates, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Στην επιλογή Categorical πρέπει να επισημανθούν ποιες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές πρόβλεψης είναι κατηγορικές καθώς, προκειμένου να εισέχουν στο μοντέλο, πρέπει να μετασχηματιστούν σε ψευδομεταβλητές (dummy variables).

Το πλεονέκτημα στην εφαρμογή της Λογιστικής Παλινδρόμησης, σε σχέση με την γραμμική, είναι ότι η δημιουργία των ψευδομεταβλητών μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα από το μενού από το πλήκτρο Categorical. Για την δημιουργία των ψευδομεταβλητών θα πρέπει μετά τον ορισμό όλων των ανεξάρτητων μεταβλητών να προσδιορίσουμε εκείνες που είναι κατηγορικές και για τις οποίες θα πρέπει να δημιουργηθούν ψευδομεταβλητές, όπως για παράδειγμα το εάν ο οδηγός βρίσκεται ή όχι στη λωρίδα κυκλοφορίας του, σε ποιά θέση βρίσκεται σε σύγκριση με την υπόλοιπη κυκλοφορία κλπ (“Moved Into Opposite Lane”, “Next to Headway Car”, “Next to Oncoming Car”).

### 3.6.3 Εξίσωση Λογιστικής Παλινδρόμησης

Η έκφραση της εξίσωσης της Λογιστικής Παλινδρόμησης που είναι πιο διαδεδομένη και θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα ανάλυση είναι:

$$\ln(odds) = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k$$

Το αριστερό μέλος της εξίσωσης περιέχει τις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής με την μορφή του λογαρίθμου των odd δηλαδή, του λογαρίθμου της σχέσης:

$$odds = \frac{\text{Πιθανότητα}}{1 - \text{Πιθανότητα}} \leftrightarrow \text{Πιθανότητα} = \frac{odds}{1 + odds}$$

Το δεξί μέλος της εξίσωσης περιέχει ένα γραμμικό συνδυασμό των ανεξάρτητων μεταβλητών που συμμετέχουν στο μοντέλο της παλινδρόμησης. Η τιμή των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι αυτή που κάνει τις παρατηρηθείσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής πιο πιθανές, βάση του σετ των ανεξάρτητων μεταβλητών.

### 3.6.4 Διαδικασία Λογιστικής Παλινδρόμησης

Έχοντας επιλέξει τις μεταβλητές που θα εισαχθούν στο μοντέλο τρέχουμε την ανάλυση και ερμηνεύουμε τα αποτελέσματά της. Αρχικά, στο SPSS Statistics Viewer, μέσω του πρώτου πίνακα (Case Processing Summary) ελέγχεται το μοντέλο της παλινδρόμησης για τυχόν ελλείψεις παρατηρήσεων. Αρκετά συχνά το πρόγραμμα επιλέγει να συμπεριλάβει στο μοντέλο πρόβλεψης ένα υποσύνολο του δείγματος και έπειτα να ελέγξει εάν αυτό λειτουργεί και στο υπόλοιπο δείγμα. Εδώ, έχει χρησιμοποιηθεί το σύνολο των εγγραφών του αρχείου, δηλαδή το 100% των παρατηρήσεων. Στον επόμενο πίνακα (Dependent Variables Encoding) παρουσιάζεται η εξαρτημένη μεταβλητή και η κωδικοποίηση

της για το μοντέλο, ενώ ο τρίτος πίνακας (Categorical Variables Coding) απαριθμεί τις ψευδομεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν μέσω του μοντέλου Categorical.

Ο πίνακας "Variables in the Equation" περιέχει όλες τις μεταβλητές και παρέχει πληροφορίες για τις στατιστικά σημαντικά συνδεδεμένες με την εξαρτημένη μεταβλητή, καθώς και για τη φύση της σχέσης σύνδεσης τους. Πιο συγκεκριμένα, ο πίνακας αυτός περιγράφει το μοντέλο της Λογιστικής Παλινδρόμησης. Η στήλη B του πίνακα αναγράφει τις τιμές των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών που συνδέονται στατιστικά σημαντικά με το εξαρτημένο μέγεθος. Η στήλη SE αναγράφει την Τιμή του τυπικού σφάλματος της εκτίμησης της τιμής του κάθε συντελεστή. Η στήλη Wald αναγράφει τις τιμές της στατιστικής συνάρτησης Wald βάσει της οποίας γίνεται ο έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας των συντελεστών βάσει της  $\chi^2$  κατανομής. Η στήλη sig. αποδεικνύει την σημαντικότητα των μεταβλητών που συμμετέχουν στον μοντέλο της παλινδρόμησης. Οι μεταβλητές με τιμές sig.<0,05 είναι στατιστικά σημαντικές. Η στήλη Exp(B) αναγράφει το βαθμό τον οποίο, αν αυξηθεί η συγκεκριμένη μεταβλητή κατά μία μονάδα, επηρεάζεται την τιμή των odds. Αυτό σημαίνει ότι όταν το  $\text{Exp}(B)>1$  τότε θα πρέπει να περιμένουμε μια αύξηση στην αναλογία πιθανοτήτων, ενώ όταν  $\text{Exp}(B)<1$  τότε μείωση.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

---

## **ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναλυτική περιγραφή της εκτέλεσης του πειράματος στον προσομοιωτή οδήγησης στο Εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής του ΕΜΠ καθώς και του τρόπου συλλογής και αποθήκευσης στο σύστημα των απαραίτητων, για την παρούσα μελέτη, πληροφοριών. Επιπλέον, θα περιγραφεί η δημιουργία και η συνεχής βελτίωση της βάσης δεδομένων που ελήχθη από το πείραμα και θα αναλυθεί η εφαρμογή της στατιστικής επεξεργασίας, που αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στην τελειοποιημένη βάση δεδομένων. Τέλος, μέσω της στατιστικής επεξεργασίας θα γίνει ανάπτυξη προτύπων λογιστικής παλινδρόμησης για την περιγραφή της συμπεριφοράς ενός

οδηγού σε υπεραστική οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας και θα συγκριθεί η επιρροή των διαφόρων παραγόντων (μεταβλητών) σε αυτή.

## **4.1 Περιγραφή πειράματος**

### **4.1.1 Δείγμα & Μεταβλητές**

Όπως αναλύθηκε και προηγουμένως, οι συμμετέχοντες στο πείραμα αποφασίστηκε να είναι μεταξύ 18-28 ετών καθώς η ηλικία αυτή παρουσιάζει τη μεγαλύτερη πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα. Δεδομένου ότι το δείγμα θα ήταν μικρό σε αριθμό προκειμένου εξυπηρετεί τις ανάγκες και το εύρος μιας Διπλωματικής Εργασίας (50 συμμετέχοντες), δόθηκε προσοχή ώστε να παρουσιάζει ομοιογένεια στα χαρακτηριστικά του (ηλικία, οδηγική εμπειρία, αντανakλαστικά κλπ).

Όσον αφορά τις μεταβλητές του πειράματος, αυτό που επιδιώκεται είναι να υπάρχουν πολλές μετρήσεις για κάθε τιμή της εκάστοτε εξεταζόμενης μεταβλητής, ενώ το εύρος των τιμών που παίρνουν και στο πλήθος τους τίθενται συγκεκριμένα όρια, έτσι ώστε τα αποτελέσματα που εξάγονται από την επεξεργασία να είναι στατιστικά σημαντικά. Σύμφωνα με ποικίλες έρευνες που βασίζονται σε στατιστική επεξεργασία, το να προστίθενται πάρα πολλές μεταβλητές ή ένα μεγάλο εύρος τιμών, οδηγεί σε αποτελέσματα πολύ λιγότερο περιγραφικά γιατί τα δεδομένα που εξετάζονται είναι σαν να περιγράφουν μεμονωμένες καταστάσεις που απαγορεύουν την εξαγωγή γενικευμένων συμπερασμάτων μέσω της στατιστικής ανάλυσης.

#### 4.1.2 Προσομοιωτής (Driving Simulator) FPF

Ο προσομοιωτής οδήγησης που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή του πειράματος, βρίσκεται στο Εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής του τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ. Κατασκευάστρια εταιρία του εν λόγω προσομοιωτή είναι η γερμανική εταιρία FOERST, η οποία και δημιούργησε και το προγραμματιστικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για το σχεδιασμό του σεναρίου (Εικόνα 4.1).



**ΕΙΚΟΝΑ 4.1: Φωτογραφία του προσομοιωτή οδήγησης (Driving Simulator FPF)**

Ο συγκεκριμένος προσομοιωτής χρησιμοποιείται για ερευνητικούς σκοπούς από Πανεπιστήμια (και το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο έχει προμηθευτεί έναν ίδιο) και άλλους οργανισμούς που ασχολούνται με θέματα οδικής ασφάλειας, αλλά και για εκπαιδευτικούς λόγους (κυρίως από σχολές οδήγησης της Ευρώπης). Το μηχάνημα αποτελείται από τρεις οθόνες υψηλής ευκρίνειας LCD 40", θέση οδήγησης και βάση υποστήριξης. Αξίζει να σημειωθεί ότι έχουν χρησιμοποιηθεί αυθεντικά

ανταλλακτικά της Ford (Ford Focus), συμπεριλαμβανομένου του τιμονιού, διαστάσεων 27 cm, των ποδόπληκτρων χειρισμού (γκάζι, φρένο, συμπλέκτης), του χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων και του χειρόφρενου. Αυτό το γεγονός τον κάνει αξιόπιστο γιατί μιμείται επαρκώς πραγματικά όργανα ενός Ι.Χ. αυτοκινήτου.



**ΕΙΚΟΝΕΣ (4.2,4.3): Ο μοχλός ταχυτήτων και το χειρόφρενο (δεξιά) και η κόρνα - enter για το πρόγραμμα του προσομοιωτή**

Όπως φαίνεται και στις σχετικές εικόνες (4.2-4.5), ο προσομοιωτής διαθέτει ρυθμιζόμενο κάθισμα, ζώνη ασφαλείας, πίνακα οργάνων οχήματος (στροφόμετρο, ταχυγράφος, ένδειξη βενζίνης, φωτεινή ένδειξη για αλλαγή κατεύθυνσης) αλλά και εμφανίζει στις οθόνες την ύπαρξη δύο εξωτερικών καθρεφτών, δεξιά και αριστερά, αλλά και του κεντρικού καθρέφτη που βρίσκεται στο εσωτερικό των οχημάτων, οι οποίοι απεικονίζουν σε πραγματικό χρόνο ότι συμβαίνει στην περιβάλλουσα κυκλοφορία και θα έπρεπε να εμφανίζεται στον καθρέφτη του οδηγού. Ο οδηγός, έχει στη διάθεσή του χειριστήρια όπως είναι: η μίζα, ο μοχλός 5 ταχυτήτων και της όπισθεν, υαλοκαθαριστήρες, κόρνα, φώτα, φλας και χειρόφρενο.





**ΕΙΚΟΝΕΣ (4.4,4.5): Το τιμόνι μαζί με το καντράν του προσομοιωτή και τα πεντάλ**

### **4.1.3 Σενάρια Οδήγησης**

Το επιλεγθέν σενάριο οδήγησης φορτώνεται στον υπολογιστή και καθένας από τους συμμετέχοντες κάθεται στον προσομοιωτή οδήγησης προκειμένου να συνηθίσει λίγο και αφήνεται ελεύθερος να οδηγήσει χωρίς να λαμβάνονται μετρήσεις από το πρόγραμμα. Έπειτα, κάθε συμμετέχων οδηγεί για λίγα λεπτά όπως κρίνει χωρίς να υπάρχει πίεση για συγκεκριμένη συμπεριφορά, ώστε τα αποτελέσματα να είναι όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά τα αποτελέσματα.

Το σενάριο ξεκινάει με το προς μελέτη όχημα στάσιμο. Τα υπόλοιπα αυτοκίνητα στο χάρτη είναι επίσης ακινητοποιημένα. Στη συνέχεια ο συμμετέχοντας είναι έτοιμος να ανάψει τη μηχανή του αυτοκινήτου και να ξεκινήσει τη διαδρομή. Όταν το αυτοκίνητο ξεπεράσει την ταχύτητα των 5κμ/ώρα, ο κόσμος θέτεται σε κίνηση και όλα τα άλλα αυτοκίνητα μέσα στο χάρτη επιταχύνουν σταδιακά μέχρι να φτάσουν την τελική τους ταχύτητα που έχει οριστεί.

Οι μεταβλητές που μετρώνται κατά τη διάρκεια του σεναρίου από τον προσομοιωτή και λαμβάνουμε ένα στοιχείο για κάθε μία από αυτές ανά 33ms που είναι και ο «κύκλος βρόγχου» του σεναρίου παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: Οι μεταβλητές που αποθηκεύονται στα Logfiles κατά το πείραμα**

<b>Μεταβλητή</b>	<b>Περιγραφή</b>
<b>X</b>	Οι καρτεσιανές συντεταγμένες της θέσης του υπό εξέταση οχήματος
<b>Y</b>	
<b>Z</b>	
<b>MySpeed</b>	Η στιγμιαία ταχύτητα του υπό εξέταση οχήματος
<b>MyAcceleration</b>	Η στιγμιαία επιτάχυνση του υπό εξέταση οχήματος
<b>Headway Speed</b>	Η στιγμιαία ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος
<b>Headway Distance</b>	Η στιγμιαία απόσταση από το προπορευόμενο όχημα
<b>Th</b>	Ο στιγμιαίος χρονικός διαχωρισμός από το προπορευόμενο όχημα
<b>Opposing Speed</b>	Η στιγμιαία ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος
<b>Opposing Distance</b>	Η στιγμιαία απόσταση του επερχόμενου οχήματος
<b>To</b>	Ο στιγμιαίος χρονικός διαχωρισμός από το επερχόμενο όχημα
<b>Cars Overtaken</b>	Ο αριθμός των αυτοκινήτων που έχουν προσπεραστεί

## 4.2 Προετοιμασία Βάσεων Δεδομένων

Έχοντας σαν στόχο την κατηγοριοποίηση της επικινδυνότητας των οδηγών, απαιτείται εκτενής μελέτη κάθε πτυχής της οδήγησης. Πέραν λοιπόν των μεταβλητών που καταγράφονται από τον προσομοιωτή οδήγησης, απαιτείται επέκταση της βάσης δεδομένων με προσθήκη επιπλέον μεταβλητών ώστε να περιγραφεί ουσιαστικότερα και αναλυτικότερα η οδηγική συμπεριφορά των συμμετεχόντων στο πείραμα. Συνεπώς, εισάγονται μεταβλητές προκειμένου να περιγραφούν κατάλληλα διαδικασίες όπως οι απότομες αυξομειώσεις ταχύτητας και οι προσπεράσεις (αναγκαστική είσοδος στο αντίθετο ρεύμα δεδομένου ότι μελετούμε υπεραστική οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας), ενώ σε κάθε στιγμή υπολογίζεται το TTC.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τη σύνθετη διαδικασία της προσπέρασης, αρχικά για τον σωστό υπολογισμό του TTC είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε σε κάθε στιγμή τις συντεταγμένες του υπό εξέταση οχήματος. Για τον λόγο αυτό εισάγουμε τη μεταβλητή “Moved into Opposite Lane” η οποία παίρνει τις τιμές 0 και 1, ώστε σε κάθε περίπτωση ο χρόνος προς κρούση να υπολογίζεται βάσει του επερχόμενου (αν είναι 1) ή του προπορευόμενου οχήματος (αν είναι 0).

Δεδομένης της σημασίας του να είναι σε κάθε χρονική στιγμή γνωστό σε ποια οχήματα γίνεται η αναφορά του εξεταζόμενου, δηλαδή ποιο όχημα βρίσκεται μπροστά του και ποιο βλέπει απέναντί του, δημιουργήθηκαν οι στήλες H\_REF και O\_REF για να είναι. Ορίσθηκαν οι ευκαιρίες προσπέρασης ως η στιγμή όπου το εξεταζόμενο όχημα βρισκόταν δίπλα στο όχημα της αντίθετης κατεύθυνσης και είχε συνεπώς ένα διατιθέμενο κενό στην επερχόμενη κυκλοφορία, το οποίο ο οδηγός επέλεγε αν θα αποδεχόταν ή θα απέρριπτε προκειμένου να προσπεράσει το προπορευόμενο όχημά του. Προκειμένου να γίνει ευκολότερος ο

υπολογισμός των κενών εισάγεται αρχικά η μεταβλητή “Next to Oncoming Car” η οποία παίρνει τιμές 0 και 1, ανάλογα με τον εάν η χιλιομετρική θέση του εξεταζόμενου οχήματος ταυτιζόταν με αυτή του οχήματος της αντίθετης κατεύθυνσης. Δεδομένου του ότι είναι απαραίτητο να δούμε κατά πόσον μια προσπέραση είναι επιτυχημένη ή όχι και τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια αυτής, εισάγεται και η μεταβλητή “Next to Headway Car” η οποία παίρνει τις τιμές 0 και 1 αναλόγως με τη θέση του υπό εξέταση οχήματος κατά τη διάρκεια της προσπέρασης σε σχέση με το προπορευόμενο (λειτουργεί όπως η “Next to Oncoming Car”).

Αυτό που απέμενε ήταν να εντοπιστεί αν ο οδηγός αποδέχτηκε ή όχι αυτό το κενό οπότε εισάγεται η μεταβλητή Done με τιμές 0 και 1 αντίστοιχα. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, έπρεπε να εντοπιστεί η χρονική στιγμή που το εξεταζόμενο όχημα βρίσκεται δίπλα στο  $O+1$  επερχόμενο και να ελεγχθεί αν έχει μεταβληθεί η σχέση του εξεταζόμενου με το προπορευόμενο και από  $H$  στη στήλη  $H\_REF$  έχει πάρει την τιμή  $H+1$ . Αν το  $H\_REF$  έχει παραμείνει σταθερό, τότε ο οδηγός απέρριψε το κενό και επαναλαμβάνεται εκ νέου η διαδικασία με το διαδεχόμενο κενό της κυκλοφορίας του αντίθετου ρεύματος.

Πολύ σημαντικός παράγοντας για την ερμηνεία της συμπεριφοράς του οδηγού αποτελεί και η αλληλεπίδρασή του με την υπόλοιπη κυκλοφορία και πιο συγκεκριμένα με τον προπορευόμενο (ή τον επερχόμενο) οδηγό. Προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η διαδραστικότητα του υπό εξέταση οχήματος εισάγεται η μεταβλητή “ $\Delta Speed$ ” η οποία ισούται κάθε στιγμή με τη διαφορά των ταχυτήτων του οχήματός μας με το προπορευόμενο όχημα.

Έχοντας αναλύσει όλες τις μεταβλητές, ο πίνακας 4.2 συνοψίζει ακριβώς πως αποθηκεύονται οι μεταβλητές στις βάσεις δεδομένων (Logfiles). Για κάθε έναν οδηγό που μετέχει στο πείραμα δημιουργείται μία ξεχωριστή βάση δεδομένων η οποία φέρει τον Αύξοντα Αριθμό του συμμετέχοντα

και την ένδειξη M ή F ανάλογα με το εάν είναι άνδρας ή γυναίκα αντίστοιχα. Οι βάσεις αυτές αρχικά εξετάστηκαν μεμονωμένα και έπειτα συνενώθηκαν σε δύο συνολικές τελικές βάσεις δεδομένων για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα, με βάση τις οποίες έγινε η τελική στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και τέθηκε σε εφαρμογή το μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης, όπως περιγράφηκε προηγουμένως.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: Τελική μορφή αποθήκευσης μεταβλητών στην βάση δεδομένων**

<b>A/A</b>	<b>Μεταβλητές</b>	<b>Επεξήγηση</b>
0	<b>Time</b>	Ο αριθμός millisecond που έχουν περάσει από την αρχή του σεναρίου
1	<b>x-pos</b>	Οι καρτεσιανές συντεταγμένες της θέσης του υπό εξέταση οχήματος
2	<b>y-pos</b>	
3	<b>z-pos</b>	
4	<b>Speed</b>	Η ταχύτητα του υπό εξέταση οχήματος
5	<b>Acceleration</b>	Η επιτάχυνση του υπό εξέταση οχήματος
6	<b>Dist</b>	Η απόσταση του υπό εξέταση οχήματος από την αφετηρία
7	<b>Track</b>	Η απόσταση από το κέντρο του υπό εξέταση οχήματος μέχρι την διαχωριστική γραμμή του δρόμου
8	<b>MovedIntoOppositeLane</b>	Σηματοδοτεί την μετακίνηση του υπό εξέταση αυτοκινήτου στο αντίθετο ρεύμα
9	<b>H_REF</b>	Μετρητής αντικειμένου αναφοράς για τις μετρήσεις της προς μελέτη λωρίδας
10	<b>NextToHeadwayCar</b>	Σηματοδοτεί τη στιγμή που το υπό μελέτη όχημα είναι δίπλα στο προπορευόμενο όχημα
11	<b>CorrectedHeadwaySpeed</b>	Η ταχύτητα του προπορευόμενου αυτοκινήτου
12	<b>CorrectedHeadwayDistance</b>	Η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα
13	<b>Th</b>	Ο χρονικός διαχωρισμός από το προπορευόμενο όχημα
14	<b>O_REF</b>	Μετρητής αντικειμένου αναφοράς για τις μετρήσεις της αντίθετης λωρίδας
15	<b>NextToOncomingCar</b>	Σηματοδοτεί τη στιγμή που το υπό μελέτη όχημα είναι δίπλα στο επερχόμενο όχημα
16	<b>CorrectedOncomingSpeed</b>	Η ταχύτητα του επερχόμενου αυτοκινήτου
17	<b>OncomingDistance</b>	Η απόσταση από το επερχόμενο όχημα
18	<b>To</b>	Ο χρονικός διαχωρισμός από το επερχόμενο όχημα
19	<b>CarsOvertaken</b>	Μετρητής των αυτοκινήτων που έχουν προσπεραστεί
	<b>ΔSpeed</b>	Η διαφορά ταχύτητας ανάμεσα στο υπό εξέταση όχημα και το προπορευόμενο ή το επερχόμενο ανάλογα με το 8
20	<b>TTC</b>	Ο χρόνος για την κρούση
21	<b>TTC threshold</b>	Το όριο ασφαλείας του TTC (υπολογισμένο στατιστικά από το δείγμα)
22	<b>TET</b>	Το χρονικό διάστημα με TTC κάτω από το όριο ασφαλείας
23	<b>General Attribute</b>	Η γενική τάση για επικίνδυνη ή μη οδήγηση κάθε οδηγού βάσει του συνόλου της οδήγησής του
24	<b>Dynamic Attribute</b>	Εάν ο οδηγός οδηγεί επικίνδυνα (1) ή όχι (0) σε κάθε χρονική στιγμή

Η σειρά τοποθέτησης των μεταβλητών στις βάσεις δεδομένων έχει σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπουν την εύκολη ανάγνωση τους. Οι μεταβλητές έχουν κατηγοριοποιηθεί σε τέσσερις βασικές κατηγορίες. Η πρώτη ομάδα από μεταβλητές αναφέρεται στο υπό εξέταση όχημα. Το επόμενο σετ από μεταβλητές αναφέρεται στη λωρίδα του υπό εξέταση οχήματος. Η τρίτη κατηγορία είναι μεταβλητές που περιγράφουν την λωρίδα επερχόμενων αυτοκινήτων. Ενώ τέλος η τέταρτη ομάδα αναφέρεται σε χαρακτηριστικά συμπεριφοράς των οδηγών και στις φάσεις της οδήγησης.

## **4.3 Στατιστική Ανάλυση**

### **4.3.1 Προκαταρκτική Ανάλυση Δείγματος**

Σκοπός της προκαταρκτικής ανάλυσης είναι να υπολογιστούν οι κατανομές συχνοτήτων των μικροσκοπικών κυκλοφοριακών μεγεθών, ώστε να μπορέσουν να περιγραφούν οι επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες υπό τις οποίες έλαβε χώρα το πείραμα. Πραγματοποιείται ουσιαστικά ανάλυση των συνολικών μετρήσεων που συγκεντρώθηκαν για το σύνολο του δείγματος από την υλοποίηση των πειραμάτων.

Αρχικά γίνεται ανάλυση των στατιστικών υπολογισμών από το ερωτηματολόγιο και συνοψίζονται τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (4.3). Κατά το σχεδιασμό του πειράματος είχε προαποφασιστεί να υπάρχει ισοκαταμερισμός των μεταβλητών όπως το φύλο (51% άνδρες, 49% γυναίκες), η οδηγική εμπειρία κλπ των συμμετεχόντων, ώστε να αποφευχθούν τα μεροληπτικά αποτελέσματα.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3: Περιγραφικά στατιστικά ερωτηματολογίου**

<b>Παράμετρος</b>	<b>Ελάχιστο</b>	<b>Μέγιστο</b>	<b>Μέση τιμή</b>	<b>Τυπική Διακύμανση</b>
<b>Ηλικία</b>	19	28	23,52	2,605
<b>Χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης</b>	0,5	10	4,84	2,427
<b>Χλμ/εβδομάδα</b>	50	500	240,87	95,959
<b>Αξιολόγηση προσομοιωτή</b>	5	9	7,28	1,048

Έπειτα, υπολογίζονται βάσει του συνόλου των μετρήσεων (τελική συνολική βάση δεδομένων) για άνδρες και γυναίκες μαζί, στατιστικά στοιχεία για όλα τα κυκλοφοριακά μεγέθη που μελετώνται και διαπιστώνεται ότι υπάρχει μεγάλο εύρος τιμών, δηλαδή εξετάζεται ένα μεγάλο πλήθος παρατηρήσεων που αφορούν στις προσπεράσεις, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (4.4):

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4: Περιγραφικά στατιστικά για το σύνολο του δείγματος**

<b>Μεταβλητή</b>	<b>Ελάχιστο</b>	<b>Μέγιστο</b>	<b>Μέση Τιμή</b>	<b>Τυπική Διακύμανση</b>
<b>Ταχύτητα (km/h)</b>	27,01	130,03	76,15	16,86
<b>Ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος (km/h)</b>	38,17	75,65	60,70	7,41
<b>Χωρικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα (m)</b>	0	350,84	53,35	50,26
<b>Χρονικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα (sec)</b>	0	19,06	2,56	2,61
<b>Ταχύτητα επερχόμενου οχήματος (km/h)</b>	33,28	79,1	62,14	7,74



<b>Χωρικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα (m)</b>	21,52	2243,93	250,99	124,43
<b>Χρονικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα (sec)</b>	1,25	131,74	12,48	7,40
<b>Διαφορά ταχυτήτων (km/h)</b>	-26,41	67,83	15,45	15,03

Δεδομένου ότι η ανάλυση γίνεται ξεχωριστά για άνδρες και γυναίκες κατασκευάζονται οι παρακάτω πίνακες (4.5-4.6) με τα στατιστικά στοιχεία για όλες τις μεταβλητές που τελικά εισάγονται στο μοντέλο στατιστικής ανάλυσης του δείγματος:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5: Περιγραφικά Στοιχεία Γυναικών**

<b>Μεταβλητή</b>	<b>Ελάχιστο</b>	<b>Μέγιστο</b>	<b>Μέση Τιμή</b>
<b>Ταχύτητα (km/h)</b>	11,31	115,54	69,70
<b>Ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος (km/h)</b>	38,17	74,50	58,08
<b>Χωρικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα (m)</b>	0	378,35	54,43
<b>Χρονικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα (sec)</b>	0	33,20	3,28
<b>Ταχύτητα επερχόμενου οχήματος (km/h)</b>	33,28	77,71	59,25
<b>Χωρικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα (m)</b>	0	2745,79	271,79
<b>Χρονικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα (sec)</b>	0	163,29	15,05

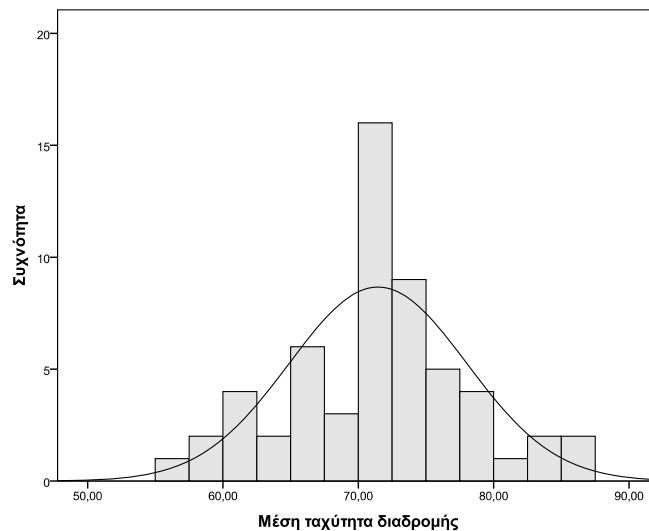
<b>Διαφορά ταχυτήτων (km/h)</b>	-32,93	60,33	11,36
<b>Χρόνος για κρούση (TTC) (s)</b>	0,02	153,145	6,34
<b>Αυτοκίνητα που προσπεράστηκαν</b>	0	9	1,44

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6: Περιγραφικά Στοιχεία Ανδρών**

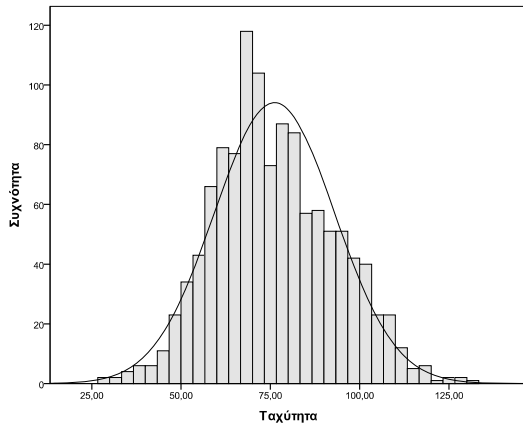
<b>Μεταβλητή</b>	<b>Ελάχιστο</b>	<b>Μέγιστο</b>	<b>Μέση Τιμή</b>
<b>Ταχύτητα (km/h)</b>	11,31	131,25	74,16
<b>Ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος (km/h)</b>	38,17	75,81	59,36
<b>Χωρικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα (m)</b>	0	301,24	53,13
<b>Χρονικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα (sec)</b>	0	41,296	2,98
<b>Ταχύτητα επερχόμενου οχήματος (km/h)</b>	33,28	79,15	60,27
<b>Χωρικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα (m)</b>	0	2397,27	229,17
<b>Χρονικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα (sec)</b>	0	143,93	11,69
<b>Διαφορά ταχυτήτων(km/h)</b>	-30,32	93,07	14,66
<b>Χρόνος για κρούση (TTC) (s)</b>	0,02	123,03	5,72
<b>Αυτοκίνητα που προσπεράστηκαν</b>	0	10	1,76

Προκειμένου να γίνει πιο εύκολη η εξαγωγή συμπερασμάτων για τα βασικά κυκλοφοριακά μεγέθη και για τον τρόπο που μεταβάλλονται στο

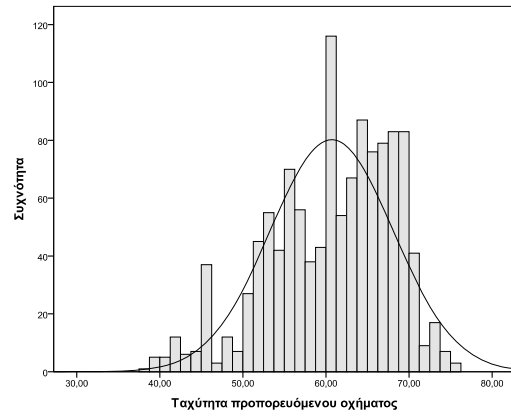
πείραμά, κατασκευάζονται τα διαγράμματα 4.7 - 4.13 (ιστογράμματα) συχνοτήτων της μέσης ταχύτητας διαδρομής, της στιγμιαίας ταχύτητας του εξεταζόμενου οχήματος, τη στιγμιαία ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος, το χρονικό διαχωρισμό του προπορευόμενου από το εξεταζόμενο όχημα, τη στιγμιαία ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος, το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το επερχόμενο όχημα και τη διαφορά ταχυτήτων του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα. Από τα διαγράμματα αυτά φαίνεται ότι οι εξεταζόμενες ταχύτητες υπακούουν σε μεγάλο βαθμό στην κανονική κατανομή, γεγονός που επιβεβαιώνει τον ορθό σχεδιασμό του σεναρίου και τη ρεαλιστικότητα του πειράματος.



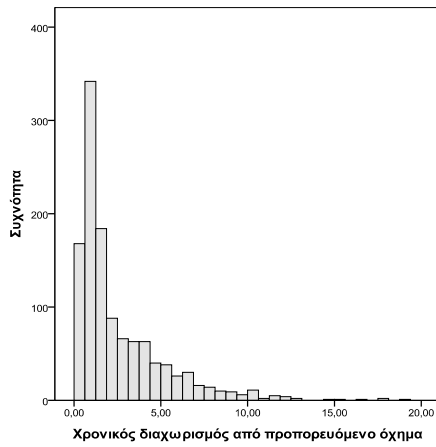
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.7: Ιστογράμματα συχνοτήτων για τη μέση ταχύτητα διαδρομής για το σύνολο των μετρήσεων**



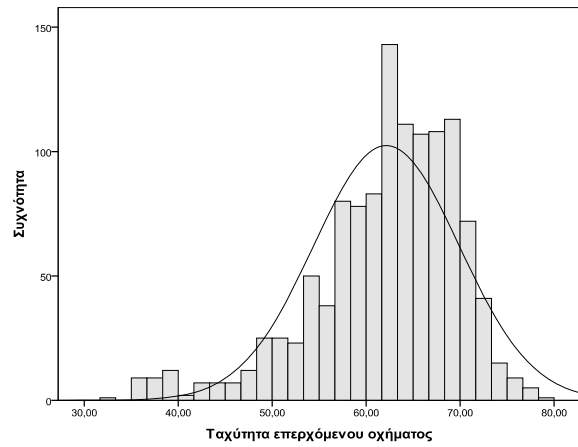
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.8:** Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας εξεταζόμενου οχήματος για το σύνολο των μετρήσεων



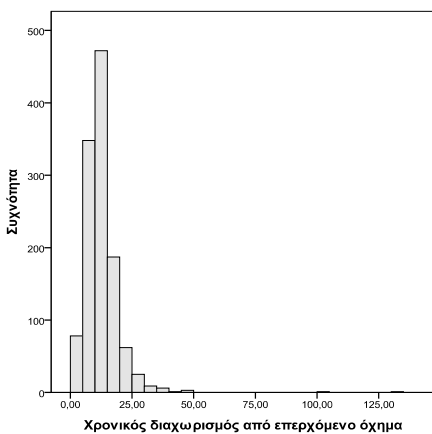
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.9:** Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας προπορευόμενου οχήματος για το σύνολο των μετρήσεων



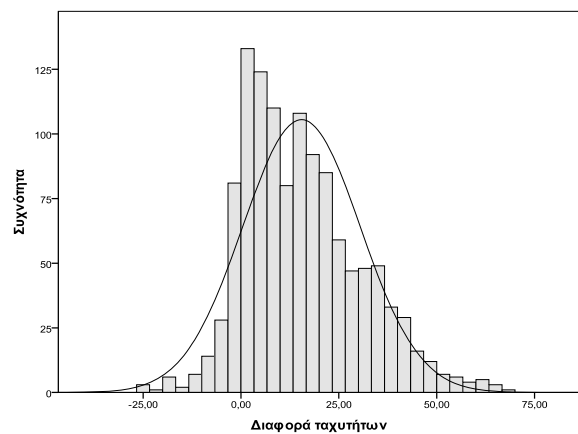
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.10:** Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από προπορευόμενο όχημα για το σύνολο των μετρήσεων



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.11:** Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας επερχόμενου οχήματος για το σύνολο των μετρήσεων



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.12:** Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από επερχόμενο όχημα για το σύνολο των μετρήσεων



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.13:** Ιστόγραμμα συχνοτήτων διαφοράς ταχυτήτων εξεταζόμενου- προπορευόμενου για το σύνολο των μετρήσεων

Από την προκαταρκτική ανάλυση των ερωτηματολογίων παρατηρούνται επίσης μεγάλες διαφορές ανάμεσα στη συμπεριφορά ανδρών και γυναικών. Σε ότι αφορά καταρχάς στον τρόπο οδήγησης, τις τηρούμενες αποστάσεις, τον αριθμό προσπεράσεων κλπ οι διαφορές είναι μεγάλες. Πιο αναλυτικά, από την πρωταρχική στατιστική επεξεργασία, η οποία περιλάμβανε την επεξεργασία των ερωτηματολογίων σε συνδυασμό με τα περιγραφικά στατιστικά δεδομένα των στοιχείων που συλλέχθηκαν κατά το πείραμα προέκυψαν συμπεράσματα όπως:

- Οι νεαροί άνδρες διανύουν περισσότερα χιλιόμετρα εβδομαδιαίως από τις γυναίκες
- Υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ του αριθμού των προσπεράσεων των συμμετεχόντων και της ηλικίας, των χρόνων κατοχής διπλώματος οδήγησης και των χιλιομέτρων που διανύονται εβδομαδιαίως από τους χρήστες
- Παρατηρήθηκε ότι οι οδηγοί είχαν κατά μέσο όρο υψηλότερη ταχύτητα σε σχέση με τη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας του ρεύματος
- Οι άνδρες είχαν υψηλότερη μέση ταχύτητα διαδρομής από τις γυναίκες, γεγονός που δείχνει ότι ακολούθησαν μία πιο επικίνδυνη οδηγική συμπεριφορά
- Οι άνδρες παρατηρείται ότι είχαν υψηλότερη ταχύτητα κατά μέσο όρο από τις γυναίκες και κατ' επέκταση μεγαλύτερη διαφορά ταχύτητας από το προπορευόμενο όχημα τους, γεγονός που δείχνει ότι ακολούθησαν μια πιο επικίνδυνη οδηγική συμπεριφορά έναντι των γυναικών.
- Σε ότι αφορά το μέσο χρονικό διαχωρισμό από το προπορευόμενο όχημα, τα δύο φύλα έδειξαν παρόμοια συμπεριφορά.
- Εν γένει οι άνδρες δέχονταν μικρότερα κενά τις επερχόμενης κυκλοφορίας για να πραγματοποιήσουν μια προσπέραση και είχαν μικρότερη τυπική διακύμανση σε σχέση με αυτή των γυναικών και η μέση διάρκεια του ελιγμού της προσπέρασης ήταν μικρότερη στην περίπτωση των ανδρών.

- Για τους άνδρες οδηγούς εξήχθησαν μικρότερα όρια ασφαλείας TTC απ' ότι για τις γυναίκες, με το ίδιο επίπεδο εμπιστοσύνης (95%).
- Συνολικά, οι άνδρες τείνουν να είναι πιο επιθετικοί, τηρούν μικρότερες αποστάσεις ασφαλείας και κάνουν συχνότερα προσπεράσεις

### **4.3.2 Ομαδοποίηση**

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η αρχική ομαδοποίηση γίνεται χρησιμοποιώντας σαν μεταβλητές το TTC σε συνδυασμό με το TET με τη βοήθεια της μεθόδου ανάλυσης "K-means cluster" και υπολογίζεται ένα πρωταρχικό όριο του TTC για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Επίπεδο εμπιστοσύνης είναι το ποσοστό των φορών που μια διαδικασία εκτίμησης είναι σωστή, ενώ το Επίπεδο σημαντικότητας μετράει πόσο συχνά ένα εξαγόμενο συμπέρασμα θα είναι εσφαλμένο μακροπρόθεσμα. Η σχέση που συνδέει το επίπεδο εμπιστοσύνης και το επίπεδο σημαντικότητας εκφράζεται ως:

$$\mathbf{Επίπεδο\ Εμπιστοσύνης + Επίπεδο\ Σημαντικότητας = 1.}$$

Συνεπώς οι οδηγοί μπορούν πια να χαρακτηριστούν ως οδηγοί με επιθετική ή αμυντική τάση βάσει των πρωταρχικών ορίων που εξήχθησαν προηγουμένως. Οι ομάδες για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα παρουσιάζονται στους πίνακες (4.14a-b), όπως προέκυψαν από την ανάλυση με τη βοήθεια του προγράμματος SPSS:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.14α:** Διαχωρισμός ανδρών οδηγών με επιθετική/αμυντική τάση οδήγησης

Α/Α	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΣΠΕΡΑΣΕΩΝ	TTC < 5s		Συχνότητα TTC<5	Επιθετικός (1) / Αμυντικός (2)
		AVG-TTC	Σ TTC		
<b>4</b>	<b>10</b>	<b>1,92</b>	<b>4071,822</b>	<b>2122</b>	<b>1</b>
8	2	1,83	5399,603	2945	2
<b>9</b>	<b>9</b>	<b>1,72</b>	<b>4428,027</b>	<b>2579</b>	<b>1</b>
<b>10</b>	<b>7</b>	<b>1,85</b>	<b>4421,671</b>	<b>2391</b>	<b>1</b>
11	3	2,43	6578,573	2706	2
12	3	1,69	5153,266	3051	2
<b>13</b>	<b>10</b>	<b>2,16</b>	<b>4914,217</b>	<b>2272</b>	<b>1</b>
<b>14</b>	<b>5</b>	<b>1,67</b>	<b>4419,594</b>	<b>2648</b>	<b>1</b>
<b>15</b>	<b>4</b>	<b>1,69</b>	<b>4042,432</b>	<b>2395</b>	<b>1</b>
<b>16</b>	<b>6</b>	<b>2,27</b>	<b>5688,575</b>	<b>2505</b>	<b>1</b>
<b>17</b>	<b>0</b>	<b>1,83</b>	<b>4693,667</b>	<b>2562</b>	<b>1</b>
<b>18</b>	<b>5</b>	<b>1,42</b>	<b>3738,241</b>	<b>2631</b>	<b>1</b>
<b>19</b>	<b>4</b>	<b>1,83</b>	<b>3674,318</b>	<b>2003</b>	<b>1</b>
20	6	2,13	5920,046	2783	2
21	2	1,76	5446,675	3094	2
22	1	1,07	3947,233	3680	2
<b>24</b>	<b>5</b>	<b>1,66</b>	<b>4372,418</b>	<b>2633</b>	<b>1</b>
25	6	1,83	5128,962	2807	2
<b>37</b>	<b>6</b>	<b>2,27</b>	<b>4485,775</b>	<b>1972</b>	<b>1</b>
<b>38</b>	<b>4</b>	<b>1,63</b>	<b>3648,19</b>	<b>2238</b>	<b>1</b>
<b>39</b>	<b>6</b>	<b>1,97</b>	<b>4724,556</b>	<b>2394</b>	<b>1</b>
<b>40</b>	<b>10</b>	<b>2,25</b>	<b>5194,336</b>	<b>2305</b>	<b>1</b>
<b>41</b>	<b>3</b>	<b>1,52</b>	<b>3596,991</b>	<b>2373</b>	<b>1</b>
<b>42</b>	<b>0</b>	<b>2,13</b>	<b>4490,549</b>	<b>2106</b>	<b>1</b>
44	3	1,79	5112,145	2858	2
<b>45</b>	<b>7</b>	<b>2,15</b>	<b>4914,703</b>	<b>2282</b>	<b>1</b>
46	3	1,66	4710,523	2837	2
47	4	1,09	3123,339	2857	2

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.14b:** Διαχωρισμός γυναικών οδηγών με επιθετική/αμυντική τάση οδήγησης

Α/Α	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΣΠΕΡΑΣΕΩΝ	ΤΤC < 5s		Συχνότητα ΤΤC < 5	Επιθετικός (1) / Αμυντικός (2)
		AVG-ΤΤC	Σ ΤΤC		
1	3	4,08	175,47	43	-
2	0	3,53	282,713	80	-
3	7	1,94	4905,446	2533	2
5	9	1,53	3733,905	2434	2
6	3	1,75	4212,055	2410	2
7	6	1,81	3883,358	2142	2
<b>23</b>	<b>3</b>	<b>1,76</b>	<b>5003,187</b>	<b>2849</b>	<b>1</b>
<b>26</b>	<b>0</b>	<b>1,98</b>	<b>5730,406</b>	<b>2891</b>	<b>1</b>
27	4	2,01	5490,935	2737	2
28	2	2,00	5141,8	2573	2
<b>29</b>	<b>4</b>	<b>1,94</b>	<b>6439,874</b>	<b>3311</b>	<b>1</b>
30	2	1,70	4025,001	2372	2
31	4	1,94	4700,508	2428	2
<b>32</b>	<b>2</b>	<b>2,08</b>	<b>6287,151</b>	<b>3018</b>	<b>1</b>
33	2	1,88	4454,737	2370	2
<b>34</b>	<b>2</b>	<b>1,76</b>	<b>5965,363</b>	<b>3399</b>	<b>1</b>
35	0	1,83	4266,328	2334	2
36	5	1,58	4023,295	2551	2
43	1	1,87	5026,706	2686	2
<b>48</b>	<b>5</b>	<b>1,42</b>	<b>4317,2</b>	<b>3050</b>	<b>1</b>
<b>49</b>	<b>6</b>	<b>3,27</b>	<b>9878,213</b>	<b>3020</b>	<b>1</b>
50	6	2,15	5179,529	2406	2



Με βάση την τάση που έχουν οι συμμετέχοντες στο πείραμα να οδηγούν με συγκεκριμένο τρόπο μπορούμε να εξάγουμε διαφορετικά όρια ασφαλείας (thresholds) για κάθε ομάδα από τις παρακάτω:

- «Επιθετικοί» Οδηγοί – Άνδρες (1M)
- «Αμυντικοί» Οδηγοί – Άνδρες (0M)
- «Επιθετικοί» Οδηγοί – Γυναίκες (1F)
- «Αμυντικοί» Οδηγοί – Γυναίκες (0F)

Πραγματοποιώντας διερεύνηση σε κάθε έναν από τις οδηγούς που κρίθηκαν "επιθετικοί" ή "αμυντικοί", ευρέθη η τιμή του TTC για την οποία μόνο το 5% των παρατηρήσεων έπαιρνε τιμή χαμηλότερη. Έπειτα βρέθηκε ο σταθμισμένος μέσος όρος βάσει των πόσων παρατηρήσεων έχουμε για κάθε οδηγό και προέκυψαν τα εξής όρια ασφαλείας, τα οποία παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες (4.15a-4.15b):

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.15α:** Όρια Ασφαλείας TTC για άνδρες οδηγούς

<b>ΑΝΔΡΕΣ - ΕΠΙΘΕΤΙΚΗ ΟΔΗΓΗΣΗ</b>			
<b>A/A</b>	<b>Total Observations</b>	<b>5% of observations</b>	<b>critical TTC</b>
4	4038	202	0,48
9	3925	197	0,42
10	3627	182	0,51
13	3906	196	0,5
14	3657	183	0,38
15	3417	171	0,4
16	3769	189	0,62
17	3964	199	0,59
18	3877	194	0,5
19	<b>2459</b>	<b>123</b>	<b>0,49</b>
24	3594	180	0,48
37	4006	201	0,73
38	3329	167	0,45
39	3630	182	0,53
40	3251	163	0,51
41	4038	202	0,48
42	3896	195	0,59
<b>TTC threshold (1M) = 0,512s</b>			
<b>ΑΝΔΡΕΣ - ΜΗ ΕΠΙΘΕΤΙΚΗ ΟΔΗΓΗΣΗ</b>			
<b>A/A</b>	<b>Total Observations</b>	<b>5% of observations</b>	<b>critical TTC</b>
8	5016	251	0,61
11	4335	217	0,57
12	4076	204	0,7
20	3637	182	0,67
21	4195	210	0,76
22	4077	204	0,61
25	3667	184	0,72
44	4026	202	0,81
45	3384	170	0,51
46	3977	199	0,7
47	4229	212	0,65
<b>TTC threshold (0M) = 0,665s</b>			

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.15b:** Όρια Ασφαλείας TTC για γυναίκες οδηγούς

<b>ΓΥΝΑΙΚΕΣ - ΕΠΙΘΕΤΙΚΗ ΟΔΗΓΗΣΗ</b>			
<b>A/A</b>	<b>Total Observations</b>	<b>5% of observations</b>	<b>critical TTC</b>
<b>23</b>	4379	219	0,67
<b>26</b>	4283	215	0,98
<b>29</b>	4837	242	0,64
<b>32</b>	3766	189	0,62
<b>34</b>	3976	199	0,49
<b>48</b>	3553	178	0,43
<b>49</b>	3500	175	0,51
<b>TTC threshold (1F) = 0,630s</b>			
<b>ΓΥΝΑΙΚΕΣ - ΜΗ ΕΠΙΘΕΤΙΚΗ ΟΔΗΓΗΣΗ</b>			
<b>A/A</b>	<b>Total Observations</b>	<b>5% of observations</b>	<b>critical TTC</b>
<b>3</b>	3747	188	0,55
<b>5</b>	3535	177	0,76
<b>6</b>	4501	226	1,05
<b>7</b>	4256	213	0,88
<b>27</b>	3958	198	0,7
<b>28</b>	3935	197	0,72
<b>30</b>	4388	220	0,65
<b>31</b>	4601	231	0,91
<b>33</b>	4193	210	0,79
<b>35</b>	4437	222	0,67
<b>36</b>	4448	223	0,8
<b>43</b>	4445	223	0,75
<b>50</b>	3326	167	0,6
<b>TTC threshold (0F) = 0,763s</b>			

Από τους παραπάνω πίνακες υπογραμμίζεται η ανάγκη διαχωρισμού του δείγματος οδηγών σε άνδρες και γυναίκες καθώς εμφανίζονται στατιστικά

σημαντικές διαφορές στη συμπεριφορά κάθε φύλου, όπως άλλωστε αναμενόταν, σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση.

Η ανάγκη αυτή αποδεικνύεται και με τη βοήθεια των μη παραμετρικών δοκιμών του χρησιμοποιούμενου στατιστικού προγράμματος. Πιο συγκεκριμένα, στο SPSS αφού εισάγουμε τις κατάλληλες βάσεις δεδομένων επιλέγουμε την εντολή:

### ***Analyze→Non-Parametric Tests→Independent Samples***

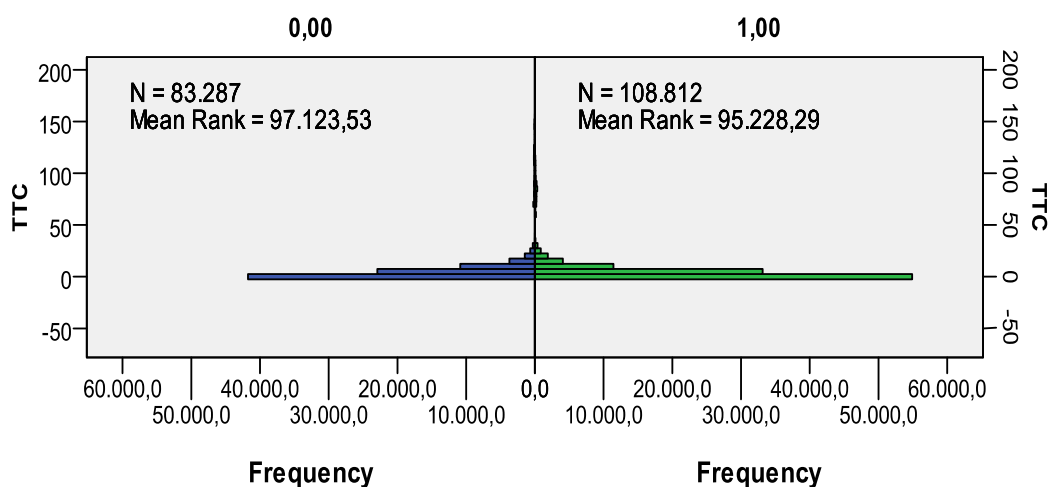
Με τη βοήθεια των δοκιμών αυτών καθίσταται δυνατή η σύγκριση των κατανομών μιας ανεξάρτητης μεταβλητής με την βοήθεια κατάλληλα προσαρμοσμένων τεστ (Mann-Whitney, Kolmogorov-Smirnov, Wald-Wolfowitz, Kruskal-Wallis, Jonkheere-Terpstra).

Στην συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιείται η δοκιμή Mann-Whitney-Wilcoxon (MWW), η οποία ενδείκνυται προκειμένου να ελεγχθεί η αρχική υπόθεση ότι δύο πληθυσμοί έχουν ταυτόσημες συναρτήσεις κατανομής και η εναλλακτική υπόθεση ότι οι δύο συναρτήσεις κατανομής διαφέρουν μόνο όσον αφορά την τοποθεσία (διάμεσος), ενώ δεν απαιτεί οι διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων δεδομένων να είναι κανονικά κατανομημένες στο δείγμα. Οι δοκιμές αυτές γίνονται για τον έλεγχο της συσχέτισης της κατανομής της ανεξάρτητης μεταβλητής «χρόνος για κρούση – TTC» τόσο ανάμεσα σε άνδρες και γυναίκες όσο και σε επιθετικούς και μη οδηγούς. Διενεργούνται πέντε μη παραμετρικές δοκιμές ανάμεσα σε:

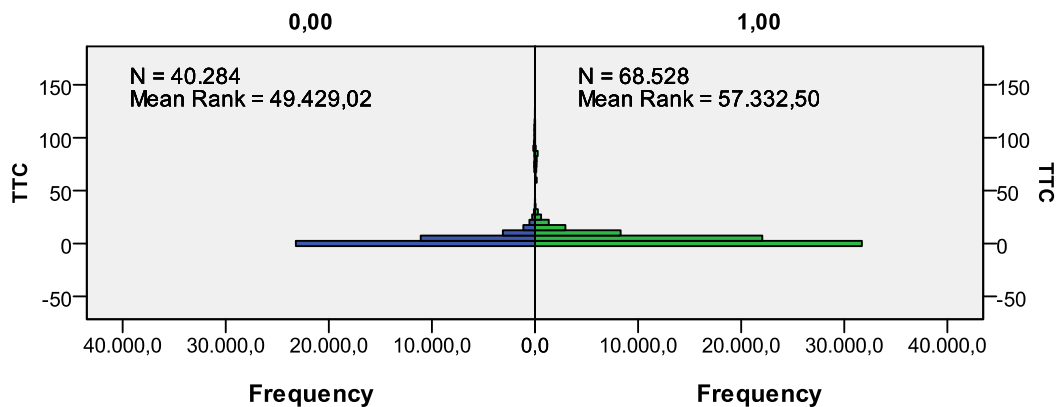
1. Άνδρες – Γυναίκες Συνολικά
2. Επιθετικοί Άνδρες – Μη Επιθετικοί Άνδρες
3. Επιθετικές Γυναίκες – Μη Επιθετικές Γυναίκες
4. Επιθετικοί Άνδρες – Επιθετικές Γυναίκες
5. Μη Επιθετικοί Άνδρες – Μη Επιθετικές Γυναίκες

Από την ανάλυση των διαγραμμάτων αυτών με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος, διαπιστώνεται ότι οι κατανομές του TTC δεν εμφανίζουν καμία συσχέτιση για καμία από τις πέντε παραπάνω ομάδες και συνεπώς πολύ σωστά έχει γίνει ο διαχωρισμός των δεδομένων σε ομάδες (clustering).Γίνεται έλεγχος των μη παραμετρικών δοκιμών για την ακρίβεια των εξαγόμενων συμπερασμάτων προκειμένου να απορριφθεί με βεβαιότητα η αρχική υπόθεση (null hypothesis) ότι οι κατανομές του TTC είναι παρόμοιες σε κάθε ζεύγος των παραπάνω περιπτώσεων. Πράγματι, για επίπεδο σημαντικότητας 0.05 είναι Sig.=0.00, οπότε οι αρχικές υποθέσεις καταρρίπτονται με μεγάλη ακρίβεια.

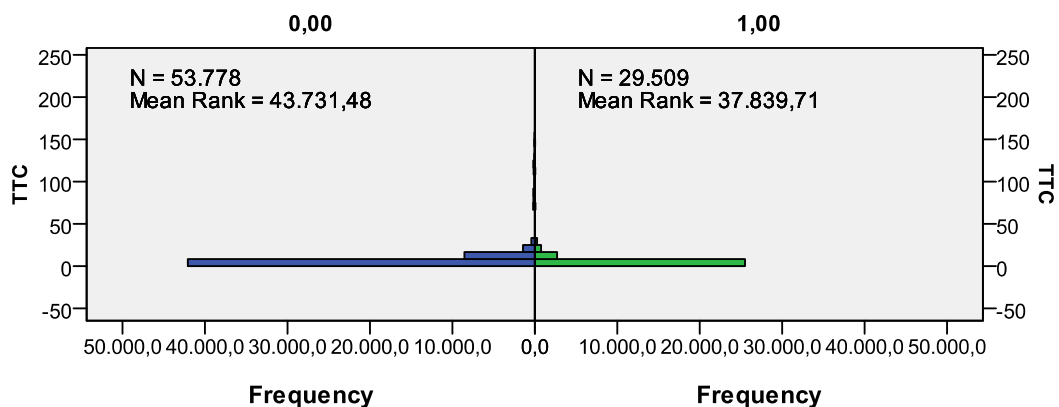
Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά τα διαγράμματα των μη παραμετρικών δοκιμών για τις τρεις πρώτες περιπτώσεις (4.16α,β και γ αντίστοιχα).



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.16α:** Σύγκριση Ανδρών – Γυναικών Συνολικά



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.16β:** Σύγκριση Επιθετικών Ανδρών – Μη Επιθετικών Ανδρών



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.16γ:** Σύγκριση Επιθετικών Γυναικών – Μη Επιθετικών Γυναικών

### 4.3.3 Συμπεράσματα Ομαδοποίησης και Σύγκριση με Άνδρες-Γυναίκες

Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών καθ'αυτών μα και της μεταξύ τους σύγκρισης εξαγάγουμε αποτελέσματα καίριας σημασίας σε ότι αφορά στην οδηγική συμπεριφορά των δύο φύλων.

Αρχικά, οι άνδρες εμφανίζονται γενικά με μεγαλύτερη τάση προς επιθετική οδήγηση. Όπως παρουσιάζεται και στις μη παραμετρικές

δοκιμές (non-parametric tests, Διαγράμματα 4.16a-b-c), οι κατανομές του TTC είναι διαφορετικές για άνδρες και γυναίκες για ποικίλους λόγους. Καταρχάς, οι άνδρες προσπερνούν κατά μέσο όρο συχνότερα, ενώ τηρούν μικρότερες αποστάσεις ασφαλείας (όπως αναφέρθηκε στην προκαταρκτική ανάλυση του δείγματος). Για τον λόγο αυτό έχουν εξαχθεί με το ίδιο επίπεδο εμπιστοσύνης όρια TTC (thresholds) μικρότερα για τους άνδρες είτε με τάση για επιθετική οδήγηση είτε όχι, απ' ότι για τις αντίστοιχες γυναίκες.

Βάσει των εξαγμένων αυτών ορίων, το 60% των ανδρών του δείγματος έχουν τάση για επιθετική οδήγηση, ενώ το ποσοστό αυτό στις γυναίκες αγγίζει μόλις το 35%. Συνεπώς, σε γενικές γραμμές, οι άνδρες έχουν μεγαλύτερη τάση για επικίνδυνη οδήγηση. Ακόμη, παρατηρείται ότι οι γυναίκες έχουν την τάση να εμφανίζουν επικίνδυνη συμπεριφορά ( $TTC \leq \text{threshold TTC}$ , ανάλογα με το εάν η προς μελέτη οδηγός έχει τάση για επιθετική συμπεριφορά ή όχι) για μικρότερα χρονικά διαστήματα σε σχέση με τους άνδρες, αλλά συχνότερα εμφανιζόμενα.

Κατά την ανάλυση των χρονικών διαστημάτων στα οποία οι οδηγοί εμφανίζουν επικίνδυνη συμπεριφορά, οι άνδρες τείνουν να κινούνται οριακά, δηλαδή με TTC σχεδόν μηδενικά και για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, ωστόσο η επικίνδυνη συμπεριφορά παρατηρείται κυρίως κατά τις προσπεράσεις (απόπειρες ή επιτυχημένες). Οι γυναίκες αντίθετα τείνουν να βρίσκονται εκτεθειμένες σε επικίνδυνη οδήγηση σε καταστάσεις λιγότερο οριακές (τα χαμηλότερα TTC που παρατηρούνται σε γυναίκες οδηγούς είναι μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα των ανδρών) και για μικρότερα χρονικά διαστήματα ωστόσο με αρκετά μεγαλύτερη συχνότητα.

Έπειτα από τις αναλύσεις, παρατηρήθηκε μεγάλη αλλαγή στο συνολικό χρονικό διάστημα στο οποίο οι οδηγοί παρουσίαζαν επικίνδυνη συμπεριφορά. Πιο συγκεκριμένα, βάσει των αναλύσεων της λογιστικής παλινδρόμησης, το 11.2% του συνολικού χρόνου οδήγησης των

γυναικών παρουσίασε επικίνδυνη συμπεριφορά, ήταν δηλαδή κάτω από τα όρια του TTC που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Το αντίστοιχο ποσοστό για τους άνδρες ήταν μόλις 7.9%. Ακόμη, το συνολικό ποσοστό σωστής πρόβλεψης επικίνδυνης οδήγησης παρουσιάζει ακόμη μεγαλύτερη διαφορά καθώς όσον αφορά στις γυναίκες, το 8.7% προβλέφθηκε σωστά ως επικίνδυνη συμπεριφορά, ενώ στους άνδρες το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 3.4% (λιγότερο από το 50% του συνόλου των χρονικών διαστημάτων όπου παρουσιάστηκε επικίνδυνη οδήγηση).

#### **4.3.4 Έλεγχος Συσχέτισης**

Γίνεται έλεγχος του κατά πόσο συσχετίζονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές (ποιοτικές ή ποσοτικές) μεταξύ τους και με την εξαρτημένη μεταβλητή (dynamic attribute).

Αφού εισαχθούν οι μεταβλητές εισόδου στο στατιστικό πρόγραμμα λαμβάνουμε τα αποτελέσματα που φαίνονται στον παραπάνω πίνακα. Αρχικά ελέγχεται η συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών με την εξαρτημένη μέσω του συντελεστή συσχέτισης του Pearson. Παρατηρείται ότι καμία μεταβλητή δεν παρουσιάζει αξιοσημείωτη συσχέτιση με το "dynamic attribute" τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες. Όπως ωστόσο είναι λογικό, το "general attribute" (τάση για επιθετική ή επιφυλακτική οδήγηση βάσει του συνόλου των μετρήσεων) παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συσχέτιση με την εξαρτημένη μεταβλητή (-0.253 στους άνδρες και -0.230 στις γυναίκες), δεν είναι όμως στατιστικά σημαντική.

Έπειτα, ελέγχεται η συσχέτιση μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών. Όσον αφορά στη βάση δεδομένων των ανδρών, η μεγαλύτερη συσχέτιση παρατηρείται μεταξύ της ταχύτητας του εξεταζόμενου οχήματος (speed), των ταχυτήτων του προπορευόμενου (headway speed) και του επερχόμενου (oncoming speed) οχήματος και του χρονικού



διαχωρισμού από το προπορευόμενο (Th) και επερχόμενο (To). Η χαμηλότερη τιμή από τις υψηλές συσχετίσεις εμφανίζεται μεταξύ ταχυτήτων και χρονικού διαχωρισμού (-0.405), ενώ πολύ υψηλές τιμές εντοπίζονται μεταξύ της ταχύτητας του προπορευόμενου και του επερχόμενου οχήματος (+0.880). Τα αποτελέσματα αυτά είναι απολύτως λογικά καθώς βασίζονται σε θέματα προγραμματισμού του σεναρίου (oncoming & headway speeds).

Όσον αφορά τη βάση δεδομένων των γυναικών, μεγάλες συσχετίσεις εντοπίζονται και εδώ ανάμεσα στην ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος (speed), στις ταχύτητες του προπορευόμενου (headway speed) και του επερχόμενου (oncoming speed) οχήματος και στο χρονικό διαχωρισμό από το προπορευόμενο (Th) και επερχόμενο (To). Η χαμηλότερη τιμή από τις υψηλές συσχετίσεις εμφανίζεται μεταξύ ταχυτήτων και χρονικού διαχωρισμού (-0.403), ενώ πολύ υψηλές τιμές εντοπίζονται μεταξύ της ταχύτητας του προπορευόμενου και του επερχόμενου οχήματος (+0.668). Πέραν των ταχυτήτων, μεγάλη συσχέτιση παρατηρείται μεταξύ των αποστάσεων και των χρονικών και χωρικών διαχωρισμών. Πιο συγκεκριμένα, υψηλή τιμή του συντελεστή συσχέτισης ανιχνεύεται ανάμεσα στην απόσταση του υπό εξέταση οχήματος από το προπορευόμενο και τον χρονικό διαχωρισμό του προπορευόμενου (headway distance & Th), όπως και ανάμεσα στον χρονικό διαχωρισμό και την απόσταση από το επερχόμενο όχημα (oncoming distance & To). Τα αποτελέσματα των ελέγχων συσχέτισης παρουσιάζονται στους πίνακες 4.17 α-β για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 17α :** Συσχετίσεις μεταβλητών για Άνδρες Οδηγούς

Μεταβλητές		Speed	MovedIntoOppositeLan	NextToHeadwayCar	CorrectedHeadwaySpe	Th	NextToOncomingCar	To	Δspeed	generalattribute	dynamicattribute	carsovertaken
Speed	PearsonCorrelation	1	,259**	,066**	,607**	-,405**	,016**	-,100**	**,b	,087**	-,113**	,307**
	Sig. (2-tailed)		0,000	,000	0,000	0,000	,000	,000		,000	,000	0,000
	N	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812
MovedIntoOppositeLan	PearsonCorrelation	,259**	1	,130**	,055**	-,145**	-,051**	,082**	**,b	,069**	-,122**	,253**
	Sig. (2-tailed)	0,000		0,000	,000	0,000	,000	,000		,000	0,000	0,000
	N	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812
NextToHeadwayCar	PearsonCorrelation	,066**	,130**	1	,009**	,004	-,009**	,018**	**,b	,021**	-,021**	,072**
	Sig. (2-tailed)	,000	0,000		,002	,146	,003	,000		,000	,000	,000
	N	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812
CorrectedHeadwaySpe	PearsonCorrelation	,607**	,055**	,009**	1	-,597**	,019**	-,043**	**,b	-,081**	,045**	,013**
	Sig. (2-tailed)	0,000	,000	,002		0,000	,000	,000		,000	,000	,000
	N	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812
Th	PearsonCorrelation	-,405**	-,145**	,004	-,597**	1	-,019**	-,036**	**,b	,081**	-,174**	-,188**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	,146	0,000		,000	,000		,000	0,000	0,000
	N	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812
NextToOncomingCar	PearsonCorrelation	,016**	-,051**	-,009**	,019**	-,019**	1	-,070**	**,b,*	,002	,041**	,007*
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,003	,000	,000		,000		,610	,000	,020
	N	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812

**ΠΙΝΑΚΑΣ 17α (συνέχεια): Συσχετίσεις μεταβλητών για Άνδρες Οδηγούς**

Μεταβλητές		Speed	MovedIntoOppositeLane	NextToHeadwayCar	CorrectedHeadwaySpe	Th	NextToOncomingCar	To	Δspeed	generalattribute	dynamicattribute	carsovertaken
To	PearsonCorrelation	-,100**	,082**	,018**	-,043**	-,036**	-,070**	1	**,b	-,077**	,027**	,201**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	,000			,000	,000	0,000
	N	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812
Δspeed	PearsonCorrelation	**,b	**,b	**,b	**,b	**,b	**,b,*	**,b	**,b	**,b	**,b	**,b
	Sig. (2-tailed)											
	N	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812
generalattribute	PearsonCorrelation	,087**	,069**	,021**	-,081**	,081**	,002	-,077**	**,b	1	-,253**	,172**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	,610	,000			0,000	0,000
	N	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812
dynamicattribute	PearsonCorrelation	-,113**	-,122**	-,021**	,045**	-,174**	,041**	,027**	**,b	-,253**	1	,018**
	Sig. (2-tailed)	,000	0,000	,000	,000	0,000	,000	,000		0,000		,000
	N	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812
carsovertaken	PearsonCorrelation	,307**	,253**	,072**	,013**	-,188**	,007*	,201**	**,b	,172**	,018**	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	,000	,000	0,000	,020	0,000		0,000	,000	
	N	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812	108812

**ΠΙΝΑΚΑΣ 17β : Συσχετίσεις μεταβλητών για Γυναίκες Οδηγούς**

Μεταβλητές		Speed	MovedIntoOpositeLan	NextToHeadwayCar	CorrectedHeadwaySpe	Th	NextToOncomingCar	CorrectedOncomingSp	To	Δspeed	general attribute	dynamical attribute	carsovertaken
Speed	PearsonCorrelation	1	,169**	,040**	,668**	-,403	,018**	,590**	-,133	**,b	-,034**	-,079**	,294**
	Sig. (2-tailed)		0,000	,000	0,000	0,000	,000	0,000	0,000		,000	,000	0,000
	N	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287
MovedIntoOpositeLan	PearsonCorrelation	,169**	1	,115**	,053**	-,153	-,046**	,063**	,069	**,b	-,053**	-,141**	,178**
	Sig. (2-tailed)	0,000		,000	,000	0,000	,000	,000	,000		,000	0,000	0,000
	N	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287
NextToHeadwayCar	PearsonCorrelation	,040**	,115**	1	,005	,010	-,007*	,007*	,002	**,b	-,005	-,019**	,057**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,179	,003	,038	,037	,505		,137	,000	,000
	N	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287
CorrectedHeadwaySpe	PearsonCorrelation	,668**	,053**	,005	1	-,533	,019**	,850**	-,121	**,b	,034**	,081**	-,025**
	Sig. (2-tailed)	0,000	,000	,179		0,000	,000	0,000	,000		,000	,000	,000
	N	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287
Th	PearsonCorrelation	-,403**	-,153**	,010**	-,533**	1	-,016**	-,623**	-,068	**,b	-,084**	-,215**	-,139**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	,003	0,000		,000	0,000	,000		,000	0,000	0,000
	N	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287
NextToOncomingCar	PearsonCorrelation	,018**	-,046**	-,007*	,019**	-,016	1	,024**	-,067	**,b	-,002	,044**	,008*
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,038	,000	,000		,000	,000		,641	,000	,017
	N	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287	83287

**ΠΙΝΑΚΑΣ 17β (συνέχεια):** Συσχετίσεις μεταβλητών για Γυναίκες Οδηγούς

Μεταβλητές		Speed	MovedIntoOpositeLa n	NextToHead wayCar	CorrectedHea dwaySpe	Th	NextToOnc omingCar	CorrectedOnc omingSp	To	Δsp eed	general attribu te	dynami cattribu te	carsover taken
CorrectedO ncomingSp	PearsonC orrelation	,590**	,063**	,007*	,850**	-,623	,024**	1	-,028	**b	-,026**	,123**	,134**
	Sig. (2- tailed)	0,000	,000	,037	0,000	0,00 0	,000		,000		,000	,000	0,000
	N	83287	83287	83287	83287	832 87	83287	83287	832 87	832 87	83287	83287	83287
To	PearsonC orrelation	-,133**	,069**	,002	-,121**	-,068	-,067**	-,028**	1	**b	,023**	-,029**	,325**
	Sig. (2- tailed)	0,000	,000	,505	,000	,000	,000	,000			,000	,000	0,000
	N	83287	83287	83287	83287	832 87	83287	83287	832 87	832 87	83287	83287	83287
Δspeed	PearsonC orrelation	**b	**b	**b	**b	**b	**b	**b	**b	**b	**b	**b	**b
	Sig. (2- tailed)												
	N	83287	83287	83287	83287	832 87	83287	83287	832 87	832 87	83287	83287	83287
generalattri bute	PearsonC orrelation	-,034**	-,053**	-,005	,034**	-,084	-,002	-,026**	,023	**b	1	-,030**	-,080**
	Sig. (2- tailed)	,000	,000	,137	,000	,000	,641	,000	,000			,000	,000
	N	83287	83287	83287	83287	832 87	83287	83287	832 87	832 87	83287	83287	83287
dynamicattri bute	PearsonC orrelation	-,079**	-,141**	-,019**	,081**	-,215	,044**	,123**	-,029	**b	-,030**	1	,010**
	Sig. (2- tailed)	,000	0,000	,000	,000	0,00 0	,000	,000	,000		,000		,005
	N	83287	83287	83287	83287	832 87	83287	83287	832 87	832 87	83287	83288	83288
carsovertak en	PearsonC orrelation	,294**	,178**	,057**	-,025**	-,139	,008*	,134**	,325	**b	-,080**	,010**	1
	Sig. (2- tailed)	0,000	0,000	,000	,000	0,00 0	,017	0,000	0,00 0		,000	,005	
	N	83287	83287	83287	83287	832	83287	83287	83287	83287	83287	83288	83288

### 4.3.5 Ανάπτυξη Προτύπων και Εκτίμηση Σφάλματος Πρόβλεψης

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αρχικά ελέγχθηκε η συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών μεταξύ τους και ως προς την εξαρτημένη μεταβλητή. Βάσει των αποτελεσμάτων των ελέγχων αυτών, κρίθηκε σκόπιμο να διενεργηθούν δύο αναλύσεις οι οποίες θα έχουν τα εξής κοινά χαρακτηριστικά:

- Θα περιγράφουν την αλλαγή και συσχέτιση των ταχυτήτων του υπό εξέταση οχήματος και του προπορευόμενου/επερχόμενου μέσω της μεταβλητής  $\Delta Speed$ , η οποία εκφράζει τη διαφορά ταχυτήτων. Επιλέγεται η μεταβλητή αυτή καθώς η ταχύτητα του υπό εξέταση οχήματος (Speed) είναι συσχετισμένη σε πολύ μεγάλο βαθμό με τις ταχύτητες των υπολοίπων και συνεπώς δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα με τα υπόλοιπα στο μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης.
- Θα λαμβάνουν υπόψη τις φάσεις οδήγησης μέσω των κατηγορικών μεταβλητών “moved into opposite lane”, “next to headway car” & “next to oncoming car” ώστε να περιγράφεται καλύτερα κάθε στιγμή της οδήγησης (αρχή προσπέρασης, πέρας προσπέρασης, απόπειρα προσπέρασης κλπ).

Δεδομένων ωστόσο των αποτελεσμάτων των δοκιμών συσχέτισης που διενεργήθηκαν, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα ως ανεξάρτητες μεταβλητές στο ίδιο μοντέλο παλινδρόμησης δύο μεταβλητές με υψηλό συντελεστή συσχέτισης (εδώ  $\geq |\pm 0.4|$ ). Συνεπώς, η μεταβολή των αποστάσεων μεταξύ των οχημάτων θα περιγράφεται στην μία περίπτωση μέσω των μεταβλητών “headway distance” & “oncoming distance” που αποδίδουν τους χωρικούς διαχωρισμούς από το προπορευόμενο και το επερχόμενο όχημα αντίστοιχα και στην άλλη

μέσω των χρονικών διαχωρισμών "T<sub>h</sub>" και "T<sub>o</sub>" από το προπορευόμενο και το επερχόμενο όχημα αντίστοιχα.

Σε κάθε ανάλυση αναφέρεται στον τίτλο ποια από τις παραπάνω αλληλοσυσχετισμένες μεταβλητές χρησιμοποιείται στις ανεξάρτητες, ενώ η εξαρτημένη είναι το "dynamic attribute". Ως ανεξάρτητες μεταβλητές πέραν των όσων αναφέρθηκαν προηγουμένως, υπενθυμίζεται ότι χρησιμοποιούνται οι εξής:

- Διαφορά ταχύτητας εξεταζόμενου-προπορευόμενου ( $\Delta$ Speed)
- Αριθμός οχημάτων που προσπεράστηκαν (cars overtaken)

Οι binary ψευδομεταβλητές (dummy variables) που χρησιμοποιούνται βοηθητικά είναι οι εξής:

- Μετακίνηση στο αντίθετο ρεύμα υπό εξέταση οχήματος (moved into opposite lane)
- Θέση δίπλα στο επερχόμενο όχημα (next to oncoming car)
- Θέση δίπλα στο προπορευόμενο όχημα (next to headway car)
- Όριο ασφαλείας χρόνου για κρούσηTTC (TTC threshold)
- Τάση για επιθετική ή μη οδήγηση (General Attribute)

Προκειμένου να καταστεί ευκολότερη η ανάλυση και σύγκριση των δύο μοντέλων για κάθε φύλο, μέσα από την εντολή:

**Analyze→Regression→Binary Logistic**

δίνουμε εντολή στο πρόγραμμα να αποθηκεύσει την προβλεπόμενη πιθανότητα της εμφάνισης του συμβάντος. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργείται στο περιβάλλον εργασίας του SPSS μία επιπλέον στήλη στο πέρας των στηλών των μεταβλητών η οποία αναγράφει την πιθανότητα εμφάνισης μίας συγκεκριμένης τιμής. Στην προκειμένη περίπτωση, δεδομένου ότι η εξαρτημένη μεταβλητή παίρνει τιμές 0 και 1, αποθηκεύεται η προβλεπόμενη πιθανότητα της κατηγορίας 1.

Ο έλεγχος ακρίβειας και εγκυρότητας κάθε μοντέλου γίνεται με την κατασκευή της καμπύλης ROC (receiver operating characteristic curve). Η μέθοδος της καμπύλης αυτής είναι από τις πλέον αποδεκτές δοκιμές για την επιλογή βέλτιστου σημείο αποκοπής (cut-off point) για μια δοκιμή (τα σημεία αυτά επιλέγονται ανάλογα με το ποιο σημείο θεωρείται αποδεκτό για αλλαγή συμπεριφοράς από ακίνδυνη – non-risky σε επικίνδυνη – risky) και για τη σύγκριση της ακρίβειας των διαγνωστικών δοκιμών. Η καμπύλη ROC αποτελεί ουσιαστικά τη γραφική παράσταση της ευαισθησίας (sensitivity) όλων των δυνατών cut-off σημείων επί του άξονα y συναρτήσει του "1-ειδικότητα" (1-specificity) στον άξονα x.

Κατά σύμβαση, σε μια τυπική καμπύλη ROC, η ευαισθησία (η αναλογία των αληθινών θετικών αποτελεσμάτων) παρουσιάζεται στον άξονα y, που λαμβάνει τιμές από 0 έως 1 (0-100%) και η "1-ειδικότητα" (η αναλογία ψευδών θετικών αποτελεσμάτων) τοποθετείται αντίστοιχα στον x άξονα, που λαμβάνει επίσης τιμές από 0 έως 1 (0-100%). Σε κάθε γράφημα σχηματίζεται και μια διαγώνια γραμμή από την κάτω αριστερή γωνία (0, 0) προς την άνω δεξιά γωνία (1, 1), η οποία χρησιμεύει ως γραμμή αναφοράς, και διαχωρίζει τα χαρακτηριστικά εκείνα μιας δοκιμής τα οποία είναι εντελώς άχρηστα για τη διαφοροποίηση μεταξύ των δύο ομάδων της εξαρτημένης μεταβλητής. Πιο συγκεκριμένα, τα σημεία κατά μήκος αυτής της γραμμής δείχνουν ότι η δοκιμή ανιχνεύει έναν ίσο αριθμό θετικών αληθών (TP) και θετικών ψευδών (FP).

Ανάλογα με την περικλειόμενη επιφάνεια κάτω από την καμπύλη ROC εξαγάγουμε βασικά συμπεράσματα για την ακρίβεια μιας ανάλυσης. Πιο συγκεκριμένα, μία δοκιμή με επιφάνεια:

- $\geq 0,9$  → υψηλή έως πολύ υψηλή ακρίβεια
- Από 0,7 έως 0,9 → μέτρια ακρίβεια
- Από 0,5 έως 0,7 → χαμηλή ακρίβεια
- $\leq 0,5$  → μηδενική ακρίβεια (τυχαίο αποτέλεσμα)



Η καμπύλη ROC είναι επίσης πολύ χρήσιμο εργαλείο για την σύγκριση της διαγνωστικής ακρίβειας δύο ή περισσότερων δοκιμών. Βοηθά ουσιαστικά στην εύρεση της καταλληλότερης δοκιμής για τον εκάστοτε σκοπό αναζητώντας τη δοκιμή με το υψηλότερο αληθές θετικό ποσοστό (True Positive / ευαισθησία) για το χαμηλότερο ψευδές θετικό ποσοστό (FP – False Positive / 1-ειδικότητα). Ουσιαστικά η βέλτιστη καμπύλη ROC είναι εκείνη η οποία συνδέει σημεία όσο το δυνατόν υψηλότερα και μακρύτερα προς τα αριστερά, σχηματίζει δηλαδή μεγάλη επιφάνεια με τους άξονες.

Τέλος ελέγχεται η καλή προσαρμογή του μοντέλου με τη βοήθεια τριών βασικών συντελεστών:

- ***-2 Log likelihood***

Η τιμή αυτή υπολογίζεται με βάση την πιθανότητα εμφάνισης των δεδομένων στο μοντέλο. Σε γενικές γραμμές, μια ακριβής ανάλυση χρησιμοποιεί μοντέλα με όσο το δυνατόν πιο υψηλή πιθανότητα δεδομένων (likelihood).

- ***Cox & Snell Rsquare***

- ***Nagelkerke Rsquare***

Τα δύο αυτά στατιστικά στοιχεία είναι στενά συνδεδεμένα μεταξύ τους και ουσιαστικά συνοψίζουν πόσο επιτυχημένα εξηγείται η μεταβλητότητα των δεδομένων στο μοντέλο. Γενικά προτιμώνται όσο το δυνατόν μεγαλύτερες τιμές αυτών των τετραγώνων R (η Nagelkerke έχει μέγιστη τιμή 1) καθώς δείχνουν ότι το μοντέλο ερμηνεύει σωστότερα και σε μεγαλύτερο βαθμό τη μεταβλητότητα των δεδομένων. Κατά τις αναλύσεις και κατά την προσθαφαίρεση ανεξάρτητων μεταβλητών από το μοντέλο, ελέγχονται οι παραπάνω συντελεστές ώστε να μεγιστοποιούνται στο εκάστοτε δυνατό βαθμό. Εν τέλει, το τελικό μοντέλο είναι εκείνο το οποίο παρουσιάζει μέγιστου συντελεστές καλής προσαρμογής.

#### 4.3.5.1 Γυναίκες Οδηγοί – 1<sup>η</sup> Ανάλυση με βάση τους χωρικούς διαχωρισμούς

Στην ανάλυση αυτή λαμβάνεται ως βασική μεταβλητή η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα και από το επερχόμενο: “headway distance” & “oncoming distance”.

Παρατηρήθηκε κατά την εκτέλεση των αναλύσεων ότι η κατηγορική μεταβλητή «δίπλα στο προπορευόμενο όχημα» (“Next to Headway Car”) και η μεταβλητή «προσπερασμένα οχήματα» (“Cars Overpassed”) δεν είναι μεγάλης σημαντικότητας (0.799 & 0.689 αντίστοιχα) και συνεπώς δεν τις χρησιμοποιούμε κατά τη λογιστική παλινδρόμηση. Μετά την αφαίρεση των μεταβλητών αυτών παρατηρείται μάλιστα βελτίωση της ευαισθησίας του μοντέλου.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.18: Αποτελέσματα Λογιστικής Παλινδρόμησης**

Παρατηρήσεις		Προβλέψεις		
		Δυναμική Συμπεριφορά		% Σωστά
		Μη-Επικίνδυνος	Επικίνδυνος	
<b>Δυναμική Συμπεριφορά</b>	<b>Μη-Επικίνδυνος</b>	73236	699	99,1
	<b>Επικίνδυνος</b>	2510	6842	73,8
% Σωστά				<b>95,5</b>

Όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα των αποτελεσμάτων, το μοντέλο έχει ακρίβεια 95.5%, δηλαδή το ποσοστό αυτό των οχημάτων που μελετάμε παρουσιάζουν συμπεριφορά οδήγησης που μπορεί να περιγραφεί επαρκώς από το μοντέλο αυτό. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζουμε τους εξής επιπλέον δείκτες:

- **Ευαισθησία (Sensitivity):** προκύπτει ως εξής:  $6842 / (6842 + 2510) = 73.8\%$ , δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο

- **Ειδικότητα (Specificity):** προκύπτει ως εξής:  
 $73236 / (73236 + 699) = 99.1\%$ , δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο

Ελέγχουμε ακόμη με την είσοδο των μεταβλητών, τον δείκτη Chi-square=32278,32>>0, καθώς και τα «Λάθος Ποσοστό Επικινδυνότητας (False Positive Rate)» και Λάθος Ποσοστό Μη- Επικινδυνότητας (False Negative Rate) τα οποία είναι συμπληρωματικά της ευαισθησίας και της ειδικότητας αντίστοιχα.

Έπειτα έχοντας τον πίνακα 4.19 των μεταβλητών που μετέχουν στην εξίσωση της λογιστικής παλινδρόμησης εύκολα μπορούμε να συμπεράνουμε το μέγεθος της επιρροής κάθε μεταβλητής στην εξαγωγή του αποτελέσματος.

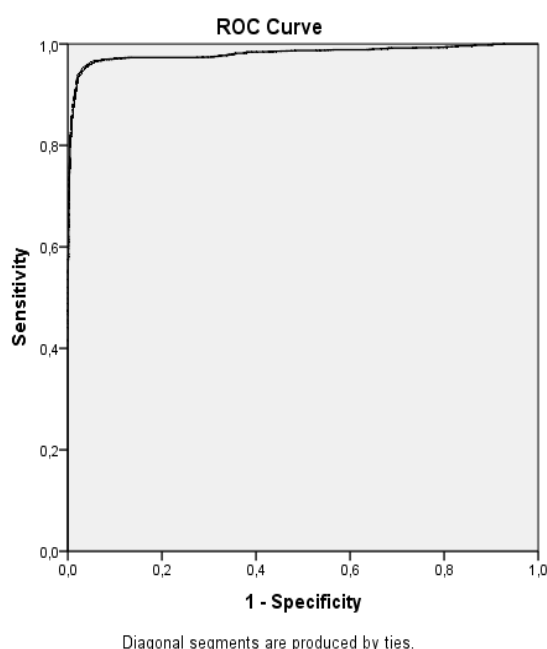
**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.19: Μεταβλητές στην Εξίσωση του 1ου Μοντέλου (γυναίκες)**

Μεταβλητές	B	S.E.	Wald	Df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
<b>MovedIntoOpositeLane</b>	6,809	,101	4541,344	1	0,000	905,667	742,964	1104,001
<b>CorrectedHeadwayDis</b>	-,347	,005	5825,313	1	0,000	,707	,701	,713
<b>OncomeDistance</b>	-,001	,000	321,233	1	,000	,999	,999	1,000
<b>Δspeed</b>	,066	,002	953,159	1	,000	1,068	1,064	1,073
<b>generalattribute</b>	,740	,031	559,519	1	,000	2,095	1,971	2,228
<b>Constant</b>	-2,739	,136	407,039	1	,000	,065		

Συνεπώς η εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης του 1<sup>ου</sup> μοντέλου θα είναι η εξής:

$$\mathbf{odds} = e^{(-2,739 + 6.809MIOL - 0.347HD - 0.001OD + 0.66\Delta S + 0.74GA)}$$

Προκειμένου να ελεγχθεί η ακρίβεια της πρώτης ανάλυσης κατασκευάζεται η καμπύλη ROC και βάσει της εξίσωσης και του πίνακα (4.19) υπολογίζεται επιρροή των μεταβλητών που μετέχουν στην ανάλυση. Ανάλογα με το συνολικό εμβαδό που σχηματίζεται ανάμεσα στους άξονες και την καμπύλη διαπιστώνουμε εάν λειτούργησε σωστά και με μεγάλη ακρίβεια η λογιστική παλινδρόμηση ή όχι. Έχοντας σαν μέγιστο/βέλτιστο εμβαδό το 1,00 η συγκεκριμένη καμπύλη περικλείει με τους άξονες περιοχή εμβαδού 0,981, συνεπώς η πρώτη ανάλυση είναι ικανοποιητική.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.20:** Καμπύλη ROC των αποτελεσμάτων της 1<sup>ης</sup> ανάλυσης

Ως ανεξάρτητη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή ευρέθη η απόσταση (χωρικός διαχωρισμός) από το προπορευόμενο όχημα και κυρίως η διαφορά ανάμεσα στις ταχύτητες του υπό εξέταση οχήματος και του προπορευόμενου ( $\Delta$ Speed). Η συσχέτιση που έχουν αυτές οι μεταβλητές μεταξύ τους είναι αρνητική όσον αφορά στην πρώτη, δηλαδή όσο αυξάνεται η ταχύτητα του

επερχόμενου οχήματος η τάση για επικίνδυνη οδήγηση έχει μειωτική τάση και θετική όσον αφορά στη δεύτερη.

#### 4.3.5.2 Γυναίκες Οδηγοί – 2<sup>η</sup> Ανάλυση με βάση τους χρονικούς διαχωρισμούς

Η μεταβολή των αποστάσεων μεταξύ των οχημάτων θα περιγράφεται μέσω των μεταβλητών “To” & “Th”, δηλαδή των χρονικών διαχωρισμών:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.21: Αποτελέσματα Λογιστικής Παλινδρόμησης**

		Προβλέψεις		
		Δυναμική Συμπεριφορά		% Σωστά
		Μη-Επικίνδυνος	Μη-Επικίνδυνος	
Δυναμική Συμπεριφορά	Μη-Επικίνδυνος	73849	86	99,9
	Επικίνδυνος	6792	2560	27,4
% Σωστά				<b>91,7</b>

Όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα των αποτελεσμάτων, το μοντέλο έχει ακρίβεια 91.7%, δηλαδή το ποσοστό αυτό των οχημάτων που μελετάμε παρουσιάζουν συμπεριφορά οδήγησης που μπορεί να περιγραφεί επαρκώς από το μοντέλο αυτό. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζουμε τους εξής επιπλέον δείκτες:

- **Ευαισθησία (Sensitivity):** προκύπτει ως εξής:  $2560 / (2560 + 6792) = 27.4\%$ , δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο
- **Ειδικότητα (Specificity):** προκύπτει ως εξής:  $73849 / (73849 + 86) = 99.9\%$ , δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο

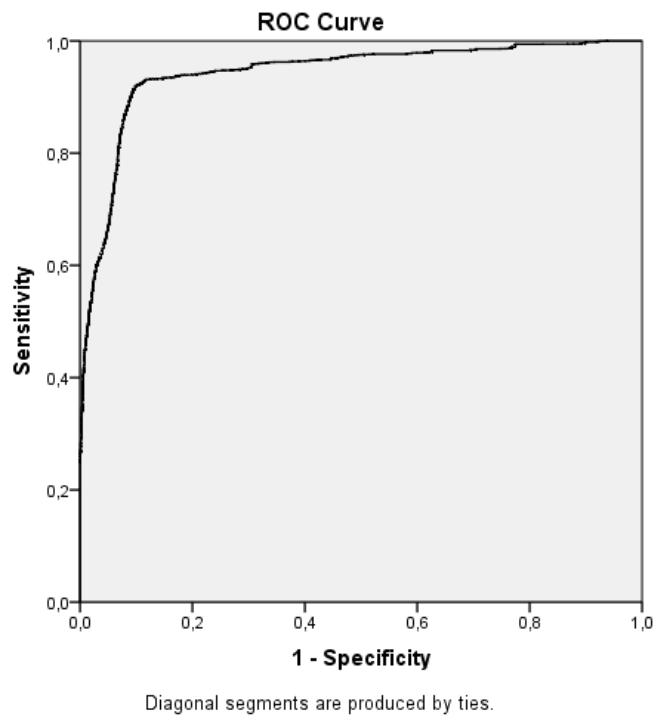
Ελέγχουμε ακόμη με την είσοδο των μεταβλητών, τον δείκτη Chi-square=23705.15>>0.

Έπειτα έχοντας τον πίνακα 4.22 των μεταβλητών που μετέχουν στην εξίσωση της λογιστικής παλινδρόμησης εύκολα μπορούμε να συμπεράνουμε το μέγεθος της επιρροής κάθε μεταβλητής στην εξαγωγή του αποτελέσματος.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.22: Μεταβλητές στην Εξίσωση του 2ου Μοντέλου (γυναίκες)**

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
<b>Moved Into Opposite Lane</b>	4,93	0,082	3618,323	1	0	138,405	739,553	1100,722
<b>Th</b>	- 3,051	0,05	3706,859	1	0	0,047	,701	,713
<b>To</b>	- 0,007	0,001	174,43	1	0	0,993	,999	1,000
<b>Δspeed</b>	-0,04	0,002	570,511	1	0	0,961	1,063	1,073
<b>General Attribute</b>	0,741	0,03	606,994	1	0	2,099	1,965	2,225
<b>Cars Overtaken</b>	0,125	0,01	169,76	1	0	1,133	,985	1,024
<b>Constant</b>	- 4,907	0,675	52,788	1	0	0,007		

Με τον ίδιο τρόπο κατασκευάζεται και η καμπύλη ROC για την 2<sup>η</sup> ανάλυση (χρονικοί διαχωρισμοί). Όπως ήταν αναμενόμενο βάσει του ιδιαίτερα μικρού ποσοστού επιτυχίας πρόβλεψης του αποτελέσματος 1 (risky) για την εξαρτημένη μεταβλητή (dynamic attribute) το οποίο είναι μόλις 27.4%, η καμπύλη περικλείει με τους άξονες περιοχή εμβαδού 0,94. Παρόλο που και η δεύτερη ανάλυση έχει μεγάλο ποσοστό επιτυχίας (91.7%) και σχετικά μεγάλο εμβαδό (0.919), παρατηρείται πως δεν είναι επαρκής στατιστικά καθώς η πολύ μικρή προβλεπτική ικανότητα της επικίνδυνης οδήγησης να μην επηρεάζει αριθμητικά το δείγμα όμως είναι στατιστικά σημαντική η διαφορά των σωστά προβλεφθέντων όσων αφορά στην επιθετική συμπεριφορά. Συνεπώς παρότι και η δεύτερη ανάλυση είναι ιδιαίτερα υψηλής ακρίβειας, επιλέγεται η πρώτη ως πιο ικανοποιητική.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.23:** Καμπύλη ROC των αποτελεσμάτων της 2<sup>ης</sup> ανάλυσης

Όσον αφορά τώρα στις μεταβλητές που παρουσιάζουν μεγάλη συσχέτιση είναι οι ίδιες με την πρώτη ανάλυση, ενώ και εδώ, η συσχέτιση που έχουν αυτές οι μεταβλητές μεταξύ τους είναι αρνητική όσον αφορά στην πρώτη, δηλαδή όσο αυξάνεται η ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος η τάση για επικίνδυνη οδήγηση έχει μειωτική τάση και θετική όσον αφορά στη δεύτερη. Τέλος, όπως προηγουμένως, ελέγχεται η καλή προσαρμογή του μοντέλου με τη βοήθεια των συντελεστών.

### 4.3.5.3 Άνδρες Οδηγοί – 1<sup>η</sup> Ανάλυση με βάση τους χωρικούς διαχωρισμούς

Η μεταβολή των χωρικών διαχωρισμών μεταξύ των οχημάτων θα περιγράφεται μέσω των μεταβλητών “headway distance” & “oncoming distance”.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.24: Αποτελέσματα Λογιστικής Παλινδρόμησης**

		Προβλέψεις		
		Δυναμική Συμπεριφορά		% Σωστά
		Μη-Επικίνδυνος	Επικίνδυνος	
Δυναμική Συμπεριφορά	Μη-Επικίνδυνος	99304	869	99,1
	Επικίνδυνος	3262	5377	64,3
% Σωστά				<b>95,4</b>

Όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα των αποτελεσμάτων, το μοντέλο έχει ακρίβεια 95.40%, δηλαδή το ποσοστό αυτό των οχημάτων που μελετάμε παρουσιάζουν συμπεριφορά οδήγησης που μπορεί να περιγραφεί επαρκώς από το μοντέλο αυτό. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζουμε τους εξής επιπλέον δείκτες:

- **Ευαισθησία (Sensitivity):** προκύπτει ως εξής:  $4677/(4677+3962)= 64.3\%$ , δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο
- **Ειδικότητα (Specificity):** προκύπτει ως εξής:  $99304/(99304+869)= 99.1 \%$ , δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο

Ελέγχουμε ακόμη με την είσοδο των μεταβλητών, τον δείκτη Chi-square= $26945,93 > 0$ .



Έπειτα έχοντας τον πίνακα 4.23a των μεταβλητών που μετέχουν στην εξίσωση της λογιστικής παλινδρόμησης εύκολα μπορούμε να συμπεράνουμε το μέγεθος της επιρροής κάθε μεταβλητής στην εξαγωγή του αποτελέσματος.

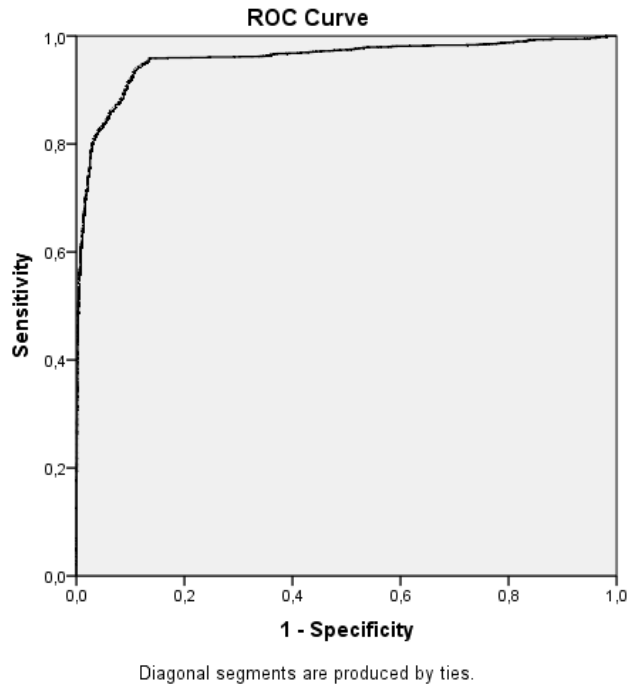
**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.25:** Μεταβλητές στην Εξίσωση του 1ου Μοντέλου (άνδρες)

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for	
							EXP(B)	
							Lower	Upper
<b>MovedIntoOpositeLan</b>	3,877	,072	2923,158	1	0,000	48,284	41,953	55,570
<b>CorrectedHeadwayDis</b>	-,193	,003	3986,527	1	0,000	,824	,819	,829
<b>OncomeDistance</b>	,0004	,000	234,705	1	,000	1,000	1,000	1,000
<b>Δspeed</b>	,026	,002	261,378	1	,000	1,026	1,023	1,029
<b>Generalattribute</b>	2,220	,034	4294,354	1	0,000	9,208	8,616	9,840
<b>Carsovertaken</b>	,155	,008	358,154	1	,000	1,168	1,150	1,187
<b>Constant</b>	-3,390	,116	856,934	1	,000	,034		

Συνεπώς η εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης του 1<sup>ου</sup> μοντέλου θα είναι η εξής:

$$\mathbf{Odds} = e^{(-3.39 + 3.877MIOL + 0.193HD + 0.0004OD + 0.26\Delta S + 2.22GA + 0.155CO)}$$

Προκειμένου να ελεγχθεί η ακρίβεια της πρώτης ανάλυσης κατασκευάζεται η καμπύλη ROC και βάσει της εξίσωσης και του πίνακα (4.23a) υπολογίζεται επιρροή των μεταβλητών που μετέχουν στην ανάλυση. Ανάλογα με το συνολικό εμβαδό που σχηματίζεται ανάμεσα στους άξονες και την καμπύλη διαπιστώνουμε εάν λειτούργησε σωστά και με μεγάλη ακρίβεια η λογιστική παλινδρόμηση ή όχι. Έχοντας σαν μέγιστο/βέλτιστο εμβαδό το 1,00 η συγκεκριμένη καμπύλη περικλείει με τους άξονες περιοχή εμβαδού 0,963, συνεπώς η πρώτη ανάλυση είναι ικανοποιητική.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.26:** Καμπύλη ROC των αποτελεσμάτων της 1<sup>ης</sup> ανάλυσης

Η μεγαλύτερη επιρροή ανεξάρτητης μεταβλητής εντοπίστηκε στον χωρικό διαχωρισμό του προπορευόμενου οχήματος (headway distance) και στη διαφορά ταχυτήτων ( $\Delta$ Speed). Το αποτέλεσμα αυτό είναι εύλογο καθώς οι άνδρες, τείνοντας να αφήνουν μικρότερες αποστάσεις ασφαλείας από το προπορευόμενο όχημα, εξαρτούν περισσότερο την οδηγική τους συμπεριφορά από αυτό. Η συσχέτιση που έχουν αυτές οι μεταβλητές μεταξύ τους είναι αρνητική όσον αφορά στην πρώτη, δηλαδή όσο αυξάνεται η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος η τάση για επικίνδυνη οδήγηση έχει μειωτική τάση και θετική όσον αφορά στη δεύτερη. Τέλος, όπως προηγουμένως, ελέγχεται η καλή προσαρμογή του μοντέλου με τη βοήθεια των συντελεστών.

#### 4.3.5.4 Άνδρες Οδηγοί – 2<sup>η</sup> Ανάλυση με βάση τους χρονικούς διαχωρισμούς

Η μεταβολή των αποστάσεων μεταξύ των οχημάτων θα περιγράφεται μέσω των μεταβλητών “To” & “Th”, δηλαδή τους χρονικούς διαχωρισμούς:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.27:** Αποτελέσματα Λογιστικής Παλινδρόμησης

		Προβλέψεις		
		Δυναμική Συμπεριφορά		% Σωστά
		Μη-Επικίνδυνος	Επικίνδυνος	
Δυναμική Συμπεριφορά	Μη-Επικίνδυνος	100018	155	99,8
	Επικίνδυνος	6117	2522	29,2
% Σωστά				<b>94,2</b>

Όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα των αποτελεσμάτων, το μοντέλο έχει ακρίβεια 94.2%, δηλαδή το ποσοστό αυτό των οχημάτων που μελετάμε παρουσιάζουν συμπεριφορά οδήγησης που μπορεί να περιγραφεί επαρκώς από το μοντέλο αυτό. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζουμε τους εξής επιπλέον δείκτες:

- **Ευαισθησία (Sensitivity):** προκύπτει ως εξής:  $2522 / (2522 + 6117) = 29.2\%$ , δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο
- **Ειδικότητα (Specificity):** προκύπτει ως εξής:  $100018 / (100018 + 155) = 99.8\%$ , δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο

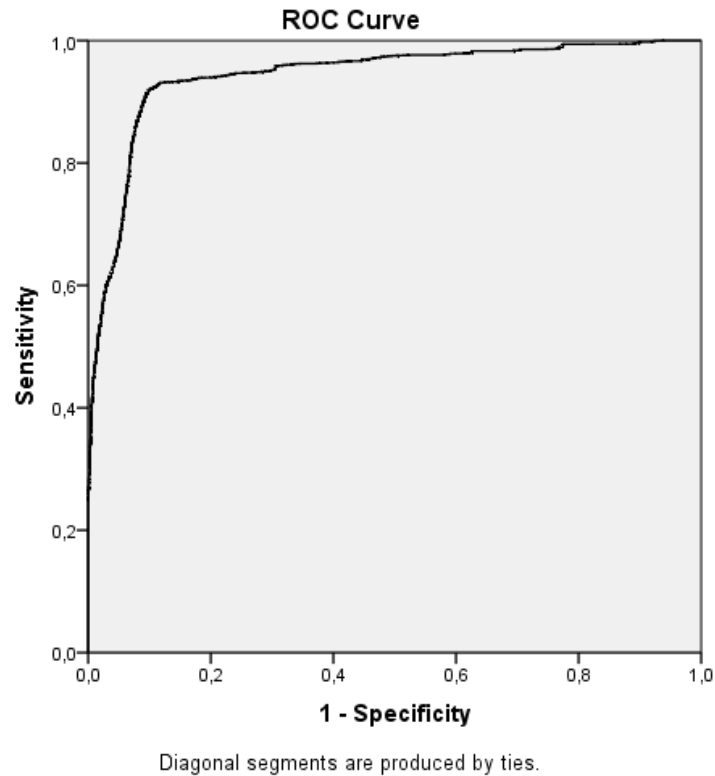
Ελέγχουμε ακόμη με την είσοδο των μεταβλητών, τον δείκτη Chi-square = 27070.28 >> 0.

Έπειτα έχοντας τον παραπάνω πίνακα 4.27 των μεταβλητών που μετέχουν στην εξίσωση της λογιστικής παλινδρόμησης εύκολα μπορούμε να συμπεράνουμε το μέγεθος της επιρροής κάθε μεταβλητής στην εξαγωγή του αποτελέσματος.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.28:** Μεταβλητές στην Εξίσωση του 2<sup>ου</sup> Μοντέλου (άνδρες)

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for	
							EXP(B)	
							Lower	Upper
<b>MovedIntoOpositeLan</b>	4,068	0,071	3282,775	1	0	58,451	41,953	55,57
<b>Δspeed</b>	-3,097	0,046	4504,825	1	0	0,045	0,394	0,561
<b>General attribute</b>	2,462	0,037	4476,532	1	0	11,726	1	1
<b>Cars Overtaken</b>	0,183	0,008	466,415	1	0	1,201	1,023	1,029
<b>To</b>	-0,008	0,001	206,369	1	0	0,992	8,616	9,84
<b>Constant</b>	- 17,983	1190,617	0	1	0,988	0	1,15	1,187

Έπειτα, με τον ίδιο τρόπο κατασκευάζεται και η καμπύλη ROC για την 2<sup>η</sup> ανάλυση (χρονικοί διαχωρισμοί). Όπως ήταν αναμενόμενο βάσει του ιδιαίτερα μικρού ποσοστού επιτυχίας πρόβλεψης του αποτελέσματος 1 (risky) για την εξαρτημένη μεταβλητή (dynamic attribute) το οποίο είναι μόλις 29.2%, η καμπύλη περικλείει με τους άξονες περιοχή εμβαδού 0,94. Παρόλο που και η δεύτερη ανάλυση έχει μεγάλο ποσοστό επιτυχίας (94.2%) και σχετικά μεγάλο εμβαδό, παρατηρείται πως δεν είναι επαρκής στατιστικά καθώς η πολύ μικρή προβλεπτική ικανότητα της επικίνδυνης οδήγησης να μην επηρεάζει αριθμητικά το δείγμα όμως είναι στατιστικά σημαντική η διαφορά των σωστά προβλεφθέντων όσων αφορά στην επιθετική συμπεριφορά. Συνεπώς παρότι και η δεύτερη ανάλυση είναι και αυτή ιδιαίτερα υψηλής ακρίβειας, επιλέγεται η πρώτη ως πιο ικανοποιητική.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.29:** Καμπύλη ROC των αποτελεσμάτων της 2<sup>ης</sup> ανάλυσης

Όσον αφορά τώρα στις μεταβλητές που παρουσιάζουν μεγάλη συσχέτιση είναι οι ίδιες με την πρώτη ανάλυση, και η συσχέτιση που έχουν αυτές οι μεταβλητές μεταξύ τους είναι και εδώ αρνητική όσον αφορά στην πρώτη, δηλαδή όσο αυξάνεται η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος η τάση για επικίνδυνη οδήγηση έχει μειωτική τάση και θετική όσον αφορά στη δεύτερη. Τέλος, όπως προηγουμένως, ελέγχεται η καλή προσαρμογή του μοντέλου με τη βοήθεια των συντελεστών

## 4.4 Σύγκριση Αποτελεσμάτων Ανάλυσης

Από τη δευτερογενή στατιστική ανάλυση προέκυψαν τέσσερα συνολικά τελικά μαθηματικά μοντέλα (δύο για τους άνδρες και δύο για τις γυναίκες) που αποτυπώνουν τις σχέσεις που διέπουν τις εξεταζόμενες μεταβλητές και των παραγόντων που τις επηρεάζουν.

Η ανάλυση της ακρίβειας κάθε δοκιμής γίνεται με χρήση των ROC curves, με τη βοήθεια της επιπλέον στήλης που δημιουργήθηκε στο περιβάλλον εργασίας του SPSS, στο πέρας των στηλών των μεταβλητών, η οποία αναγράφει την πιθανότητα εμφάνισης μίας συγκεκριμένης τιμής. Στην προκειμένη περίπτωση, δεδομένου ότι η εξαρτημένη μεταβλητή παίρνει τιμές 0 και 1, αποθηκεύεται η προβλεπόμενη πιθανότητα της κατηγορίας 1.

Έχοντας επιλέξει τις τελικές αναλύσεις για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα (1<sup>η</sup> ανάλυση – χωρικοί διαχωρισμοί (distances) και στις δύο περιπτώσεις), πραγματοποιείται σύγκριση των εξαγμένων αποτελεσμάτων από τα μοντέλα της λογιστικής παλινδρόμησης που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο σε συνδυασμό με την αναλυτικότερη σύγκριση των εξαχθέντων στοιχείων από τα ερωτηματολόγια (βασικά στοιχεία οδηγών).

Όσον αφορά τώρα στα αποτελέσματα των μοντέλων λογιστικής παλινδρόμησης, οι αναλύσεις της βάσης δεδομένων τόσο των γυναικών όσο και των ανδρών υποδεικνύουν μεγάλη εξάρτηση της πιθανότητας υπολογισμού της εξαρτημένης μεταβλητής (δυναμική συμπεριφορά οδήγησης –dynamic attribute) από τέσσερις ανεξάρτητες μεταβλητές:

- ***ΔSpeed:*** Διαφορά ταχύτητας ανάμεσα στο υπό εξέταση όχημα και το προπορευόμενο
- ***Headway Distance:*** Απόσταση προπορευόμενου οχήματος

- **Oncoming Distance:** Απόσταση επερχόμενου οχήματος
- **Cars Overtaken:** αριθμός οχημάτων που προσπεράστηκαν από το υπό εξέταση όχημα

Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση της βάσης δεδομένων των γυναικών υπέδειξε ως ανεξάρτητη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή την απόσταση του προπορευόμενου οχήματος (headway distance) και έπειτα την διαφορά ανάμεσα στις ταχύτητες του υπό εξέταση οχήματος και του προπορευόμενου ( $\Delta$ Speed). Η συσχέτιση που έχουν αυτές οι μεταβλητές μεταξύ τους είναι αρνητική όσον αφορά στην πρώτη, δηλαδή όσο αυξάνεται η απόσταση του επερχόμενου οχήματος η τάση για επικίνδυνη οδήγηση έχει μειωτική τάση και θετική όσον αφορά στη δεύτερη.

Όμοια, όσον αφορά στους άνδρες, η μεγαλύτερη επιρροή εντοπίστηκε στην απόσταση του προπορευόμενου οχήματος (headway distance) και στη διαφορά ταχυτήτων ( $\Delta$ Speed). Το αποτέλεσμα αυτό είναι εύλογο καθώς οι άνδρες, τείνοντας να αφήνουν μικρότερες αποστάσεις ασφαλείας από το προπορευόμενο όχημα, εξαρτούν περισσότερο την οδηγική τους συμπεριφορά από αυτό. Η συσχέτιση που έχουν αυτές οι μεταβλητές μεταξύ τους είναι αρνητική όσον αφορά στην πρώτη, δηλαδή όσο αυξάνεται η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος η τάση για επικίνδυνη οδήγηση έχει μειωτική τάση και θετική όσον αφορά στη δεύτερη.

Οι συσχετίσεις αυτές είναι αναμενόμενες, καθώς όταν η μεν απόσταση του επερχόμενου οχήματος αυξάνεται (για τις γυναίκες), όπως έχουν δείξει και σχετικές έρευνες (τηρούμενες αποστάσεις και αποδεκτά κενά προσπέρασης, Burney G.M., 1977), τα κενά που δημιουργούνται για προσπέραση μεγαλώνουν και συνεπώς γίνονται αποδεκτά με μεγαλύτερη άνεση και μεγαλύτερα περιθώρια ασφαλείας και συνεπώς η συμπεριφορά των οδηγών τείνει να είναι λιγότερο επικίνδυνη (risky για λιγότερο χρονικό διάστημα). Όμοια, όταν η απόσταση του

προπορευόμενου οχήματος αυξάνεται δημιουργείται μικρότερη ανάγκη για προσπέραση οπότε περιορίζεται και γενικά η τάση για επικίνδυνη οδήγηση.

Η συσχέτιση μεταξύ της ανεξάρτητης μεταβλητής ΔSpeed και της εξαρτημένης είναι θετική. Σημειώνεται ότι η μεταβλητή ΔSpeed δεν είναι σε απόλυτη τιμή, συνεπώς όσο μεγαλύτερη η τιμή της, τόσο μεγαλύτερη η ταχύτητα του προπορευόμενου από το υπό εξέταση όχημα. Το αποτέλεσμα της συσχέτισης αυτής είναι επίσης λογικό καθώς όσο μεγαλύτερη η διαφορά αυτή της ταχύτητας τόσο μεγαλύτερη η τάση του υπό εξέταση οχήματος για προσπέραση γεγονός που οδηγεί σε επικίνδυνες συμπεριφορές τόσο κατά τη διάρκεια της πραγματοποιούμενης προσπέρασης όσο και σε αποτυχημένες απόπειρες ή απότομα φρεναρίσματα.

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές με την μικρότερη επιρροή στο μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης διαφέρουν μεταξύ ανδρών και γυναικών. Αναλυτικότερα, η κατηγορική μεταβλητή “μετακίνηση στην αντίθετη λωρίδα”(“moved into opposite lane”) έχει πολύ μικρή επιρροή τόσο στην ανάλυση των γυναικών όσο και στην ανάλυση των ανδρών.

Όσον αφορά την επιρροή κάθε μεταβλητής στο μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης, κατασκευάζονται οι παρακάτω καμπύλες ευαισθησίας βάσει της θεμελιώδους σχέσης του μοντέλου:

$$\mathbf{odds=Πιθανότητα/(1-Πιθανότητα) \leftrightarrow Πιθανότητα=odds/(1+odds)}$$

Υπολογίζεται αρχικά το εύρος τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών με τη μεγαλύτερη επιρροή και με βάση την εξίσωση του κάθε μοντέλου (odds) παρουσιάζονται σε κοινό πίνακα ανά μεταβλητή τα αποτελέσματα τόσο για τους άνδρες όσο και για τις γυναίκες (1<sup>η</sup> ανάλυση), όπως φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα.



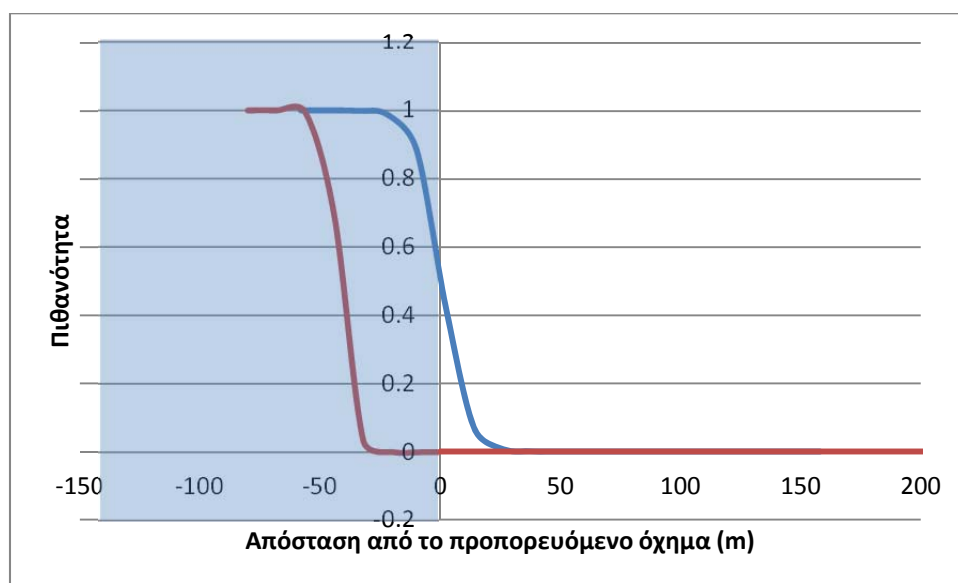
Βάσει των πινάκων 4.19 και 4.25 (γυναίκες και άνδρες αντίστοιχα), οι οποίοι παρουσιάζουν την επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη, εξάγονται βασικά συμπεράσματα για τον τρόπο μεταβολής των odds και συνεπώς της πιθανότητας επικίνδυνης οδήγησης όταν μεταβάλλεται κάποια από τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

Πιο αναλυτικά, με βάση τα  $e^B$  των πινάκων παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η απόσταση από το προπορευόμενο και το επερχόμενο όχημα τόσο μειώνονται τα odds. Για την ακρίβεια, για αύξηση ενός μέτρου της απόστασης του προπορευόμενου οχήματος τα odds των γυναικών μειώνονται κατά  $100(e^B - 1) = 29,3\%$  και των ανδρών κατά  $17.6\%$ . Αντίστοιχη είναι και η μείωση για την απόσταση του επερχόμενου οχήματος με οριακή μείωση  $1\%$  για γυναίκες και άνδρες. Όσον αφορά στη διαφορά ταχυτήτων ωστόσο, για κάθε  $1\text{km/h}$  παρατηρείται αύξηση των odds κατά  $6.8\%$  για τις γυναίκες και  $2.6\%$  για τους άνδρες. Ιδιαίτερα σημαντική επιρροή ωστόσο ασκούν και οι κατηγορικές μεταβλητές «μετακίνηση στην αντίθετη λωρίδα» (“Moved into Opposite Lane”) η οποία, όταν αλλάζει από 0 σε 1 προκαλεί δραματική αύξηση των odds κατά 905 φορές για τις γυναίκες και 49 φορές για τους άνδρες. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει την άμεση εξάρτηση της επικινδυνότητας οδήγησης από το εάν το υπό εξέταση όχημα βρίσκεται στη δική του ή στην αντίθετη λωρίδα. Στην 2<sup>η</sup> περίπτωση η συμπεριφορά του οδηγού χαρακτηρίζεται ουσιαστικά επικίνδυνη μόνον βάσει αυτής της μεταβλητής, ακόμη και εάν όλες οι άλλες υποδεικνύουν μη επικίνδυνη οδήγηση. Όμοια, η μεταβλητή «γενική συμπεριφορά» (“General Attribute”), η οποία δίνει την γενική τάση του οδηγού (επιθετική - αμυντική), επηρεάζει επίσης σε μεγάλο βαθμό τον χαρακτηρισμό της οδήγησης ως επικίνδυνη ή μη, καθώς η μεταβολή της από 0 σε 1 επιφέρει αύξηση  $120\%$  των odds για τις γυναίκες και  $860\%$  για τους άνδρες.

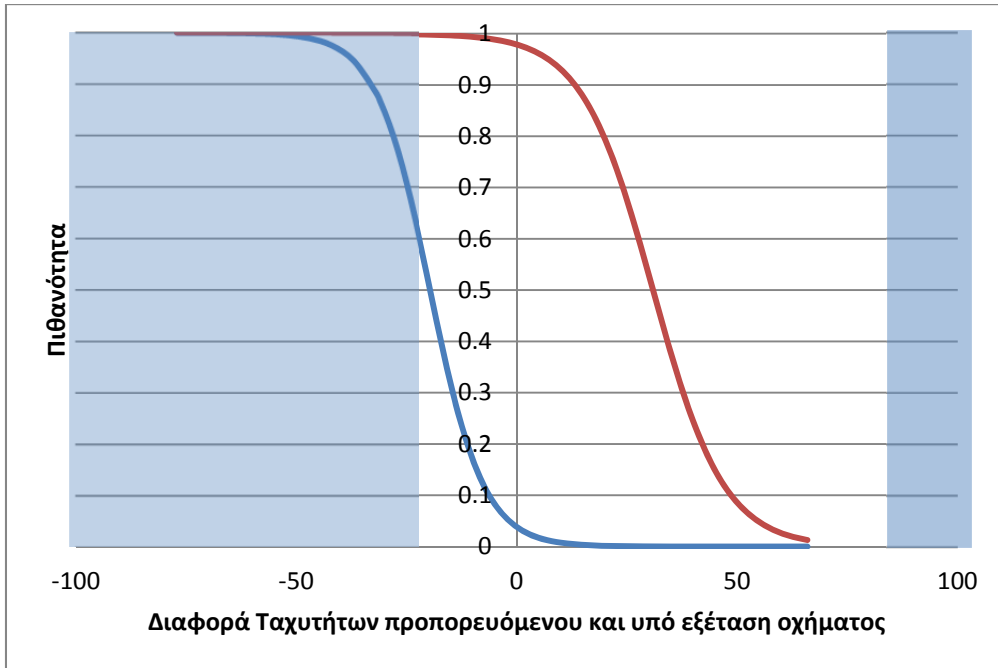
## 4.5 Ανάλυση Ευαισθησίας Συμπεριφοράς Ανδρών-Γυναικών

Προκειμένου να δειχθεί πιο ξεκάθαρα η σιγμοειδής μορφή των καμπυλών ευαισθησίας, επεκτείνουμε το εύρος δεδομένων των υπό εξέταση μεταβλητών και σημειώνουμε με μπλε χρώμα τα τμήματα των διαγραμμμάτων εκτός του εξαγμένου εύρους τιμών από την ανάλυση των δεδομένων.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι καμπύλες ευαισθησίας για τις μεταβλητές με τη μεγαλύτερη επιρροή για τα δεδομένα των ανδρών και γυναικών, με μπλε και κόκκινο χρώμα αντίστοιχα.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.30:** Καμπύλη Ευαισθησίας Ανδρών (κόκκινο) Γυναικών (μπλε) για την απόσταση από το προπορευόμενο όχημα (headway distance)



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.31:** Καμπύλη Ευαισθησίας Ανδρών (κόκκινο) και γυναικών (μπλε) για τη διαφορά ταχυτήτων ( $\Delta Speed$ )

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

---

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 5.1 Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επικινδυνότητας της συμπεριφοράς νέων οδηγών σε υπεραστικές οδούς δυο λωρίδων κυκλοφορίας. Για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων της έρευνας πραγματοποιήθηκε πείραμα σε 57 νέους στην ηλικία οδηγούς στο προσομοιωτή οδήγησης του Εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής του τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ, χρησιμοποιώντας σενάριο οδήγησης ειδικά προγραμματισμένο (από παλαιότερη διπλωματική εργασία) για να ικανοποιεί τις συγκεκριμένες ανάγκες του πειράματος.

Για τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων καθώς και την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων σε ότι αφορά στην πιθανότητα επικίνδυνης

οδήγησης, δεδομένων των κυκλοφοριακών συνθηκών, επιλέχτηκε η εφαρμογή της λογιστικής ανάλυσης της παλινδρόμησης. Οι αναλύσεις έγιναν αρχικά για το σύνολο του δείγματος και στη συνέχεια ξεχωριστά για κάθε φύλο, για να εντοπιστούν και να ποσοτικοποιηθούν τυχόν διαφορές στην αντιμετώπιση των οδικών συνθηκών.

## **5.2 Γενικά Συμπεράσματα – Χαρακτηριστικά Οδηγών**

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των αναλύσεων των μοντέλων και τα στατιστικά στοιχεία της έρευνας, είναι δυνατόν να εξαχθούν συμπεράσματα για τη γενικότερη τάση οδήγησης των δύο φύλων:

Όσον αφορά στους άνδρες:

- Υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ του αριθμού των προσπεράσεων των συμμετεχόντων και της ηλικίας, των χρόνων κατοχής διπλώματος οδήγησης και των χιλιομέτρων που διανύονται εβδομαδιαίως από τους χρήστες
- Εμφανίζουν υψηλότερη μέση ταχύτητα διαδρομής, γεγονός που δείχνει ότι ακολούθησαν μία πιο επικίνδυνη οδηγική συμπεριφορά
- Είχαν υψηλότερη ταχύτητα κατά μέσο και κατ' επέκταση μεγαλύτερη διαφορά ταχύτητας από το προπορευόμενο όχημα
- Δέχονταν μικρότερα κενά τις επερχόμενης κυκλοφορίας για να πραγματοποιήσουν μια προσπέραση
- Προσπερνούσαν συχνότερα και η μέση διάρκεια του ελιγμού της προσπέρασης ήταν μικρότερη
- Για τους άνδρες οδηγούς εξήχθησαν μικρότερα όρια ασφαλείας TTC απ' ότι για τις γυναίκες, με το ίδιο επίπεδο εμπιστοσύνης (95%).

Όσον αφορά στις γυναίκες:

- Διανύουν λιγότερα χιλιόμετρα εβδομαδιαίως από τους άνδρες
- Είχαν μικρότερη μέση ταχύτητα διαδρομής
- Σε ότι αφορά το μέσο χρονικό διαχωρισμό από το προπορευόμενο όχημα, τα δύο φύλα έδειξαν παρόμοια συμπεριφορά.
- Τείνουν να προσπερνούν ή να τολμούν να προσπεράσουν (αποτυχημένες απόπειρες προσπέρασης) με μικρότερη συχνότητα σε σχέση με εκείνη των ανδρών
- Δέχονταν μεγαλύτερα κενά της επερχόμενης κυκλοφορίας, ενώ η μέση διάρκεια του ελιγμού της προσπέρασης ήταν μεγαλύτερη
- Βάσει της ομαδοποίησης, ο μέσος όρος του TTC για τις επιθετικές γυναίκες οδηγούς ήταν περίπου ίσο με τον μέσο όρο των μη επιθετικών ανδρών οδηγών.

## **5.3 Γενικά Συμπεράσματα**

### **5.3.1 Παράγοντες που Επηρεάζουν την Οδήγηση**

Σύμφωνα με τις αναλύσεις των στατιστικών μοντέλων, η οδηγική συμπεριφορά που θα επιλέξει να έχει ένας χρήστης εξαρτάται από δύο βασικές κατηγορίες μεταβλητών:

- **Προσωπικά χαρακτηριστικά οδηγού:**
  - Φύλο
  - Ηλικία
  - Εβδομαδιαίως διανυόμενα χιλιόμετρα

- **Χαρακτηριστικά κυκλοφορίας:**

- Ταχύτητα επερχόμενου οχήματος
- Ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος
- Χωρικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα
- Χωρικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα
- Διαφορά ταχυτήτων με προπορευόμενο όχημα

Ανάλογα με το φύλο και την ηλικία η επιρροή των παραγόντων ποικίλει, ωστόσο έχει, σε όλες τις μελετηθείσες περιπτώσεις, το ίδιο πρόσημο.

Αναλυτικότερα:

- Ο χωρικός διαχωρισμός του προπορευόμενου οχήματος (headway distance) επηρεάζει με αρνητική συσχέτιση την τάση για επικίνδυνη οδήγηση. Δεδομένης αφενός της μείωσης του χρόνου προς κρούση (TTC) όσο ο οδηγός προσεγγίζει το προπορευόμενο όχημα και αφετέρου της αυξανόμενης ανάγκης για προσπέραση, ειδικά για πολύ μικρές τιμές της απόστασης αυτής, διαπιστώνεται ότι ένας οδηγός τείνει να οδηγήσει εντός των ορίων ασφαλείας όταν βρίσκεται μακριά από την υπόλοιπη κυκλοφορία. Τα ίδια ισχύουν και για την απόσταση από το επερχόμενο όχημα
- Η διαφορά ανάμεσα στις ταχύτητες του προπορευόμενου οχήματος και του υπό εξέταση επηρεάζει με θετική συσχέτιση την τάση για επικίνδυνη οδήγηση. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μεταβλητή  $\Delta Speed$  εισάγεται χωρίς απόλυτη τιμή, δηλαδή με θετικό πρόσημο όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται με γρηγορότερη ταχύτητα από το προπορευόμενο και με αρνητικό πρόσημο στην αντίθετη περίπτωση, παρατηρείται ότι η τάση για επικίνδυνη οδήγηση αυξάνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα του υπό εξέταση οχήματος σε σχέση με το προπορευόμενο. Σε τέτοιες περιπτώσεις τα δύο οχήματα πλησιάζουν και συνεπώς το TTC μειώνεται και αυξάνεται παράλληλα η ανάγκη για προσπέραση, γεγονότα που προδίδουν επικίνδυνη οδηγική συμπεριφορά.

- Μεγάλη επιρροή παρουσιάζουν ακόμη οι μεταβλητές που προδίδουν αφενός τη θέση του οχήματος πάνω στο οδόστρωμα (ίδια λωρίδα ή αντίθετη λωρίδα), ενώ η είσοδος στο αντίθετο ρεύμα ουσιαστικά ταυτίζεται με επικίνδυνη συμπεριφορά (κυρίως για τις γυναίκες) και αφετέρου τη γενική τάση οδήγησης (επιθετική – αμυντική) καθώς ένας οδηγός με τάση για επιθετική οδήγηση συνήθως οδηγεί επικίνδυνα (κυρίως όσον αφορά στους άνδρες).

### **5.3.2 Συμπεριφορά Οδηγών**

Βάσει των αποτελεσμάτων των αναλύσεων και λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά κάθε φύλου παρατηρείται ότι:

- η συμπεριφορά των γυναικών χαρακτηρίζεται από εξάρσεις καθώς στιγμές επικινδυνότητας εμφανίζονται χωρίς κάποιο λόγο (αλλαγή ταχύτητας προπορευόμενου οδηγού, απόπειρα προσπέρασης κλπ) και συνήθως διαρκεί μικρά χρονικά διαστήματα
- η συμπεριφορά των ανδρών παρουσιάζει μεγαλύτερη ομοιογένεια καθώς επικίνδυνη οδήγηση εμφανίζεται κατά κύριο λόγο σε στιγμές προσπέρασης και γενικώς δεν χαρακτηρίζεται από εξάρσεις.



## 5.4 Προτάσεις για Συμπληρωματική Έρευνα

Για τη περαιτέρω έρευνα του αντικειμένου της παρούσας διπλωματικής εργασίας ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η διερεύνηση των παρακάτω:

- Η διεύρυνση του στατιστικού δείγματος σε μεγαλύτερο ηλικιακό εύρος, έτσι ώστε να μπορέσουν να επισημανθούν και ποσοτικοποιηθούν τυχόν διαφορές στη συμπεριφορά των διαφόρων ηλικιακών ομάδων, δεδομένου ότι η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται μόνο με την ευπαθή ηλικιακή ομάδα των νέων.
- Η μελέτη επικίνδυνης και μη συμπεριφοράς οδήγησης λαμβάνοντας υπόψη και τον χρόνο αντίδρασης των οδηγών σαν ανεξάρτητη μεταβλητή, ο οποίος έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία.
- Η διερεύνηση επιπλέον παραγόντων από τους τέσσερις βασικούς που εμπλέκονται σε ένα ατύχημα σε συνδυασμό με τις κυκλοφοριακές συνθήκες. Για παράδειγμα, ενδιαφέρουσα θα ήταν μια αντίστοιχη εργασία η οποία θα διερευνά την επιρροή των καιρικών συνθηκών και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού στην συμπεριφορά του οδηγού.
- Η επανάληψη αντίστοιχου πειράματος σε μεγαλύτερο δείγμα οδηγών. Όσο μεγαλύτερο είναι ένα στατιστικό δείγμα τόσο πιο αξιόπιστα αποτελέσματα προκύπτουν και κατ' επέκταση τα μοντέλα που δημιουργούνται έχουν ισχυρότερη επιρροή μεταξύ των μεταβλητών.
- Πολύ σημαντική κρίνεται και η διερεύνηση της συμπεριφοράς των οδηγών κατά την προσπέραση σε όλα τα στάδια αυτής.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Φραντζεσκάκη Ι.Μ., Γκόλια Ι.Κ., «Οδική Ασφάλεια», Παπασωτηρίου, Αθήνα 1994.

Χανδάνος Γ., Πρώτη Ημερίδα Οδικής Ασφάλειας «Διαχείριση Ατυχημάτων σε Οδικά Δίκτυα», Θεσσαλονίκη 2007

Στατιστική Υπηρεσία Τροχαίας Ελλάδος ([www.astynomia.gr](http://www.astynomia.gr))

AASHTO (1994). "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets", Washington, D.C.

Åberg L., Larsen L., Glad A., Beilinsson L. (1997) "Observed Vehicle Speed and Drivers' Perceived Speed of Others"

Assum T. (1997) "Attitudes and road accident risk"

Badsworth (2002). "Safe overtaking".Transportation Research Article

Bar-Gera H., Shinar D. (2005). "The tendency of driver to pass other vehicles" Transportation Research Part F, Vol. 8

Blana E. (1996). "Driving simulator validation studies: A literature review". Institute of Transport Studies. University of Leeds. Leeds. UK.

Boer E. R., (2000). "Experiencing the same road twice: a driver comparison between simulation and reality". Driving Simulation Conference, Paris, France.

Burney G.M. (1977) "Estimation of distances while driving"

Cantin V., Lavalliere M., Simoneau M. and Teadale N. (2009). "Mental workload when driving a simulator: Effects of age and driving complexity", Accident Analysis and Prevention.

Clarke, D.D., P.J. Ward and Jones, J. (1998). "Overtaking Road-Accidents: Differences in maneuver as a Function of Driver Age". Accident Analysis and Prevention.

Cohen, A.S. & Studach, H. (1977). "Eye movements while driving cars around curves. Perceptual & Motor Skills".

Courage C., Dumont E., Gallee G., (2002). "Experimental Validation of extended fog simulation techniques". Driving Simulation Conference, Paris, France.

Deery, H.A. & Love, A.W. (1996). "The effect of a moderate dose of alcohol on the traffic hazard perception profile of young drink-drivers"

Dijkstra A., Drolenga H. (2008). "Safety effects of the route choice in road network: simulation of changing route choice". Research in the framework of the European research program in safety, R-2008-10, SWOV, Leidschendam.

Dingus T.A., Klauer S.G., Neale V.L., Petersen A., Lee S.E. (2006) "The 100-car naturalistic driving study". Phase II: results of the 100-car field experiment.

European Union Statistic Base for Road Safety ([www.europa.eu](http://www.europa.eu))

Farah, H. (2011). "Age and Gender Differences in Overtaking Maneuvers on Two-Lane Rural Highways". Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board.

Forsyth E., Maycock G. and Sexton (1995). "Risk, hazard perception and perceived control". TRL Report. Transport Research Laboratory, Crowthorne, UK.

Hayward J. (1972). "Near miss determination through use of a scale of danger". The Pennsylvania State University, Pennsylvania.

Hegeman G., Tapani A., Hoogendoorn S., (2009) "Overtaking Assistant assessment using traffic simulation". Transportation Research Part C

Highway Capacity Manual, (2000)

Hoffmann E., Mortimer R., (1993). "Drivers' estimates of time to collision". University of Melbourne, Parkville, Victoria, Australia

Kiefer R., LeBlanc D., Flaangan C., (2004) “Developing an inverse time-to-collision crash alert timing approach based on drivers’ last second braking and steering judgements”. Accident Analysis and prevention

Kiefer R., Flannagan C., Jerome C., (2006). Time-to-collision judgements under realistic driving conditions. Human Factors

Lamble D., Kauranen T., Laakso M., Summala H., “Cognitive load and detection thresholds in car following situations: Safety implications for using mobile (cellular) telephones while driving”, Accident analysis and Prevention, 1999

Lauer and Forbes (1930). 'Driving strategies in overtaking'. Accident Analysis & Prevention, 1982.

Laureshyn A, Svensson A, Hyden C., “Evaluation of traffic safety based on micro-level behavior data: Theoretical network and first implementation”, Elsevier, 2010

Lay MG (1984) "The interaction between driver behaviour and road design factors"

Leung S. Starmer G. (2006). Gap-acceptance and risk-taking by Young and Mature drivers, both Sober and Alcohol-Intoxicated, in a Simulated driving task. The University of Sydney, Department of Pharmacology, Blackburn Building D06, Sydney, NSW 2006, Australia

Makishita H., Matsunaga K., (2008) “Differences of drivers' reaction times according to age and mental workload”

McNally and Titchener, K. (2012). “The role of affective processes on young drivers’ risk perceptions: a dual process model approach, Journal of Risk Research”

Minderhound M., Bovy L., (2000). “Extended time-to-collision measures for road traffic safety assessment”. Accident analysis and prevention

Mohaymany, A. S., Kashani, A. T., Ranjbari, A. (2010). "Identifying Driver Characteristics Influencing Overtaking Crashes, Traffic Injury Prevention"

Moscari T., (2009) "Analysis of the overtaking behavior of motor vehicle drivers". Acta Technica Jaurinensis

Moskowitz H., Robinson C.D., (1988). "Effects of low doses of alcohol on driving-related skills: A review of the evidence"

Mourant, R.R. & Rockwell, T.H. (1970). "Mapping eye-movement patterns to the visual scene in driving: An exploratory study. Human Factors"

Nantaanen and Summala (1978). "Modeling driver behavior: a pessimistic prediction? In: L. Evans & R. C. Schwing, Human behavior and traffic safety (pp. 43±61). New York: Plenum Press

Quimby A.R., Watts G.R. (1981). "Human factors and driving performance "

Rajalin, S., Hassel S.O., Summala H., (1997). "Close-following drivers on two-lane highways" Accident Analysis and Prevention.

Regan D., Hamstra S. (1992). "Dissociation of discrimination thresholds for time to contact and for rate of angular expansion". Vision Res vol.33

Richmund M. De Leon M., Primitivo C., Ricardo G., (2005) "Estimation Of Socio-Economic Cost Of Road Accidents"

Roberts, K.M. (1980). "The FHWA highway driving simulator. Public Roads".

Shinar D., McDowell E.D., Rockwell T.H., (1977). "Eye movements in curve negotiation". Human Factors

Van der Horst R. (1991). "Time-to-collision as a cue for decision making in braking" In: Gale A., Brown I., Haslegrave C., Moorhead I.,

Taylor S. (Eds.), Vision in vehicles III. North Holland/Elsevier, Amsterdam pp. 19-26.

Vlahogianni, E. I. and Golias, J.C. (2012). "Bayesian modeling of the microscopic traffic characteristics of overtaking in two-lane highways" Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour.

Vogel K. (2002). "A comparison of headway and time to collision as safety indicators". Accident analysis and prevention

Wang Y., Cartmell M. P., (1998) "New Model for Passing Sight Distance on Two-Lane Highways"

West, R., Train, H., Junger, M., Pickering, A., Taylor, E., & West, A. (1998). "Childhood accidents and their relationship with problem behavior". London: Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR).