



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ  
ΥΠΟΔΟΜΗΣ

---

# Ανάλυση Δεικτών Επικινδυνότητας Οδήγησης

σε Υπεραστικές Οδούς δυο Λωρίδων  
Κυκλοφορίας

---



Διπλωματική Εργασία  
**Ρομποτής Νικόλαος**

Επιβλέπουσα:  
**Ε. Βλαχογιάννη**

**Αθήνα, Μάρτιος 2015**





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ  
ΥΠΟΔΟΜΗΣ

---

Ανάλυση Δεικτών  
Επικινδυνότητας Οδήγησης  
σε Υπεραστικές Οδούς δυο Λωρίδων  
Κυκλοφορίας

---

Διπλωματική Εργασία  
**Ρομποτής Νικόλαος**

Επιβλέπουσα:  
**Ε. Βλαχογιάννη**

**Αθήνα, Μάρτιος 2015**



# **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, Πρύτανη ΕΜΠ 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, Επίκουρο Καθηγήτρια 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 και φίλους μου για όλη την ψυχική στήριξη που μου παρείχαν. Ειδικότερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Θεοχάρη Τσιούρη, την Γεωργία Καραδήμα και τον Βασίλη Δικόπουλο για την αμέριστη βοήθεια τους 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

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 λωρίδα ανά κατεύθυνση. Αντικείμενο πολλών ερευνητών, είναι η ανάλυση των παραγόντων επικινδυνότητας καθώς επίσης και η εξαγωγή δεικτών που υπολογίζουν τον αντίκτυπο της επικίνδυνης συμπεριφοράς στην κυκλοφορία και την οδική ασφάλεια.

Η συγκεκριμένη έρευνα έχει στόχο την ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων που θα περιγράφουν την μεταβλητότητα των δεικτών επικινδυνότητας TTC και TET σε σχέση με κυκλοφοριακά στοιχεία και μεγέθη. 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. Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων εφαρμόστηκαν μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης. Τα μοντέλα περιελάμβαναν τόσο διακριτές όσο και ποσοτικές μεταβλητές και αξιολογήθηκαν ως προς την ερμηνευτική ικανότητά τους, την ισχύ των υποθέσεων στις οποίες βασίζονται και την καταλληλότητά τους όσον αφορά το εύλογο των αποτελεσμάτων τους.

Από τα αποτελέσματα εμφανίστηκε σαφής διαφοροποίηση στην οδηγική συμπεριφορά των δύο φύλων, κυρίως σε ότι αφορά την ταχύτητα οδήγησης και τις αποστάσεις από τα άλλα οχήματα. Επίσης, προέκυψε ότι τα μικροσκοπικά κυκλοφοριακά μεγέθη (αποστάσεις προπορευόμενου και επερχόμενου οχήματος), ο αριθμός προσπεράσεων, το ρεύμα κίνησης καθώς και το φύλο του οδηγού, επηρεάζουν σημαντικά τους δείκτες επικινδυνότητας TTC και TET.





# **ABSTRACT**

Analyzing the risk factors as well as identifying indicators of risky behavior during driving and its effect on traffic operations and road safety is of outmost importance. Previous researches have underlined the high risk levels of young drivers and the increased likelihood of having an accident in two lane highways.

This research aims to develop statistical models to describe the risk indicators Time-To-Collision (TTC) and Time Exposed Time-To-Collision (TET) with respect to factors such as the microscopic traffic characteristics, the gender, the frequency of overtaking and so on in two lane highways . Data collection was based on a driving simulator experiment through which data were gathered concerning the speeds of all vehicles involved, their relative distances etc. For the statistical analysis of data, linear regression models were developed. The models included both discrete and quantitative variables and evaluated for their interpretative ability, validity of assumptions are based and their properness regarding to the reasonableness of the results.

The results showed a clear differentiation in driving behavior between male and female drivers, especially in terms of driving speeds and distances from other vehicles. Furthermore, traffic headway and oncome spacing, the number of successful overtaking attempts, the traffic stream and gender of the driver, significantly affect the risk indicators TTC and TET.



# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βασικός στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η επιλογή του κατάλληλου γραμμικό υποδείγματος για την όσο δυνατόν πληρέστερη ανάλυση των βασικότερων δεικτών περιγραφής της επικινδυνότητας, τον χρόνο για σύγκρουση (time-to-collision TTC) και τον χρόνο έκθεσης σε χρόνο για σύγκρουση (time exposed time-to-collision TET) σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Τα παραπάνω υποδείγματα στηρίζονται σε τρεις βασικές αρχές: 1) Το υπόδειγμα πρέπει να είναι εύλογο, δηλαδή οι σχέσεις της εξαρτημένης με τις ανεξάρτητες μεταβλητές να δικαιολογούνται από τη θεωρία της επιστήμης. 2) Το υπόδειγμα θα πρέπει να είναι λιτό, δηλαδή να αποτελείται από ένα μικρό σύνολο ανεξάρτητων μεταβλητών. 3) Το υπόδειγμα να ερμηνεύει ένα μεγάλο ποσοστό της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής.

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 την επίτευξη του στόχου της παρούσας έρευνας, η πρωταρχική βάση δεδομένων που εξήχθη από τον προσομοιωτή εμπλουτίστηκε με προσθήκη επιπλέον μεταβλητών ώστε να περιγραφεί ουσιαστικότερα και αναλυτικότερα η οδηγική συμπεριφορά των συμμετεχόντων στο πείραμα.

Στη συνέχεια, ακολούθησε η στατιστική ανάλυση της τελικής βάσης δεδομένων. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η πρωταρχική στατιστική ανάλυση της βάσης δεδομένων από την οποία προκύπτει ότι, οι γυναίκες εμφανίζονται ως πιο συντηρητικοί οδηγοί έναντι των αντρών τόσο ως προς τη μέση ταχύτητα οδήγησης, όσο και ως προς τις αποστάσεις που κρατούν από τα προπορευόμενα και επερχόμενα οχήματα. Τόσο οι άντρες όσο και οι γυναίκες αναπτύσσουν σημαντικά μεγαλύτερες ταχύτητες όταν κινούνται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Αυτό εξηγείται λογικά αφού η κίνηση στο αντίθετο ρεύμα γίνεται κυρίως για λόγους προσπέρασης.

Έπειτα, πραγματοποιείται η διερεύνηση του χρόνου που μεσολαβεί έως την πρόσκρουση μεταξύ οχημάτων. Αρχικά, η διερεύνηση αυτή γίνεται με βάση το φύλο και το ρεύμα κίνησης του υπό εξέταση οχήματος. Έπειτα, παρουσιάζεται ο χρόνος κρούσης με βάση τις σχετικές ταχύτητες και το ρεύμα κίνησης των οχημάτων. Για την επιλογή του κατάλληλου

γραμμικό υποδείγματος για την TTC και την TET\_5 έγινε σχετική προετοιμασία, ώστε να ανιχνευτούν οι κατάλληλες μεταβλητές. Κατά την προετοιμασία υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson βάσει του οποίου γίνεται έλεγχος γραμμικής συσχέτισης, ανά δύο, στις ποσοτικές. Στη συνέχεια, με τη χρήση διαγραμμάτων διάχυσης έγινε απεικόνιση της TTC και της TET\_5 με κάθε μια από τις ποσοτικές μεταβλητές, ώστε να ανιχνευτεί το είδος και η κατεύθυνση των σχέσεων. Στη συνέχεια, η διερεύνηση του χρόνου που μεσολαβεί έως την πρόσκρουση μεταξύ οχημάτων γίνεται με την προσαρμογή υποδειγμάτων πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Από την ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων προκύπτει ότι, τόσο ο δείκτης TTC όσο και ο TET , επηρεάζονται σημαντικά από το ρεύμα κίνησης του υπό εξέταση οχήματος ,το φύλο του οδηγού, τον αριθμό των προσπεράσεων καθώς και από τις αποστάσεις μεταξύ του υπό εξέταση οχήματος με τα προπορευόμενα και τα επερχόμενα οχήματα. Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκε ισχυρός βαθμός επιρροής των ταχυτήτων των εμπλεκόμενων οχημάτων στους παραπάνω δείκτες.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	i
ΣΥΝΟΨΗ.....	iii
ABSTRACT .....	v
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	vii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	ix
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	xi
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	xi
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xiv
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο.....	1
1.1 Υπεραστικές Οδοί δύο Λωρίδων .....	1
1.1.1 Εξάρτηση Οδηγού από Κυκλοφορία .....	3
1.1.2 Προσπέραση και Ηλικία.....	3
1.1.3 Η Σημασία του Φύλου στην Προσπέραση .....	5
1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας .....	5
1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας .....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο.....	9
2.1 Ορισμός της Επικινδυνότητας .....	10
2.2 Παράγοντες Επικινδυνότητας .....	10
2.3 Δείκτες Περιγραφής της Επικινδυνότητας.....	10
2.3.1 Ο Δείκτης TTC και Οριακές Τιμές Ασφαλείας .....	11
2.3.2 Ο Δείκτης Ασφαλείας TET .....	12
2.3.3 Η Συμβολή του Δείκτη TIT .....	13
2.3.4 Ο Δείκτης Επικινδυνότητας RT .....	14
2.4 Είδη Ερευνών.....	15
2.4.1 Αναλυτικές Έρευνες.....	15
2.4.2 Μετρήσεις Πεδίου .....	16
2.4.3 Προσομοιωτές Οδήγησης.....	16
2.5 Σύνοψη Βιβλιογραφίας .....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο.....	19
3.1 Επιλογή Μεθόδου Ανάλυσης Δεδομένων .....	20

3.2 Προσομοιωτές Οδήγησης.....	20
3.2.1 Γενικά Στοιχεία.....	20
3.2.2 Εγκυρότητα & Αξιοπιστία Προσομοιωτών.....	22
3.3 Μεθοδολογία Ανάλυσης Δεδομένων.....	24
3.3.1 Διεξαγωγή Πειράματος .....	24
3.3.2 Σενάρια Οδήγησης.....	26
3.4 Δημιουργία Βάσης Δεδομένων .....	27
3.5 Στατιστική Ανάλυση .....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο.....	33
4.1 Σκοπός και Στόχοι της Στατιστικής Ανάλυσης.....	33
4.2 Περίγραμμα της Στατιστικής Ανάλυσης.....	33
4.3 Περιγραφή Μεταβλητών – Παρουσίαση Δεδομένων .....	34
4.3.1 Το υπό εξέταση όχημα .....	34
4.3.2 Το προπορευόμενο όχημα .....	36
4.3.3 Το επερχόμενο όχημα .....	37
4.3.4 Οι Σχετικές Ταχύτητες των Οχημάτων .....	38
4.3.5 Ο Χρόνος Σύγκρουσης .....	39
4.4 Συμπεριφορά Οδήγησης με βάση το Φύλο .....	40
4.5 Χωρικοί Διαχωρισμοί και Σχετικές ταχύτητες .....	44
4.6 Χρόνος για Σύγκρουση σε σχέση με Φύλο και Ρεύμα Κυκλοφορίας.....	46
4.7 Ο Χρόνος για Σύγκρουση σε σχέση με τις Σχετικές Ταχύτητες και το Ρεύμα Κίνησης.....	48
4.8 Έλεγχος Συσχέτισης.....	51
4.9 Διαγραμματική Απεικόνιση .....	51
4.9.1 Η Σχέση της TTC και της TET <sub>5</sub> με την Απόσταση από το Επερχόμενο Όχημα.....	51
4.9.2 Η Σχέση της TTC και της TET <sub>5</sub> με την Απόσταση από το Προπορευόμενο Όχημα .....	54
4.9.3 Η Σχέση της TTC και της TET <sub>5</sub> με την Ταχύτητα του Επερχόμενου Αυτοκινήτου .....	56

4.9.4 Η Σχέση της TTC και της TET <sub>5</sub> με τον αριθμό των Αυτοκινήτων που έχουν Προσπεραστεί.....	59
4.10 Γραμμικό Υπόδειγμα για TTC .....	60
4.10.1 Παρουσίαση του Γραμμικού Μοντέλου.....	60
4.10.2 Αξιοπιστία του Γραμμικού Μοντέλου.....	61
4.10.3 Φραγμένο Γραμμικό Υπόδειγμα για TTC .....	66
4.11 Γραμμικό Υπόδειγμα για TET <sub>5</sub> .....	66
4.11.1 Παρουσίαση του Γραμμικού Μοντέλου.....	66
4.11.2 Αξιοπιστία του Γραμμικού Μοντέλου.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο.....	73
5.1 Εισαγωγή .....	73
5.2 Βασικά Συμπεράσματα .....	74
5.3 Προτάσεις για Συμπληρωματική Έρευνα.....	75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	77

## **ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ**

ΕΙΚΟΝΑ 1 : Φωτογραφία του προσομοιωτή οδήγησης (Driving Simulator FPF). .....	24
ΕΙΚΟΝΕΣ 2&3 : Ο μοχλός ταχυτήτων και το χειρόφρενο (δεξιά) και η κόρνα – enter για το πρόγραμμα του Προσομοιωτή .....	25
ΕΙΚΟΝΕΣ 4&5 : Το τιμόνι μαζί με το καντράν του προσομοιωτή και τα πεντάλ. ....	26

## **ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 : Αριθμός συνόλου ατυχημάτων λόγω εισόδου στο αντίθετο ρεύμα από το 2000 έως το 2006 στην Ελλάδα. ....	4
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2 : Ορισμός "χρόνου για κρούση" (Time to Collision – TTC) βάσει του ορισμού του Hayward (Πηγή: Miderhoud et al., 2000).....	11
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3 : Τροχιές οχημάτων που παρατηρούνται σε κομμάτι δρόμου μήκους L για χρονική περίοδο H. ....	13
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4 : Ορισμός και σχηματική απεικόνιση των δεικτών TET και TIT (Πηγή: Minderhoud και Bovy, 2001).....	14
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5 : Διάγραμμα Ροής μεθοδολογικής προσέγγισης. ....	24

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6 :Ιστόγραμμα κατανομής σεναρίων ανα φύλο και ρεύμα κίνησης.....	34
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7 :Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας του υπό εξέταση οχήματος για το σύνολο των μετρήσεων. ....	35
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8 :Ιστόγραμμα συχνοτήτων του πλήθους των προσπεράσεων που έχουν καταγραφεί.....	35
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9 :Ιστόγραμμα συχνοτήτων της απόστασης υπό εξέταση-προπορευόμενου αυτοκινήτου για το σύνολο των μετρήσεων. ....	36
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10 :Ιστόγραμμα συχνοτήτων της ταχύτητας του προπορευόμενου αυτοκινήτου για το σύνολο των μετρήσεων. ....	36
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11 :Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας της ταχύτητας του επερχόμενου αυτοκινήτου.....	37
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12 :Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας της απόστασης υπό εξέταση-επερχόμενου αυτοκινήτου. ....	37
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13 :Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων των σχετικών ταχυτήτων μεταξύ των υπό εξέταση οχημάτων και των προπορευόμενων. ....	38
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14 :Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων των σχετικών ταχυτήτων μεταξύ των υπό εξέταση οχημάτων και των επερχόμενων. ..	38
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 15 :Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων της μεταβλητής TTC.....	39
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 16 : Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων της μεταβλητής TET.....	39
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 17 : Διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων ταχυτήτων των υπό εξέταση οχημάτων ανά φύλο.....	40
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 18 : Διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων αποστάσεων των υπό εξέταση οχημάτων με τα προπορευόμενα ανα φύλο. ....	41
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 19 : Διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων αποστάσεων των υπό εξέταση οχημάτων με τα επερχόμενα ανά φύλο. ....	41
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 20 :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ ταχύτητας υπό εξέταση οχήματος-ρεύμα κίνησης-φύλο.....	42
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 21 :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ απόστασης από προπορευόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης-φύλο. ....	43
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 22 :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ απόστασης από επερχόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης-φύλο. ....	43
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 23 :Διαστήματα εμπιστοσύνης σχετικών ταχυτήτων-απόστασης από προπορευόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης. ....	45
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 24 :Διαστήματα εμπιστοσύνης σχετικών ταχυτήτων-απόστασης από επερχόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης. ....	46
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 25 :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ TTC-ρεύμα κίνησης-φύλο.....	48



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 26 :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ TET-ρεύμα κίνησης-φύλο.....	48
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 27 :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ TTC-σχετικών ταχυτήτων-ρεύμα κίνησης.....	50
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 28 :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ TET-σχετικών ταχυτήτων-ρεύμα κίνησης.....	50
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 29 :Απεικόνιση σχέσεων TTC-απόσταση από επερχόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης. ....	52
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 30 :Απεικόνιση σχέσεων TET-απόσταση από επερχόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης. ....	52
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 31 :Απεικόνιση σχέσεων TTC-απόσταση από επερχόμενο όχημα-φύλο.....	53
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 32 :Απεικόνιση σχέσεων TET-απόσταση από επερχόμενο όχημα-φύλο.....	54
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 33 :Απεικόνιση σχέσεων TTC-απόσταση από προπορευόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης. ....	55
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 34 :Απεικόνιση σχέσεων TET-απόσταση από προπορευόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης. ....	55
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 35:Απεικόνιση σχέσεων TTC-απόσταση από προπορευόμενο όχημα-φύλο. ....	56
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 36 :Απεικόνιση σχέσεων TET-απόσταση από προπορευόμενο όχημα-φύλο. ....	56
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 37 :Απεικόνιση σχέσεων TTC-ταχύτητα επερχόμενου οχήματος-ρεύμα κίνησης.....	57
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 38 :Απεικόνιση σχέσεων TET- ταχύτητα επερχόμενου οχήματος -ρεύμα κίνησης.....	57
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 39 :Απεικόνιση σχέσεων TTC-ταχύτητα επερχόμενου οχήματος-φύλο.....	58
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 40 :Απεικόνιση σχέσεων TTC-ταχύτητα επερχόμενου οχήματος-φύλο.....	58
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 41 :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ TTC-αριθμός προσπεράσεων-ρεύμα κίνησης. ....	59
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 42 :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ TET-αριθμός προσπεράσεων-ρεύμα κίνησης. ....	59
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 43 :Απεικόνιση σχέσεων lnTTC-ταχύτητα επερχόμενου οχήματος.....	63
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 44 :Απεικόνιση σχέσεων lnTTC-απόσταση από επερχόμενο όχημα. ....	63
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 45 :Απεικόνιση σχέσεων lnTTC-απόσταση από προπορευόμενο όχημα. ....	64
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 46 :Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων της lnTTC. ....	64

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 47 :Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων των καταλοίπων. .....	65
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 48 :Απεικόνιση διάχυσης των καταλοίπων στο εύρος της lnTTC. ....	65
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 49 :Απεικόνιση της lnTET-ταχύτητα επερχόμενου οχήματος. ....	69
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 50 :Απεικόνιση της lnTET-απόσταση από προπορευόμενο όχημα. ....	70
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 51 :Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων της lnTET. ....	70
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 52 :Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων των καταλοίπων.	71
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 53 :Απεικόνιση διάχυσης των καταλοίπων στο εύρος της lnTET. ....	71

## **ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ**

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 :Σύνολο ατυχημάτων στην Ελλάδα (πηγή : Ε.Σ.Υ.Ε.). ....	3
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : Οι μεταβλητές που αποθηκεύονται στα Logfiles κατά το πείραμα. ....	27
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : Τελική μορφή αποθήκευσης μεταβλητών στη βάση δεδομένων. ....	28
ΠΙΝΑΚΑΣ 4 :Ποσοστιαία κατανομή των σεναρίων ανα φύλο και ρεύμα κίνησης. ....	34
ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά ροής με βάση το φύλο του οδηγού των υπό εξέταση οχημάτων. ....	40
ΠΙΝΑΚΑΣ 6 :Συσχετισμοί σχετικών ταχυτήτων-σχετικών αποστάσεων- ρεύμα κίνησης. ....	44
ΠΙΝΑΚΑΣ 7 :Οι χρόνοι σύγκρουσης αναφορικά με το φύλο και το ρεύμα κίνησης. ....	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 8 :Συσχετισμοί χρόνων κρούσης-σχετικών ταχυτήτων-ρεύμα κίνησης. ....	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 9 :Έλεγχος συσχέτισης ποσοτικών μεταβλητών. ....	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 10 :Ο συντελεστής προσδιορισμού R <sup>2</sup> . ....	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 11 :Έλεγχος F-statistic. ....	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 12 :Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας t-statistics. ....	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 13 :Συσχετισμοί ανεξάρτητων μεταβλητών. ....	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 14 :Συντελεστές ανεξάρτητων μεταβλητών για lnTTC<2,5....	66
ΠΙΝΑΚΑΣ 15 :Ο συντελεστής προσδιορισμού R <sup>2</sup> . ....	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 16 :Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας F-statisic. ....	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 17 :Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας t-statistics. ....	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 18 :Συσχετισμοί ανεξάρτητων μεταβλητών. ....	69

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο**

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1 Υπεραστικές Οδοί δύο Λωρίδων**

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 αντανakλαστικών τους σε περιπτώσεις όπως η υπερβολική κούραση και η οδήγηση υπό την επίρεια 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 Εξάρτηση Οδηγού από 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:

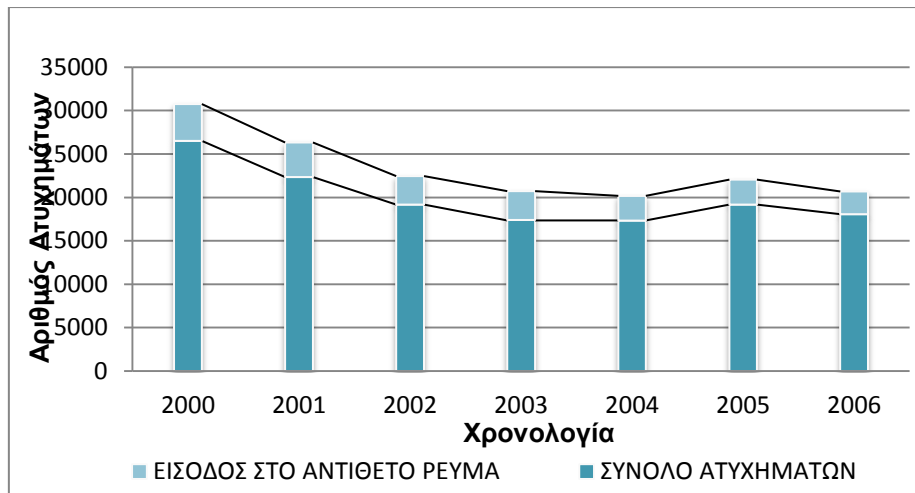
- οι Ταχύτητες (Åberg et al., 1997):
  - η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος
  - η ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος
  - η διαφορά ταχυτήτων του οχήματος από τα υπόλοιπα
- οι αποστάσεις του οχήματος από τα υπόλοιπα (Burney G. M., 1977)
- το αποδεκτό προσφερόμενο κενό ανάμεσα στο όχημα που προσπερνά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

### 1.1.2 Προσπέραση και Ηλικία

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.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1 :Σύνολο ατυχημάτων στην Ελλάδα (πηγή : Ε.Σ.Υ.Ε.).**

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



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 : Αριθμός συνόλου ατυχημάτων και ατυχημάτων λόγω εισόδου στο αντίθετο ρεύμα από το 2000 έως το 2006 στην Ελλάδα.**

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.

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 αντανακλαστικά 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).

### **1.1.3 Η Σημασία του Φύλου στην 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' ότι 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 οδήγησης, ενώ έχει σταθερά όρια ασφαλείας όσον αφορά τους δείκτες επικινδυνότητας (TTC κλπ). Στην έρευνα αυτή η συμπεριφορά του οδηγού διερευνάται ως δυναμικό μέγεθος το οποίο συνεχώς αλλάζει και συνεπώς υπόκειται σε διαφορετικά όρια ασφαλείας κάθε στιγμή. Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη στατιστικών προτύπων για την περιγραφή της σχέσης μεταξύ των μικροσκοπικών χαρακτηριστικών της

κυκλοφοριακής ροής σε οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας και άλλων παραγόντων, όπως η κυκλοφορία στο αντίθετο ρεύμα, το φύλο του οδηγού κ.α. με τους δείκτες επικινδυνότητας που περιγράφουν τον χρόνο για την σύγκρουση. Η ανάλυση βασίζεται σε διεξαγωγή πειράματος 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). Από το πείραμα αποθηκεύονται αυτόματα στη βάση δεδομένων του προσομοιωτή 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 χωρικοί και χρονικοί διαχωρισμοί. Στη συνέχεια, θα αναπτυχθούν στατιστικά μοντέλα θέτοντας ως εξαρτημένες μεταβλητές τους χρόνους κρούσης TTC και TET, και θα επεξηγηθεί επαρκώς η σχέση που διέπει την εξαρτημένη μεταβλητή με τις ανεξάρτητες, ώστε να ποσοτικοποιηθεί η επιρροή καθενός από αυτούς τους παράγοντες.

### **1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας**

Η βασική δομή της διπλωματικής εργασίας μέσω συνοπτικής αναφοράς στο περιεχόμενο των κεφαλαίων της:

- **Κεφάλαιο 1ο**

Πραγματοεύεται πρωταρχικά στοιχεία για την καλύτερη κατανόηση του αντικείμενου 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 2ο**

Περιλαμβάνει την βιβλιογραφική ανασκόπηση σε έρευνες και σε 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 3ο**

Αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας. Αρχικά γίνεται μια εισαγωγή στη χρήση του προσομοιωτή 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 4ο**

Παρουσιάζει τη στατιστική επεξεργασία της τελικής βάσης δεδομένων. Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία συνοδεύονται από τα αντίστοιχα μαθηματικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν.

- **Κεφάλαιο 5ο**

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 2ο**

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

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

## 2.1 Ορισμός της Επικινδυνότητας

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).

### **Επικινδυνότητα: Επίπτωση x Κίνδυνος**

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

## 2.2 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
- Το περιβάλλον και οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες

## 2.3 Δείκτες Περιγραφής της Επικινδυνότητας

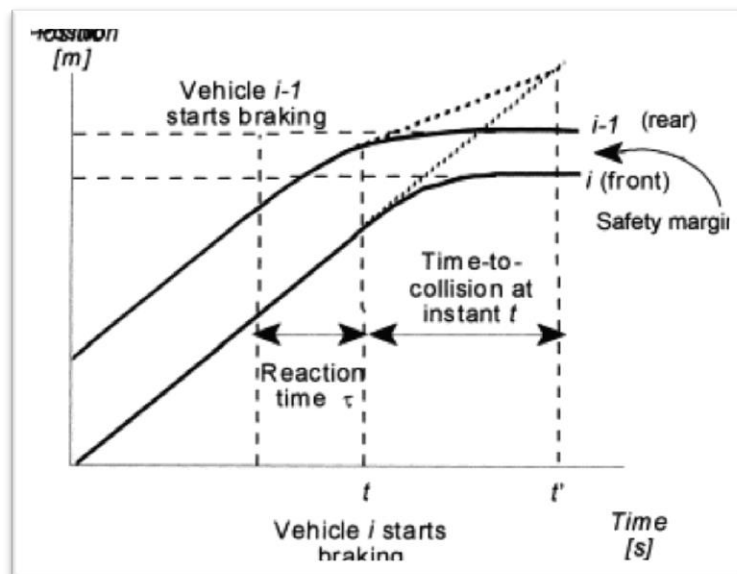
Με βάση ποικίλες έρευνες, οι νέοι είναι η ηλικιακή ομάδα με τις περισσότερες πιθανότητες για εμπλοκή σε ή πρόκληση ατυχήματος (Triggs T.J. & Smith K.B – Leung & Starmer – Naantanen & Summala κλπ) και για τον λόγο αυτό, το πείραμα της έρευνας θα διεξαχθεί με συμμετοχή νέων οδηγών. Ποικίλες έρευνες ασχολήθηκαν με την εισαγωγή νέων δεικτών οδικής ασφάλειας και των αντίστοιχων ορίων τους, ώστε να γίνει δυνατή η κατάταξη των οδηγών σε κατηγορίες. Οι βασικότεροι δείκτες που έχουν προκύψει από μελέτες στο παρελθόν έως και στις μέρες μας είναι:

- Ο **TTC** (time -to -collision)
- Ο **TET** (time exposed time-to-collision)
- Ο **TIT** (time integrated time-to-collision)
- Ο **RT** (Reaction Time)

Στη παρούσα διπλωματική εργασία, θα ασχοληθούμε περισσότερο με τους δύο πρώτους δείκτες καθώς είναι και οι σημαντικότεροι στην προσπάθεια περιγραφής της επικινδυνότητας σε υπεραστικές οδούς 2 λωρίδων.

### 2.3.1 Ο Δείκτης TTC και Οριακές Τιμές Ασφαλείας

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).



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2 : Ορισμός "χρόνου για κρούση" (Time to Collision - TTC) βάσει του ορισμού του Hayward (Πηγή: Miderhoud et al., 2000).**

Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα, για τον υπολογισμό μιας τιμής TTC, η διαφορά ταχύτητας του "πίσω" αυτοκινήτου με το "μπροστά" την χρονική στιγμή  $t$ , υποθέτουμε ότι παραμένει σταθερή καθόλη την διάρκεια της υποθετικής σύγκρουσης των δύο οχημάτων, εως και την χρονική στιγμή  $t'$ . Συμπεραίνουμε ότι όσο μεγαλύτερη η τιμή του TTC τόσο μεγαλύτερη η ασφάλεια (Fancher et al., 1997). 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. Έρευνες έδειξαν ότι ένα όριο στα 3,5 - 4 δευτερόλεπτα (Hirst and Graham, 1997) είναι αρκετά ικανοποιητικό για τον διαχωρισμό επικινδυνών 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.

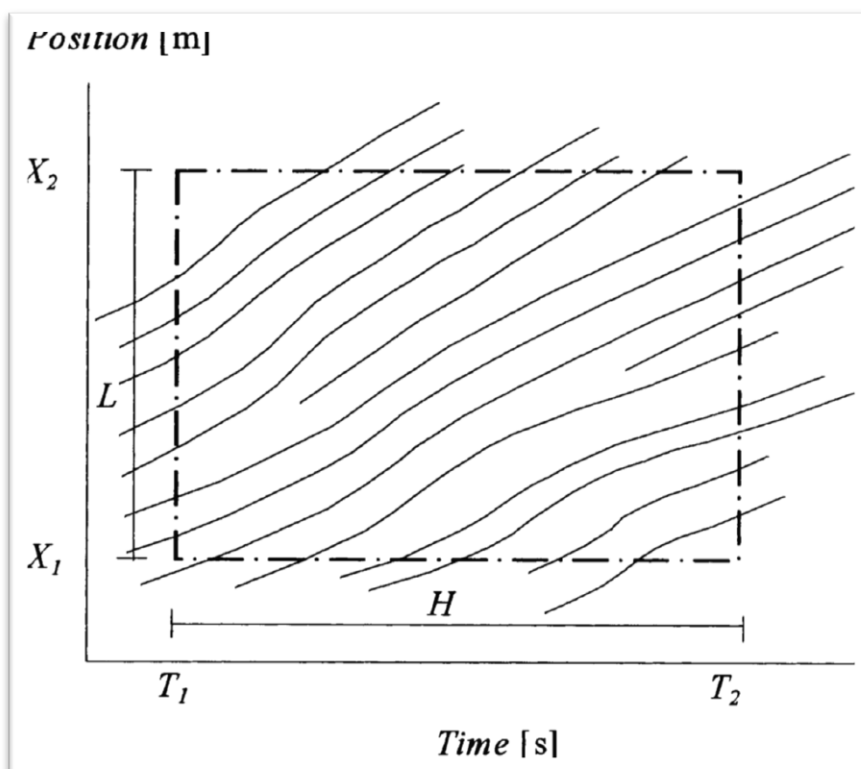
Αξιοσημείωτη είναι ακόμη η προσπάθεια κατανόησης του τρόπου αντίληψης του TTC από την πλευρά του οδηγού καθώς αυτή είναι που διαμορφώνει τον τρόπο οδήγησης κάθε χρήστη και συνεπώς καθορίζει το εάν είναι επικίνδυνος ή όχι. Όπως έδειξαν εκτενή πειράματα με χρήση προσομοιωτή οδήγησης, κάθε οδηγός λαμβάνει 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, 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.

Τελικά, 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).

### **2.3.2 Ο Δείκτης Ασφαλείας TET**

Στη προσπάθεια εύρεσης πιο λεπτομερούς και ακριβούς διαδικασίας κατανόησης της επικινδυνότητας σε οδούς δύο λωρίδων, εκτός από τον ήδη γνωστό δείκτη TTC προστέθηκαν στην διεθνή βιβλιογραφία της οδικής ασφάλειας και νέοι δείκτες ασφαλείας όπως ο TET και ο TIT. Σε αντίθεση με τον δείκτη TTC οι επιπρόσθαιοι αυτοί δείκτες συμπεριλαμβάνουν τον χρόνο και τον χώρο στον πλήρη κύκλο μιας οδηγικής διαδικασίας. Είναι σε θέση να παρέχουν μια πιο πλήρη και κατανοητή εικόνα του επιπέδου ασφαλείας για ένα συγκεκριμένο κομμάτι δρόμου σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Αυτό πρακτικά

σημαίνει, ότι οι πολύ μικρές τιμές του TTC που δύσκολα μπορούν να μετρηθούν σε μια ενιαία διατομή του δρόμου θα συμπεριλαμβάνονται επίσης.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3 : Τροχιές οχημάτων που παρατηρούνται σε κομμάτι δρόμου μήκους  $L$  για χρονική περίοδο  $H$ .**

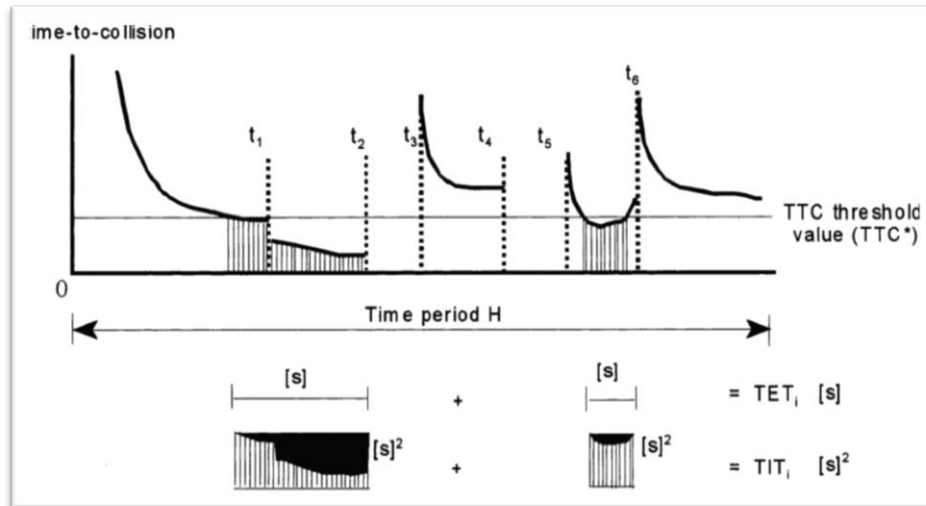
Ο δείκτης TET ουσιαστικά δείχνει πόσο συνολικά χρονικό διάστημα ένας οδηγός ήταν εκτεθειμένος σε τιμές του TTC κάτω του ορίου επικινδυνότητας και συνεπώς εξαρτάται από το επιλεγθέν όριο TTC. Συνεπώς, όσο μεγαλύτερο το TET τόσο επικινδυνότερη η οδήγηση του χρήστη (Minderhoud and Bovy, 2001). Η διάρκεια της έκθεσης σε τιμές TTC κάτω από τις κρίσιμες για συγκεκριμένη χρονική διάρκεια  $H$  χρησιμοποιείται εδώ ως ένδειξη ασφάλειας. Ο δείκτης TET ( time exposed time-to-collision ) είναι ένα άθροισμα όλων των στιγμών που ο οδηγός πλησιάζει το “μπροστά” όχημα με τιμές TTC κάτω από την οριακή. Ο υπολογισμός του δείκτη TET απαιτεί την συλλογή της θέσης και της ταχύτητας όλων των οχημάτων που μπαίνουν και βγαίνουν από ένα συγκεκριμένο οδικό τμήμα μεταξύ  $X_1$  και  $X_2$  για μια χρονική περίοδο  $H$ , από τα οποία οι τροχιές και τα προφίλ των TTC μπορούν να εξαχθούν (Διαγρ. 3).

### **2.3.3 Η Συμβολή του Δείκτη TIT**

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).



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4 :** Ορισμός και σχηματική απεικόνιση των δεικτών TET και TIT (Πηγή: Minderhoud και Bovy, 2001).

### 2.3.4 Ο Δείκτης Επικινδυνότητας RT

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 αντιστοιχων 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.

## **2.4 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,
- 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:

### **2.4.1 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).

## **2.4.2 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.

## **2.4.3 Προσομοιωτές 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).

## 2.5 Σύνοψη Βιβλιογραφίας

Από την ανασκόπηση 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.

Οι περισσότερες έρευνες στην παγκόσμια βιβλιογραφία που αφορούν σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας ασχολούνται κυρίως με θέματα που αφορούν σε δείκτες επικινδυνότητας και παράγοντες που συμβάλλουν στην επικίνδυνη οδήγηση, όπως η απαιτούμενη απόσταση ορατότητας, η ταχύτητα, τόσο του οχήματος που προσπερνά όσο και του οχήματος που προσπερνιέται και ο αριθμός των πραγματοποιούμενων προσπεράσεων.

Σχετικά με τους δείκτες επικινδυνότητας, αρκετές έρευνες έχουν ασχοληθεί με τη διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τους δείκτες TTC (time-to-collision) και TET (time exposed time-to-collision). Παρ' όλα αυτά, δεν υπάρχουν σαφή συμπεράσματα για τον τρόπο που συσχετίζονται τα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς των οδηγών (ταχύτητα, χωρικοί και χρονικοί διαχωρισμοί), η κυκλοφορία στο αντίθετο ρεύμα, οι προσπεράσεις, καθώς και το φύλο του οδηγού στους δείκτες επικινδυνότητας.



# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο**

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ**

Η εκτενής διερεύνηση της διεθνούς βιβλιογραφίας, δημιούργησε το ενδιαφέρον της ανάλυσης της μεταβλητότητας των σημαντικότερων δεικτών επικινδυνότητας (TTC και TET) και της εξάρτησης τους από τις λοιπές κυκλοφοριακές συνθήκες και μεγέθη κατά την διαδικασία προσπεράσεων. Για την ανάγκη ποσοτικοποίησης της παραπάνω μεταβλητότητας, τελικός στόχος είναι η δημιουργία μαθηματικών προτύπων που θα περιγράφουν το μέγεθος της επιρροής κάθε κυκλοφοριακού στοιχείου ως προς τους δείκτες επικινδυνότητας που μας απασχολούν. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση που διενεργήθηκε, φάνηκε ιδιαίτερος χρήσιμη για την τελική επιλογή του τρόπου διεξαγωγής του πειράματος, αλλά και για τη μετέπειτα ανάλυση των δεδομένων που εξάχθηκαν από αυτό.

Στην παρούσα εργασία, γίνεται προσπάθεια βέλτιστης κατανόησης των κυριότερων δεικτών επικινδυνότητας. Πιο συγκεκριμένα, οι δείκτες TTC (time-to-collision) και TET (time exposed time-to-collision), ως εξαρτημένες μεταβλητές, μέσα από στατιστικά μοντέλα που θα δημιουργηθούν, θα φανερωθεί ο βαθμός επιρροής τους από κυκλοφοριακά στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Τα κυκλοφοριακά στοιχεία θα προκύψουν από την διενέργεια πειράματος σε προσομοιωτή οδήγησης, καθώς και με τις απαραίτητες προσθαφαιρέσεις με τελικό στόχο η ολοκληρωμένη βάση δεδομένων να περιγράφει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό της μεταβλητότητας των εξαρτημένων μεταβλητών TTC και TET.

### **3.1 Επιλογή Μεθόδου Ανάλυσης Δεδομένων**

Ως βέλτιστος τρόπος υλοποίησης του πειράματος κρίθηκε η χρήση της προσομοίωσης αφού σταθμίστηκαν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτής της επιλογής. 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.

### **3.2 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 στις επόμενες παραγράφους. 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.

#### **3.2.1 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 «ευφών 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.

### **3.2.2 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



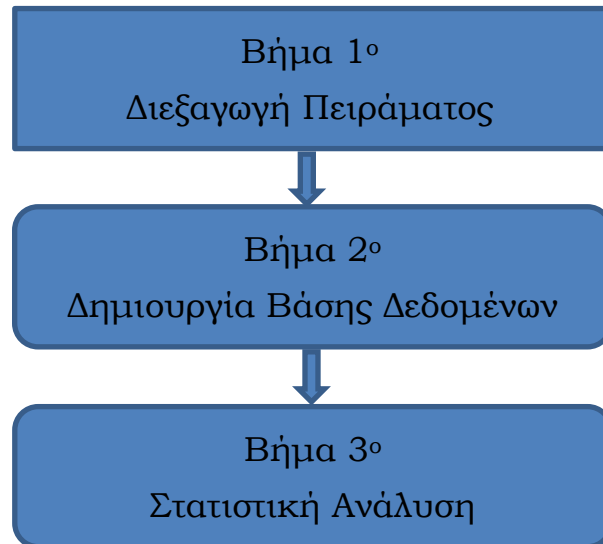
αναφέρεται κανείς γενικά στην εγκυρότητα των αποτελεσμάτων ενός ερευνητικού μέσου καθότι η εγκυρότητα έχει νόημα μόνο σχετίζεται με μια συγκεκριμένη ερευνητική ερώτηση. Πριν από την οποιαδήποτε χρήση προσομοιωτή οδήγησης πρέπει να εξετάζεται εάν ο προσομοιωτής είναι αρκετά έγκυρος για το έργο ή τη δεξιότητά 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). 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.

### 3.3 Μεθοδολογία Ανάλυσης Δεδομένων

Τα βήματα που ακολουθούνται για την ανάλυση των δεδομένων παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα ροής.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5 :** Διάγραμμα Ροής μεθοδολογικής προσέγγισης.

#### 3.3.1 Διεξαγωγή Πειράματος

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 1 ).



**ΕΙΚΟΝΑ 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.

Όπως φαίνεται και στις σχετικές εικόνες (1,2,3,4,5), 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 2&3 : Ο μοχλός ταχυτήτων και το χειρόφρενο (δεξιά) και η κόρνα - enter για το πρόγραμμα του Προσομοιωτή.**



***ΕΙΚΟΝΕΣ 4&5 : Το τιμόνι μαζί με το καντράν του προσομοιωτή και τα πεντάλ.***

### **3.3.2 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.

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 2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : 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

### **3.4 Δημιουργία Βάσης Δεδομένων**

Με σκοπό τη μελέτη του χρόνου που μεσολαβεί έως την πρόσκρουση μεταξύ οχημάτων βάσει διαφόρων σεναρίων οδήγησης, η βάση δεδομένων εμπλουτίστηκε με προσθήκη επιπλέον μεταβλητών ώστε να περιγραφεί ουσιαστικότερα και αναλυτικότερα η οδηγική συμπεριφορά των συμμετεχόντων στο πείραμα.

Έτσι, πέραν των μεταβλητών και των δεδομένων που αποθηκεύτηκαν στα Logfiles κατά το πείραμα στον προσομοιωτή, κάθε στιγμή υπολογίζεται ο χρόνος για την κρούση (μεταβλητή TTC) και το χρονικό διάστημα με TTC κάτω από το όριο ασφαλείας 5 sec (μεταβλητή TET\_5).

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 για την κρούση να υπολογίζεται βάσει του επερχόμενου (αν είναι 1) ή του προπορευόμενου οχήματος (αν είναι 0).

Επίσης, υπολογίζονται οι σχετικές ταχύτητες των οχημάτων, δηλαδή, η διαφορά της ταχύτητας ανάμεσα στο υπό εξέταση και το προπορευόμενο όχημα “Speeddiff” και η διαφορά ταχύτητας ανάμεσα στο υπό εξέταση και το επερχόμενο όχημα “Speeddiff\_o”. Στη συνέχεια δημιουργούνται διαχωριστικές μεταβλητές αναφορικά με το πότε οι σχετικές ταχύτητες



είναι θετικές ή αρνητικές (positive or negative) (“Speeddiff\_p\_n” και “Speeddiff\_o\_p\_n”.

Στην προσπάθεια καταγραφής στοιχείων που συνδέονται με τη συμπεριφορά οδήγησης και επηρεάζουν ίσως το χρόνο σύγκρουσης των οχημάτων, η καταγραφή του φύλου του οδηγού των υπό εξέταση οχημάτων (μεταβλητή “Gender”) θεωρήθηκε κρίσιμη.

Τέλος, πραγματοποιείται μετασχηματισμός κάποιων από τις υπάρχουσες μεταβλητές με σκοπό την επίτευξη γραμμικών σχέσεων μεταξύ τους και την εφαρμογή γραμμικών υποδειγμάτων για την εκτίμηση των σχέσεων αυτών. Το σύνολο των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση δεδομένων παρουσιάζεται στον Πίνακα 3 που ακολουθεί. Οι μεταβλητές και τα δεδομένα αποθηκεύτηκαν στο στατιστικό πακέτο SPSS, με τη χρήση του οποίου έγινε η στατιστική ανάλυση.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : Τελική μορφή αποθήκευσης μεταβλητών στη βάση δεδομένων.**

A/A	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
1	Time	Ο αριθμός millisecond που έχουν περάσει από την αρχή του σεναρίου	millisecond
2	Speed	Η ταχύτητα του υπό εξέταση οχήματος	km/h
3	MovedIntoOpositeLan	Σηματοδοτεί την μετακίνηση του υπό εξέταση αυτοκινήτου στο αντίθετο ρεύμα	1: Το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα 0: Το υπό εξέταση όχημα δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα
4	CorrectedHeadwaySpe	Η ταχύτητα του προπορευόμενου αυτοκινήτου	km/h
5	CorrectedHeadwayDis	Η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα	Μέτρα
6	CorrectedOncomingSp	Η ταχύτητα του επερχόμενου αυτοκινήτου	km/h
7	OncomeDistance	Η απόσταση από το επερχόμενο όχημα	Μέτρα
8	CarsOvertaken	Μετρητής των αυτοκινήτων που έχουν προσπεραστεί	0, 1, 2, ...
9	TTC	Ο χρόνος για την κρούση	sec
10	TET_pente	Το χρονικό διάστημα με TTC κάτω από το όριο ασφαλείας 5 sec	sec
11	Gender	Το φύλο του οδηγού του υπό εξέταση οχήματος	1: Άντρας 0: Γυναίκα
12	Speeddiff	Η διαφορά ταχύτητας ανάμεσα στο υπό εξέταση και το προπορευόμενο όχημα $[Speed - CorrectedHeadwaySpe]$	km/h
13	Speeddiff_o	Η διαφορά ταχύτητας ανάμεσα στο υπό εξέταση και το επερχόμενο όχημα $[Speed - CorrectedOncomingSp]$	km/h
14	RISK_5	Διαχωρίζει τους χρόνους κρούσης σε γρήγορους (κάτω από 5 sec) και πιο αργούς	1: $TTC < 5$ 0: $TTC > 5$
15	Risk_1	Διαχωρίζει τους χρόνους κρούσης σε γρήγορους (κάτω από 1 sec) και πιο αργούς	1: $TTC < 1$ 0: $TTC > 1$
16	InTTC	Ο λογάριθμος του χρόνου για την κρούση	$\ln(sec)$
17	InTET_5	Ο λογάριθμος του χρονικού διαστήματος με TTC κάτω από το όριο ασφαλείας 5 sec	$\ln(sec)$
18	Speeddiff_p_n	$Speed > CorrectedHeadwaySpe$	1
19	Speeddiff_o_p_n	$Speed < CorrectedOncomingSp$	1
20	MovedIntoSameLan	Σηματοδοτεί τη μη μετακίνηση του υπό εξέταση αυτοκινήτου στο αντίθετο ρεύμα	1: Το υπό εξέταση όχημα δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα 0: Το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα
21	MOL*OncomeDistance	Η απόσταση από το επερχόμενο όχημα όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα	Μέτρα
22	MSL*CorrHeadwayDis	Η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα όταν το υπό εξέταση όχημα δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα	Μέτρα
23	MSL*CarsOvertaken	Μετρητής των αυτοκινήτων που έχουν προσπεραστεί όταν το υπό εξέταση όχημα δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα	0, 1, 2, ...

## 3.5 Στατιστική Ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση περιλαμβάνει:

### **1<sup>ον</sup>: Αναλυτική περιγραφή και παρουσίαση των δεδομένων.**

Παρουσιάζονται οι κατανομές των ποσοτικών μεταβλητών με τη χρήση ιστογραμμάτων (Histograms) και αναφέρονται τα περιγραφικά τους μέτρα.

### **2<sup>ον</sup>: Τη διερεύνηση της συμπεριφοράς οδήγησης με βάση το φύλο, αναφορικά με τα σενάρια προσομοίωσης που έχουν καταγραφεί στο πείραμα.**

Παρουσιάζονται τα στατιστικά των ποσοτικών μεταβλητών ανά φύλο σε πίνακες διπλής εισόδου (Pivot Tables). Επίσης, απεικονίζονται (SPSS-Error Bar Charts) τα 95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης (95% Confidence Intervals) των μέσων τιμών των ποσοτικών μεταβλητών ανά φύλο.

### **3<sup>ον</sup>: Τη διερεύνηση των αποστάσεων μεταξύ των οχημάτων έναντι των σχετικών ταχυτήτων τους και του ρεύματος που κινούνται.**

Παρουσιάζονται, σε πίνακες διπλής εισόδου (Pivot Tables), τα στατιστικά των αποστάσεων των οχημάτων με βάση τις σχετικές τους ταχύτητες και το ρεύμα κίνησης των υπό εξέταση οχημάτων. Επίσης, απεικονίζονται (SPSS-Error Bar Charts) τα 95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης (95% Confidence Intervals) των μέσων τιμών των αποστάσεων των οχημάτων με βάση τις σχετικές τους ταχύτητες και το ρεύμα κίνησης των υπό εξέταση οχημάτων.

### **4<sup>ον</sup>: Τη διερεύνηση του χρόνου που μεσολαβεί έως την πρόσκρουση μεταξύ οχημάτων.**

Αρχικά, η διερεύνηση αυτή γίνεται με βάση το φύλο και το ρεύμα κίνησης του υπό εξέταση οχήματος. Έπειτα, παρουσιάζεται ο χρόνος κρούσης με βάση τις σχετικές ταχύτητες και το ρεύμα κίνησης των οχημάτων. Για τη μελέτη αυτή παρουσιάζονται, σε πίνακες διπλής εισόδου (Pivot Tables), τα στατιστικά των χρόνων πρόσκρουσης των οχημάτων με βάση το φύλο, τις σχετικές τους ταχύτητες και το ρεύμα κίνησης των υπό εξέταση οχημάτων. Επίσης, απεικονίζονται (SPSS-Error Bar Charts) τα 95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης (95% Confidence Intervals) των μέσων τιμών των χρόνων πρόσκρουσης των οχημάτων με βάση το φύλο, τις σχετικές τους ταχύτητες και το ρεύμα κίνησης των υπό εξέταση οχημάτων.

Στη συνέχεια, η μελέτη του χρόνου που μεσολαβεί έως την πρόσκρουση μεταξύ οχημάτων γίνεται με την προσαρμογή υποδειγμάτων πολλαπλής

γραμμικής παλινδρόμησης. Συγκεκριμένα, προσαρμόζονται δυο υποδείγματα γραμμικής παλινδρόμησης.

Το πρώτο αφορά την εξαρτημένη μεταβλητή TTC, με σκοπό να ερμηνεύσει τη μεταβλητότητά της με βάση ένα σύνολο ποσοτικών και κατηγορικών μεταβλητών  $X_i$ :

$$\hat{TTC} = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_n X_n \quad (1)$$

Το δεύτερο αφορά την εξαρτημένη μεταβλητή TET\_5, με σκοπό να ερμηνεύσει τη μεταβλητότητά της με βάση ένα σύνολο ποσοτικών και κατηγορικών μεταβλητών  $X_i$ :

$$\hat{TET\_5} = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_n X_n \quad (2)$$

Η επιλογή του κατάλληλου γραμμικό υποδείγματος για την TTC και την TET\_5 στηρίζεται σε τρεις βασικές αρχές:

- Το υπόδειγμα πρέπει να είναι εύλογο, δηλαδή οι σχέσεις της εξαρτημένης με τις ανεξάρτητες μεταβλητές να δικαιολογούνται από τη θεωρία της επιστήμης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση λογικών ανεξάρτητων μεταβλητών και με τον έλεγχο για το εύλογο της κατεύθυνσης της σχέσης τους με την εξαρτημένη μεταβλητή (βάσει του προσήμου (+/-)) του συντελεστή παλινδρόμησης.
- Το υπόδειγμα θα πρέπει να είναι λιτό, δηλαδή να αποτελείται από ένα μικρό σύνολο ανεξάρτητων μεταβλητών.
- Το υπόδειγμα να ερμηνεύει ένα μεγάλο ποσοστό της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής.

Για την επιλογή του κατάλληλου γραμμικό υποδείγματος για την TTC και την TET\_5 έγινε σχετική προετοιμασία, ώστε να ανιχνευτούν οι κατάλληλες ανεξάρτητες μεταβλητές και να ικανοποιούνται οι παραπάνω αρχές.

Κατά την προετοιμασία υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson βάσει του οποίου γίνεται έλεγχος γραμμικής συσχέτισης, ανά δύο, στις ποσοτικές. Στη συνέχεια, με τη χρήση διαγραμμάτων διάχυσης έγινε απεικόνιση της TTC και της TET\_5 με κάθε μια από τις ποσοτικές μεταβλητές, ώστε να ανιχνευτεί το είδος και η κατεύθυνση των σχέσεων.

Μετά την παραπάνω διερεύνηση κρίθηκε σκόπιμο να μετασχηματιστούν οι TTC και TET\_5 σε  $\ln(TTC)$  και  $\ln(TET_5)$ , ώστε οι σχέσεις των νέων μετασχηματισμένων μεταβλητών με τις υπόλοιπες να είναι περισσότερο γραμμικές. Επίσης, κρίθηκε σκόπιμο να γίνει χρήση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ κάποιων διαχωριστικών μεταβλητών με κάποιες ποσοτικές μεταβλητές, ως ανεξάρτητες μεταβλητές στα υποδείγματα.

Στη συνέχεια, εκτιμήθηκαν τα υποδείγματα γραμμικής παλινδρόμησης για τις  $\ln(TTC)$  και  $\ln(TET_5)$  και αξιολογήθηκαν τα αποτελέσματά τους.



Η ποιότητα και η αξιοπιστία των γραμμικών υποδειγμάτων μοντέλου έγκειται αφενός μεν στη στατιστική σημαντικότητά τους, αφετέρου δε στην ισχύ των υποθέσεων που κάνουμε για τα κατάλοιπα.

#### *A) Στατιστική σημαντικότητα των εκτιμήσεων*

Η στατιστική σημαντικότητα αφορά το μοντέλο γενικά αλλά και τη σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου του ξεχωριστά.

Τα στατιστικά τεστ ή κριτήρια τα οποία μας πληροφορούν για τη σημαντικότητα του μοντέλου είναι ο Συντελεστής Προσδιορισμού (R-Square), το τυπικό σφάλμα της παλινδρόμησης (SE of the estimate) και ο έλεγχος για την ύπαρξη ή όχι γραμμικής σχέσης μεταξύ των μεταβλητών με βάση το F-statistic.

Τα στατιστικά τεστ ή κριτήρια τα οποία μας πληροφορούν για τη σημαντικότητα των παραμέτρων του μοντέλου ξεχωριστά είναι εκείνα που στηρίζονται στο t-statistic. Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας των παραμέτρων είναι ο έλεγχος της αρχικής υπόθεσης  $H_0: \beta=0$  έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης  $H_1: \beta \neq 0$ .

#### *B) Στατιστική Ισχύς των Υποθέσεων*

Τα συμπεράσματα σχετικά με τη στατιστική σημαντικότητα των εκτιμήσεων δεν είναι τόσο ισχυρά αν δεν ισχύουν οι υποθέσεις που κάνουμε για το υπόδειγμα και για τα κατάλοιπα. Οι υποθέσεις αυτές είναι,

- Υπόθεση 1: Οι ανεξάρτητες μεταβλητές του υποδείγματος δεν συσχετίζονται μεταξύ τους. Η παραβίαση αυτής της υπόθεσης είναι το γνωστό πρόβλημα της πολυσυγγραμμικότητας.
- Υπόθεση 2: Ύπαρξη γραμμικής σχέσης της εξαρτημένης με καθεμία από τις ποσοτικές ανεξάρτητες μεταβλητές.
- Υπόθεση 3: Τα κατάλοιπα ακολουθούν την κανονική κατανομή.
- Υπόθεση 4: Τα κατάλοιπα έχουν σταθερή διακύμανση, δηλαδή είναι ομοσκεδαστικά. Η παραβίαση αυτής της υπόθεσης είναι το γνωστό πρόβλημα της ετεροσκεδαστικότητας.
- Υπόθεση 5: Τα κατάλοιπα είναι μεταξύ τους ανεξάρτητα. Η παραβίαση αυτής της υπόθεσης είναι το γνωστό πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης.

Η παραβίαση των υποθέσεων που γίνονται για τα κατάλοιπα συνεπάγεται λάθος εκτίμηση του τυπικού σφάλματος των καταλοίπων. Όμως, το τυπικό σφάλμα των καταλοίπων χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των διάφορων στατιστικών τεστ που ελέγχουν τη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου. Συνεπώς, ένα μη σωστά εκτιμώμενο τυπικό σφάλμα οδηγεί σε λάθος υπολογισμό των τεστ και επομένως σε λάθος συμπεράσματα για τη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου.



# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο**

## **ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

### **4.1 Σκοπός και Στόχοι της Στατιστικής Ανάλυσης**

Ο σκοπός της ανάλυσης είναι να μελετηθεί ο χρόνος που μεσολαβεί έως την πρόσκρουση μεταξύ οχημάτων βάσει διαφόρων σεναρίων οδήγησης. Προς την επίτευξη του σκοπού αυτού τίθενται οι παρακάτω στόχοι:

1. Η ερμηνεία του χρόνου πρόσκρουσης βάσει μεταβλητών σεναρίων οδήγησης.
2. Η μελέτη του χρονικού διαστήματος όταν ο χρόνος πρόσκρουσης είναι κάτω από το όριο ασφαλείας

### **4.2 Περίγραμμα της Στατιστικής Ανάλυσης**

Η στατιστική ανάλυση περιλαμβάνει, αρχικά, την περιγραφή των μεταβλητών και την παρουσίαση των δεδομένων. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η συμπεριφορά οδήγησης με βάση το φύλο, σύμφωνα με τα σενάρια προσομοίωσης που έχουν καταγραφεί στο πείραμα. Ακολουθεί η ανάλυση των αποστάσεων μεταξύ των οχημάτων έναντι των σχετικών ταχυτήτων τους και του ρεύματος που κινούνται.

Η πρώτη ανάλυση του χρόνου που μεσολαβεί έως την πρόσκρουση μεταξύ οχημάτων γίνεται με βάση το φύλο και το ρεύμα κίνησης του υπό εξέταση οχήματος. Έπειτα, παρουσιάζεται ο χρόνος κρούσης με βάση τις σχετικές ταχύτητες και το ρεύμα κίνησης των οχημάτων. Ο στόχος 1 ολοκληρώνεται με την ανάλυση συσχέτισης και την ερμηνεία του χρόνου κρούσης στη βάση ενός γραμμικού υποδείγματος

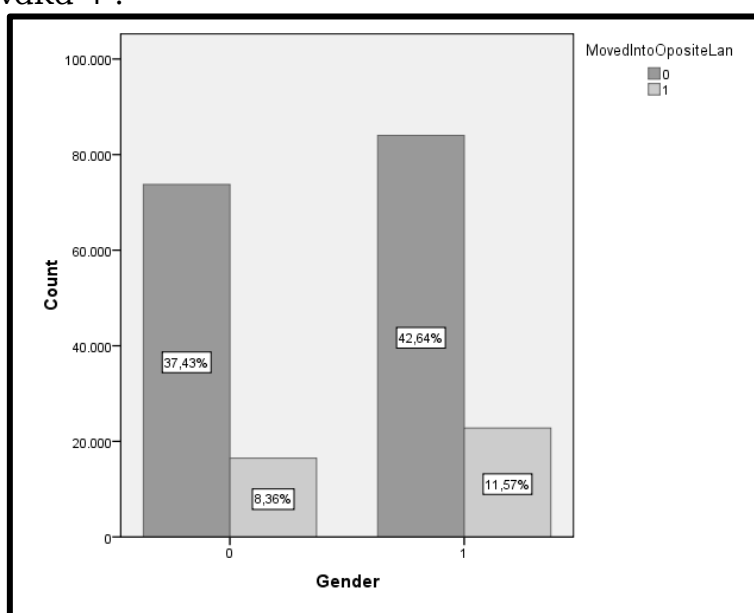
Η στατιστική ανάλυση ολοκληρώνεται με ένα γραμμικό υπόδειγμα που εξηγεί το χρονικό διάστημα έκθεσης σε χρόνο πρόσκρουσης κάτω από το όριο ασφαλείας (στόχος 2).

## 4.3 Περιγραφή Μεταβλητών – Παρουσίαση Δεδομένων

Στο πείραμα έχουν προσομοιωθεί 197.073 σενάρια συμπεριφοράς οδήγησης. Κάθε σενάριο περιγράφει την κίνηση και τη θέση των υπό εξέταση, των προπορευόμενων και των επερχόμενων οχημάτων.

### 4.3.1 Το υπό εξέταση όχημα

Το υπό εξέταση όχημα οδηγείται από άντρα ή γυναίκα (μεταβλητή “Gender” με τιμές, 0: Γυναίκα, 1: Άντρας) και βρίσκεται είτε στο ίδιο είτε στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας (μεταβλητή “ MovedIntoOpositeLan ” με τιμές, 0: στο ίδιο ρεύμα, 1: στο αντίθετο ρεύμα). Η κατανομή των σεναρίων ανά φύλο και ρεύμα κίνησης παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 6 και στο Πίνακα 4 .

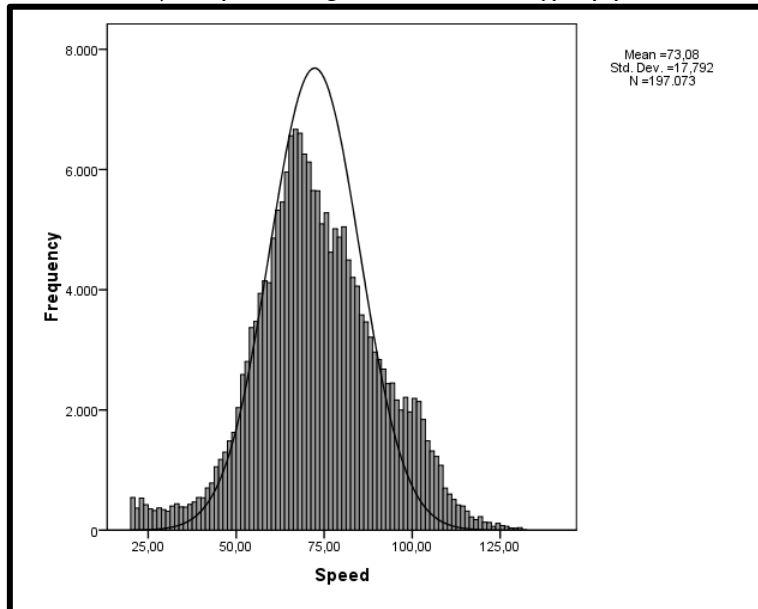


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6 :** Ιστογράμμο κατανομής σεναρίων ανα φύλο και ρεύμα κίνησης.

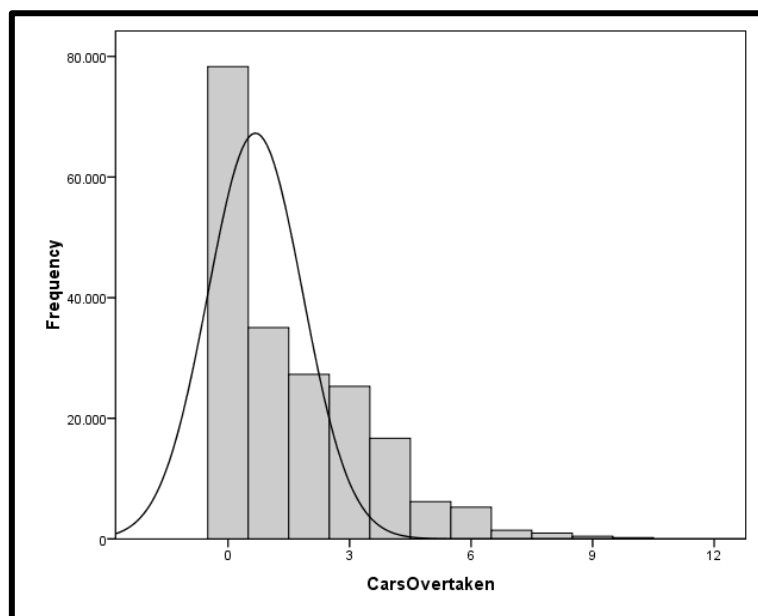
		Gender		Total	
		0	1		
MovedIntoOpositeLan	0	Count	73.761	84.030	157.791
		% within MovedIntoOpositeLan	46,7%	53,3%	100,0%
		% within Gender	81,7%	78,7%	80,1%
		% of Total	37,4%	42,6%	80,1%
	1	Count	16.480	22.802	39.282
		% within MovedIntoOpositeLan	42,0%	58,0%	100,0%
		% within Gender	18,3%	21,3%	19,9%
		% of Total	8,4%	11,6%	19,9%
Total	Count	90.241	106.832	197.073	
	% within MovedIntoOpositeLan	45,8%	54,2%	100,0%	
	% within Gender	100,0%	100,0%	100,0%	
	% of Total	45,8%	54,2%	100,0%	

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4 :** Ποσοστιαία κατανομή των σεναρίων ανα φύλο και ρεύμα κίνησης.

Από τα 197.073 σενάρια οδήγησης το 54,2% αναφέρονται σε άντρα οδηγό και το 45,8% σε γυναίκα. Στο 80,1% των σεναρίων το υπό εξέταση όχημα κινείται στο κανονικό ρεύμα κυκλοφορίας, ενώ στο 19% αυτών κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Η κίνηση στο αντίθετο ρεύμα επιλέγεται πιο συχνά από άντρα οδηγό παρά από γυναίκα (58% έναντι 42%). Η κατανομή της ταχύτητας του υπό εξέταση οχήματος (μεταβλητή Speed) και του πλήθους των προσπεράσεων που έχουν καταγραφεί γι' αυτό (CarsOvertaken) παρουσιάζονται στα Διαγράμματα 7 και 8.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7 :** Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας του υπό εξέταση οχήματος για το σύνολο των μετρήσεων.



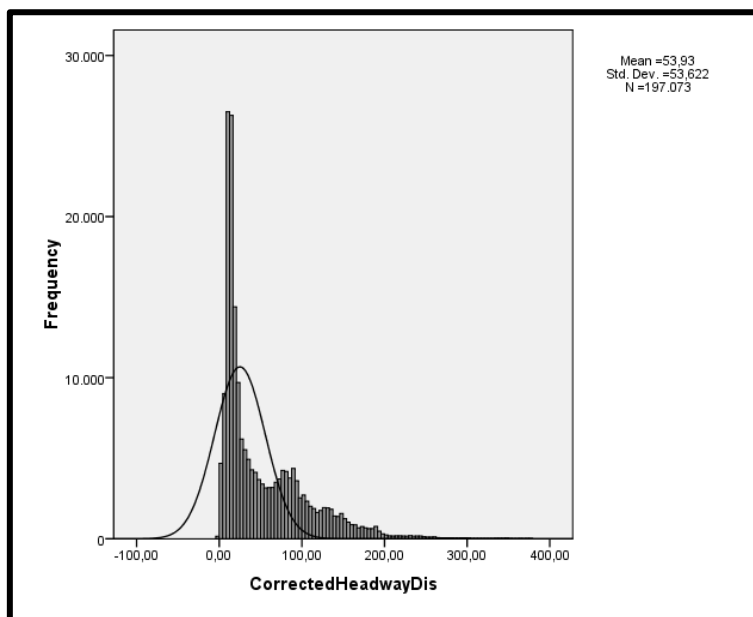
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8 :** Ιστόγραμμα συχνοτήτων του πλήθους των προσπεράσεων που έχουν καταγραφεί.

Η μέση ταχύτητα των υπό εξέταση οχημάτων στο σύνολο των σεναρίων οδήγησης είναι ίση με 73,08 km/h. Η κατανομή του πλήθους των προσπεράσεων δείχνει ότι το 39,7% των υπό εξέταση οχημάτων δεν

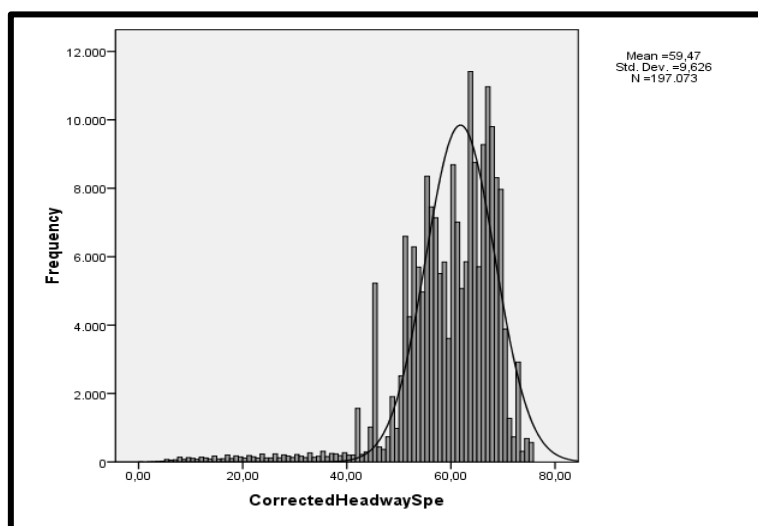
έχουν επιχειρήσει προσπέραση, ενώ το 84,2% των υπό εξέταση οχημάτων έχουν πραγματοποιήσει έως 3 προσπεράσεις.

### 4.3.2 Το προπορευόμενο όχημα

Οι κατανομές της ταχύτητας του προπορευόμενου αυτοκινήτου (CorrectedHeadwaySpe) και της απόστασής του από το υπό εξέταση αυτοκίνητο (CorrectedHeadwayDis) απεικονίζονται στα Διαγράμματα 9 και 10.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9 :** Ιστογράμμο συχνοτήτων της απόστασης υπό εξέταση-προπορευόμενου αυτοκινήτου για το σύνολο των μετρήσεων.

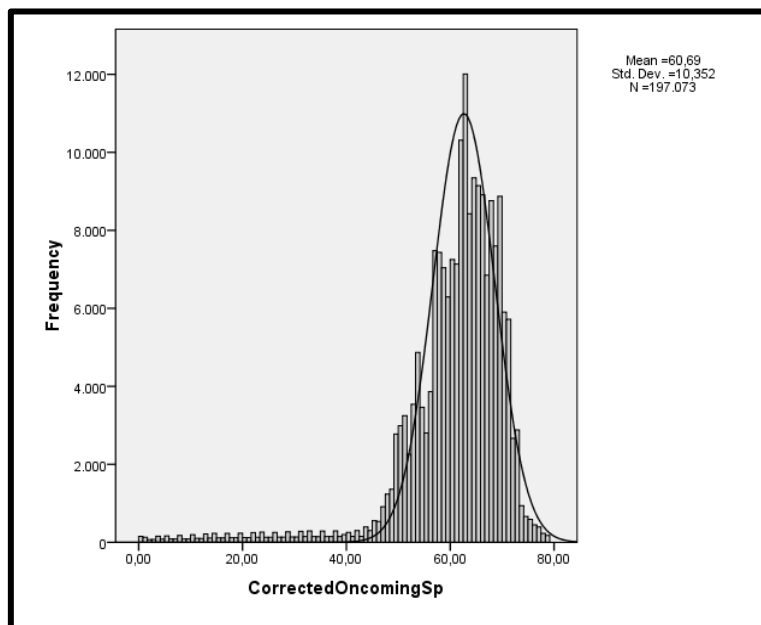


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10 :** Ιστογράμμο συχνοτήτων της ταχύτητας του προπορευόμενου αυτοκινήτου για το σύνολο των μετρήσεων.

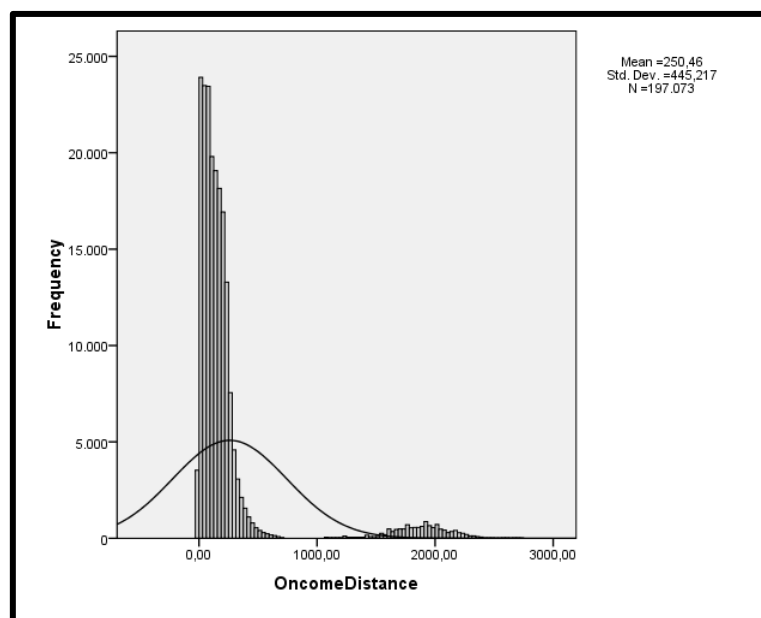
Η μέση ταχύτητα των υπό μελέτη προπορευόμενων οχημάτων στο σύνολο των σεναρίων οδήγησης είναι ίση με 59,47 km/h. Η μέση απόσταση μεταξύ των υπό εξέταση οχημάτων και των προπορευόμενων οχημάτων στο σύνολο των σεναρίων οδήγησης είναι ίση με 53,93 m.

### 4.3.3 Το επερχόμενο όχημα

Οι κατανομές της ταχύτητας του επερχόμενου αυτοκινήτου (CorrectedOncomingSp) και της απόστασής του από το υπό εξέταση αυτοκίνητο (OncomeDistance) απεικονίζονται στα Διαγράμματα 11 και 12.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11** :Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας της ταχύτητας του επερχόμενου αυτοκινήτου.



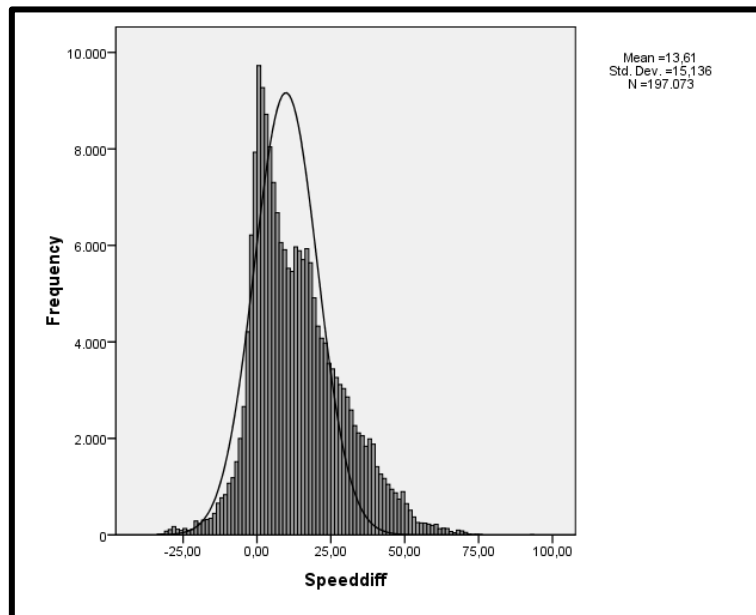
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12** :Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας της απόστασης υπό εξέταση-επερχόμενου αυτοκινήτου.

Η μέση ταχύτητα των υπό μελέτη επερχόμενων οχημάτων στο σύνολο των σεναρίων οδήγησης είναι ίση με 60,69 km/h. Η μέση απόσταση μεταξύ των υπό εξέταση οχημάτων και των επερχόμενων οχημάτων στο σύνολο των σεναρίων οδήγησης είναι ίση με 250,46 m.

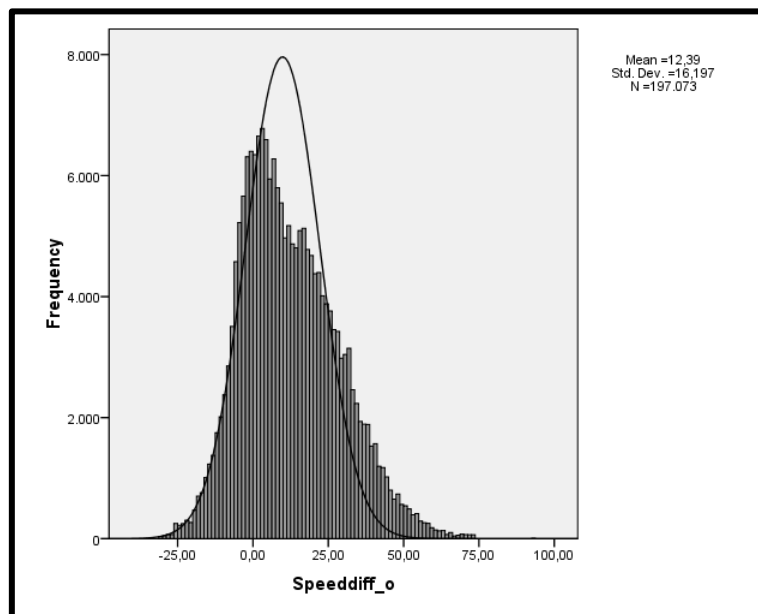
#### 4.3.4 Οι Σχετικές Ταχύτητες των Οχημάτων

Οι σχετικές ταχύτητες μεταξύ των υπό εξέταση οχημάτων και των προπορευόμενων και των επερχόμενων οχημάτων περιγράφονται από τις μεταβλητές Speeddiff και Speeddiff\_o, αντίστοιχα. Δηλαδή, η Speeddiff είναι η διαφορά της ταχύτητας του υπό εξέταση οχήματος με την ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος και η Speeddiff\_o είναι η διαφορά της ταχύτητας του υπό εξέταση οχήματος με την ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος.

Οι κατανομές των μεταβλητών Speeddiff και Speeddiff\_o απεικονίζονται στα Διαγράμματα 13 και 14.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13 :** Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητων των σχετικών ταχυτήτων μεταξύ των υπό εξέταση οχημάτων και των προπορευόμενων.



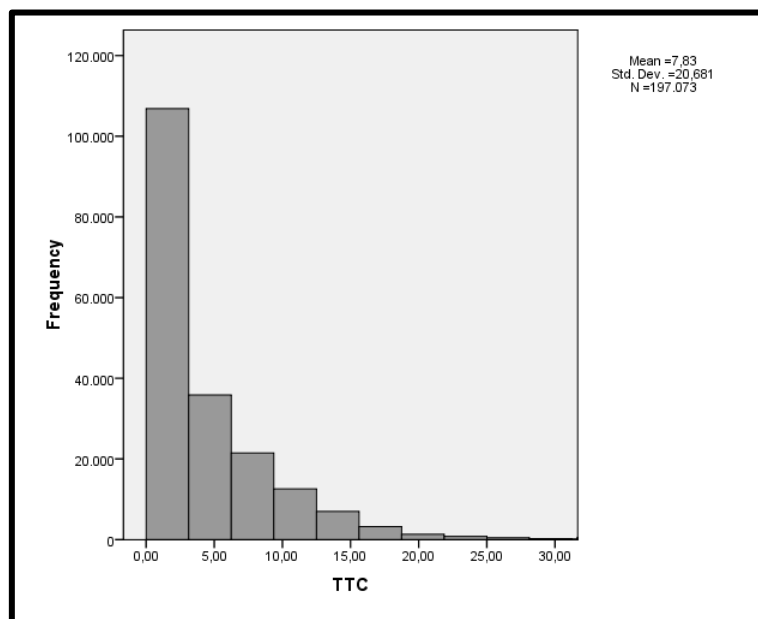
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14 :** Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητων των σχετικών ταχυτήτων μεταξύ των υπό εξέταση οχημάτων και των επερχόμενων.



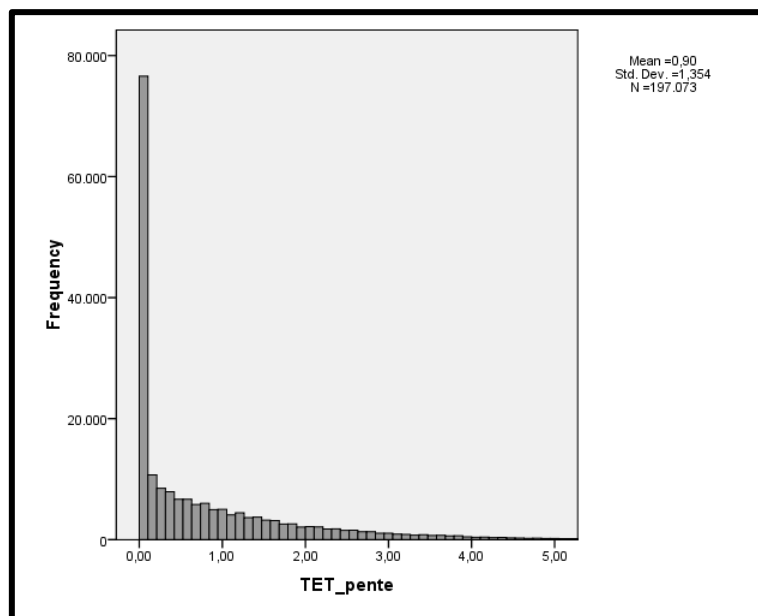
Η μέση σχετική ταχύτητα των υπό εξέταση οχημάτων έναντι των προπορευόμενων οχημάτων είναι ίση με 13,61 km/h. Η μέση σχετική ταχύτητα των υπό εξέταση οχημάτων έναντι των επερχόμενων οχημάτων είναι ίση με 12,39 km/h.

#### 4.3.5 Ο Χρόνος Σύγκρουσης

Σε καθένα από τα 197.073 σενάρια οδήγησης υπολογίζεται ο χρόνος που μεσολαβεί έως την πρόσκρουση των οχημάτων (TTC) καθώς και το χρονικό διάστημα στο οποίο ο χρόνος πρόσκρουσης είναι κάτω από το όριο ασφαλείας (TET<sub>5</sub>). Οι κατανομές των μεταβλητών TTC και TET<sub>5</sub> απεικονίζονται στα Διαγράμματα 15 και 16. Τα διαγράμματα υποδεικνύουν ότι οι TTC και TET<sub>5</sub> ακολουθούν την Εκθετική Κατανομή.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 15 : Ιστογράμμο κατανομής συχνοτήτων της μεταβλητής TTC.**



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 16 : Ιστογράμμο κατανομής συχνοτήτων της μεταβλητής TET.**

Ο μέσος χρόνος που μεσολαβεί έως την πρόσκρουση των οχημάτων είναι 7,83 sec και το μέσο χρονικό διάστημα στο οποίο ο χρόνος πρόσκρουσης είναι κάτω από το όριο ασφαλείας είναι 0,90 sec.

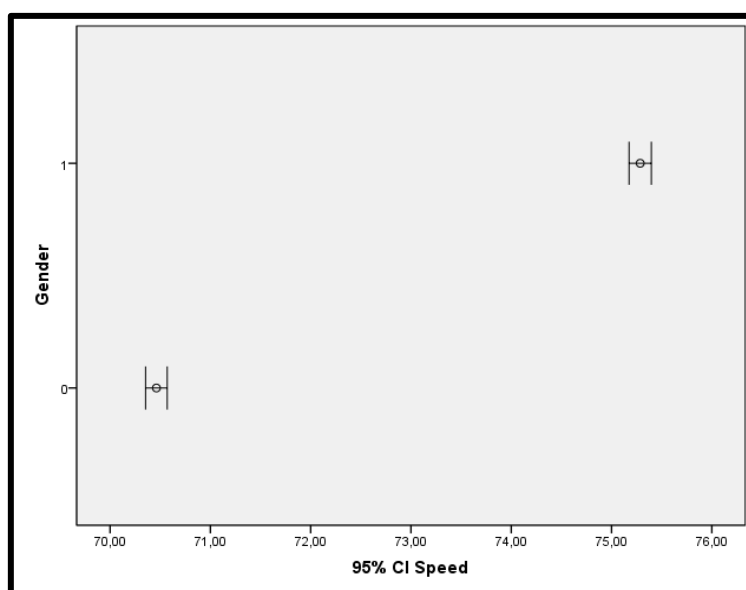
#### 4.4 Συμπεριφορά Οδήγησης με βάση το Φύλο

Η κίνηση, η ταχύτητα και η θέση των υπό εξέταση οχημάτων έναντι των προπορευόμενων και των επερχόμενων οχημάτων παρουσιάζονται, με βάση το φύλο του οδηγού των υπό εξέταση οχημάτων, στον Πίνακα 5.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά ροής με βάση το φύλο του οδηγού των υπό εξέταση οχημάτων.**

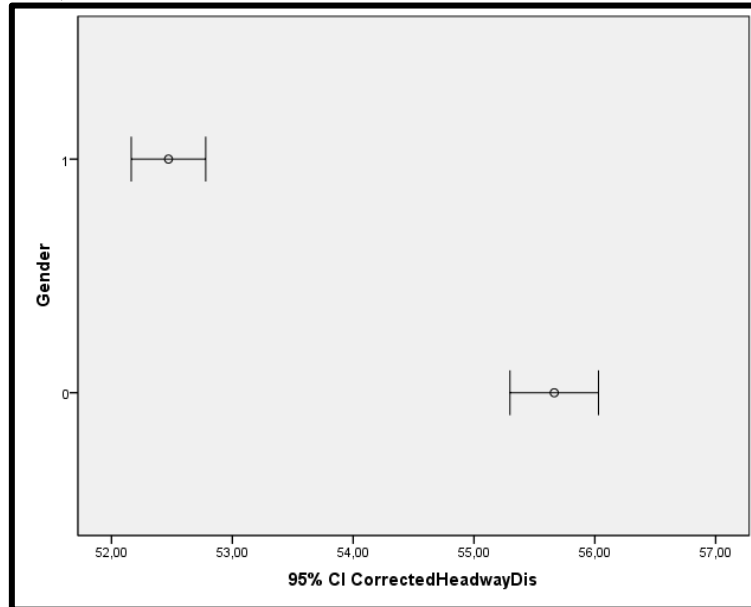
Φύλο	Κίνηση στο αντίθετο ρεύμα	Ταχύτητα Οχήματος (Μ.Ο.)	Απόσταση από προπορευόμενο όχημα (Μ.Ο.)	Απόσταση από επερχόμενο όχημα (Μ.Ο.)
Αντρες	Όχι	73	54	204
	Ναι	85	48	337
	<b>Σύνολο</b>	<b>75</b>	<b>52</b>	<b>232</b>
Γυναίκες	Όχι	69	57	247
	Ναι	76	49	386
	<b>Σύνολο</b>	<b>70</b>	<b>56</b>	<b>272</b>
Σύνολο	Όχι	71	55	224
	Ναι	81	48	357
	<b>Σύνολο</b>	<b>73</b>	<b>54</b>	<b>250</b>

Η μέση ταχύτητα των υπό εξέταση οχημάτων με οδηγό άντρα είναι 75 km/h, έναντι 70km/h με οδηγό γυναίκα. Τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης για τις δύο μέσες τιμές δεν έχουν κοινά σημεία γεγονός που υποδεικνύει μια στατιστικά σημαντική διαφορά στην ταχύτητα των υπό εξέταση οχημάτων με βάση το φύλο (Διάγραμμα 17).



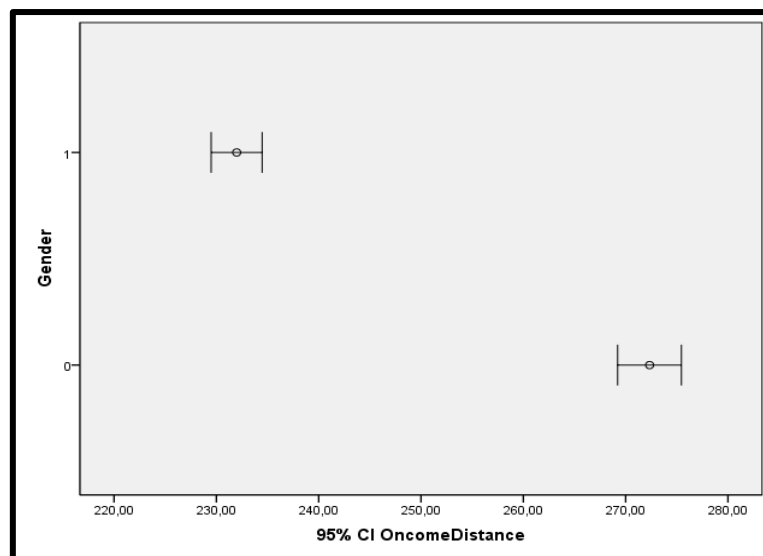
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 17 : Διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων ταχυτήτων των υπό εξέταση οχημάτων ανά φύλο.**

Η μέση απόσταση των υπό εξέταση οχημάτων από τα προπορευόμενα οχήματα όταν ο οδηγός είναι άντρας είναι 52m, έναντι 56m όταν ο οδηγός είναι γυναίκα. Τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης για τις δύο μέσες τιμές δεν έχουν κοινά σημεία γεγονός που υποδεικνύει μια στατιστικά σημαντική διαφορά στις αποστάσεις που κρατούν από τα προπορευόμενα οχήματα τα δύο φύλα (Διάγραμμα 18).



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 18 : Διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων αποστάσεων των υπό εξέταση οχημάτων με τα προπορευόμενα ανά φύλο.**

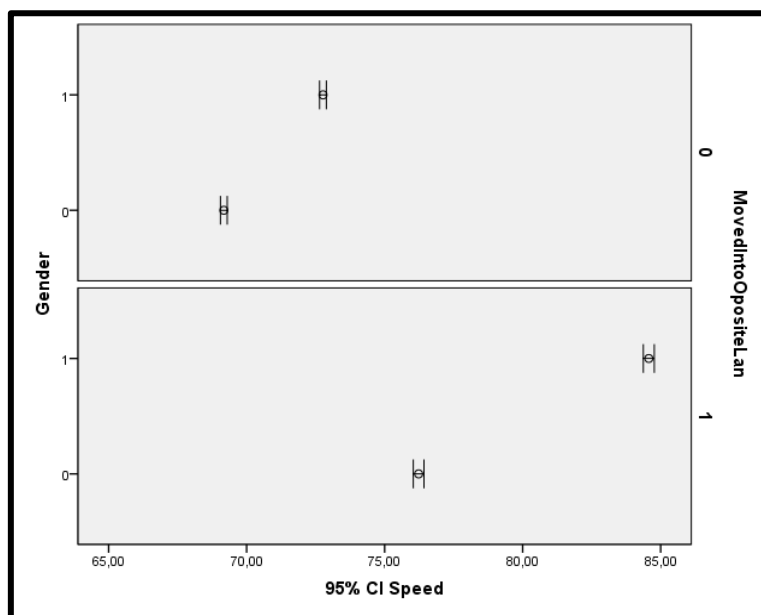
Η μέση απόσταση των υπό εξέταση οχημάτων από τα επερχόμενα οχήματα όταν ο οδηγός είναι άντρας είναι 232m, έναντι 272m όταν ο οδηγός είναι γυναίκα. Τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης για τις δύο μέσες τιμές δεν έχουν κοινά σημεία γεγονός που υποδεικνύει μια στατιστικά σημαντική διαφορά στις αποστάσεις από τα επερχόμενα οχήματα ανάλογα με το φύλο (Διάγραμμα 19).



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 19 : Διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων αποστάσεων των υπό εξέταση οχημάτων με τα επερχόμενα ανά φύλο.**

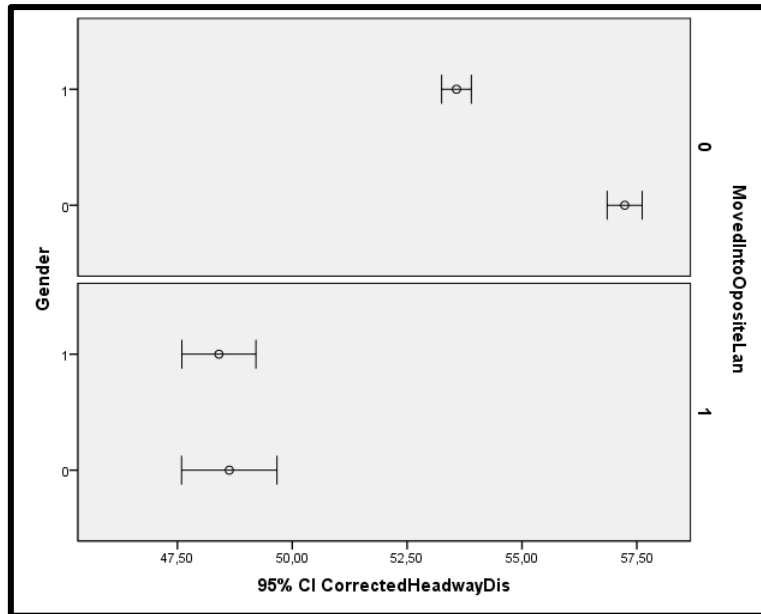
Η συνολική εικόνα με βάση τα αμέσως παραπάνω υποδεικνύει ότι τα καταγεγραμμένα σενάρια εμφανίζουν τις γυναίκες ως πιο συντηρητικές οδηγούς έναντι των αντρών τόσο ως προς τη μέση ταχύτητα οδήγησης, όσο και ως προς τις αποστάσεις που κρατούν από τα προπορευόμενα και επερχόμενα οχήματα.

Τόσο οι άντρες όσο και οι γυναίκες αναπτύσσουν σημαντικά μεγαλύτερες ταχύτητες όταν κινούνται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Αυτό εξηγείται λογικά αφού η κίνηση στο αντίθετο ρεύμα γίνεται κυρίως για λόγους προοπέρασης. Ειδικότερα, στην κίνηση στο αντίθετο ρεύμα αυξάνει και η διαφορά στις ταχύτητες των δύο φύλων, υπέρ των αντρών. Τα 95% Δ.Ε. για τις μέσες τιμές δεν έχουν κοινά σημεία γεγονός που υποδεικνύει τη διαφορά αυτή (Διάγραμμα 20).



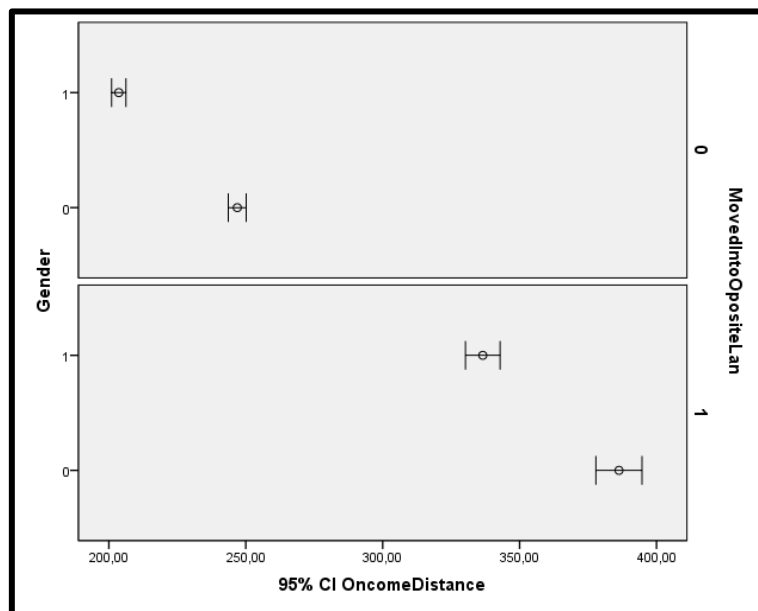
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 20** :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ ταχύτητας υπό εξέταση οχήματος-ρεύμα κίνησης-φύλο.

Όπως είναι επίσης εύλογο, αν υποθέσουμε ως αιτία την προοπέραση, οι αποστάσεις από τα προπορευόμενα οχήματα μειώνονται σημαντικά όταν η κίνηση γίνεται στο αντίθετο ρεύμα. Επίσης, στην περίπτωση της κίνησης στο αντίθετο ρεύμα οι αποστάσεις από τα προπορευόμενα οχήματα δε διαφέρουν με βάση το φύλο του οδηγού, όπως υποδεικνύεται από τα κοινά σημεία των 95% Δ.Ε για τη μέση απόσταση (Διάγραμμα 21).



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 21 :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ απόστασης από προπορευόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης-φύλο.**

Ένα ακόμη εύλογο συμπέρασμα, αν υποθέσουμε ως αιτία την προσπέραση, είναι ότι οι αποστάσεις από τα επερχόμενα οχήματα είναι μεγαλύτερες όταν η κίνηση γίνεται στο αντίθετο ρεύμα προς αποφυγή του κινδύνου πρόσκρουσης. Αυτό ισχύει τόσο για τους άντρες όσο και για τις γυναίκες οδηγούς (Διάγραμμα 22).



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 22 :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ απόστασης από επερχόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης-φύλο.**

## 4.5 Χωρικοί Διαχωρισμοί και Σχετικές ταχύτητες

Ο Πίνακας 6 παρουσιάζει τη μέση απόσταση μεταξύ των υπό εξέταση οχημάτων και των οχημάτων που είτε προπορεύονται είτε είναι επερχόμενα αυτών, σε συνδυασμό με τις σχετικές τους ταχύτητες, αλλά και με το ρεύμα κίνησης των υπό εξέταση οχημάτων. Η εικόνα είναι διαφωτιστική όσον αφορά τη θέση των οχημάτων, τη συμπεριφορά τους και τον κίνδυνο που ενέχουν αυτά.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6 :Συσχετισμοί σχετικών ταχυτήτων-σχετικών αποστάσεων-ρεύμα κίνησης.**

Κίνηση στο αντίθετο ρεύμα	Speed>CorrectedHeadwaySpe (Speeddiff_p_n)	Speed<CorrectedOncomingSp (Speeddiff_o_p_n)	Απόσταση από το προπορευόμενο όχημα (Μ.Ο.)	Απόσταση από το επερχόμενο όχημα (Μ.Ο.)	Πλήθος περιπτώσεων
Όχι	Όχι	Όχι	53	209	6.301
		Ναι	47	242	23.646
		Σύνολο	48	235	29.947
	Ναι	Όχι	63	212	107.589
		Ναι	27	272	20.255
		Σύνολο	57	221	127.844
	Σύνολο	Όχι	62	211	113.890
		Ναι	38	256	43.901
		Σύνολο	55	224	157.791
Ναι	Όχι	Όχι	13	611	399
		Ναι	15	349	1.641
		Σύνολο	15	400	2.040
	Ναι	Όχι	53	348	35.055
		Ναι	11	473	2.187
		Σύνολο	50	355	37.242
	Σύνολο	Όχι	52	351	35.454
		Ναι	13	419	3.828
		Σύνολο	48	357	39.282
Σύνολο	Όχι	Όχι	51	233	6.700
		Ναι	45	249	25.287
		Σύνολο	46	246	31.987
	Ναι	Όχι	60	245	142.644
		Ναι	25	292	22.442
		Σύνολο	55	251	165.086
	Σύνολο	Όχι	60	245	149.344
		Ναι	36	269	47.729
		Σύνολο	54	250	197.073

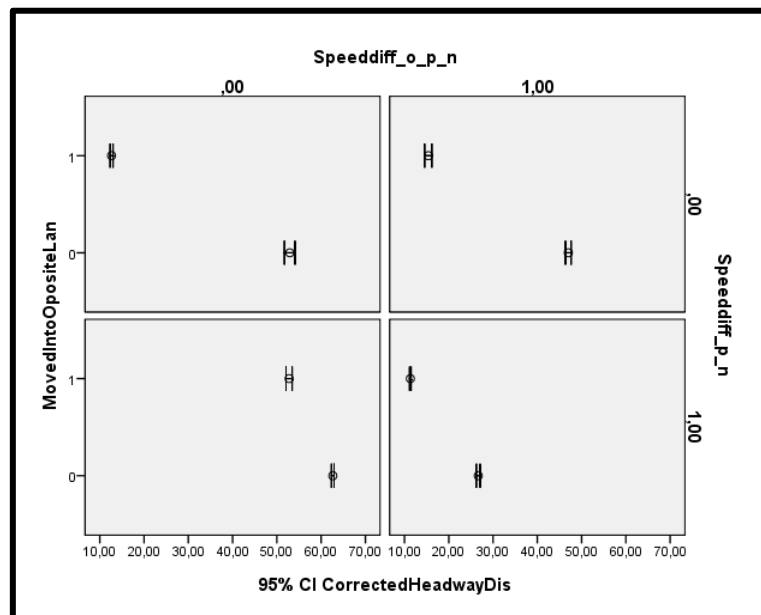
Ενδεικτικά σημειώνεται ότι, από τα 197.073 διαφορετικά σενάρια συμπεριφοράς οδήγησης

- σε 107.589 περιπτώσεις το υπό εξέταση όχημα κινείται στο ίδιο ρεύμα κυκλοφορίας και η ταχύτητά του είναι μεγαλύτερη τόσο από το προπορευόμενο όχημα όσο και από το επερχόμενο όχημα. Τα οχήματα με αυτή τη συμπεριφορά οδήγησης έχουν μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα 63m και από το επερχόμενο όχημα 212m.
- Σε 35.055 περιπτώσεις το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας και η ταχύτητά του είναι μεγαλύτερη τόσο από το προπορευόμενο όχημα όσο και από το επερχόμενο όχημα. Τα οχήματα με αυτή τη συμπεριφορά οδήγησης έχουν μέση απόσταση

από το προπορευόμενο όχημα 53m και από το επερχόμενο όχημα 348m

Τα Διαγράμματα 23 και 24 στα οποία απεικονίζονται τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων όρων των μελετώμενων αποστάσεων υποδεικνύουν τα εξής:

- Παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά μικρές αποστάσεις των υπό εξέταση οχημάτων από τα προπορευόμενα οχήματα όταν τα πρώτα κινούνται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, η ταχύτητά τους είναι μεγαλύτερη από αυτή των δευτέρων και μικρότερη από αυτή των επερχόμενων οχημάτων.
- Επίσης μικρότερες αποστάσεις παρατηρούνται όταν τα υπό εξέταση οχήματα κινούνται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, η ταχύτητά τους είναι μικρότερη από αυτή των προπορευόμενων και μεγαλύτερη από αυτή των επερχόμενων οχημάτων.
- Αντίθετα, μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των υπό εξέταση και των προπορευόμενων οχημάτων παρατηρούνται όταν η κίνηση γίνεται στο ίδιο ρεύμα κυκλοφορίας και η ταχύτητα των πρώτων είναι μικρότερη από αυτή των δευτέρων ή μεγαλύτερη από αυτή των επερχόμενων οχημάτων.

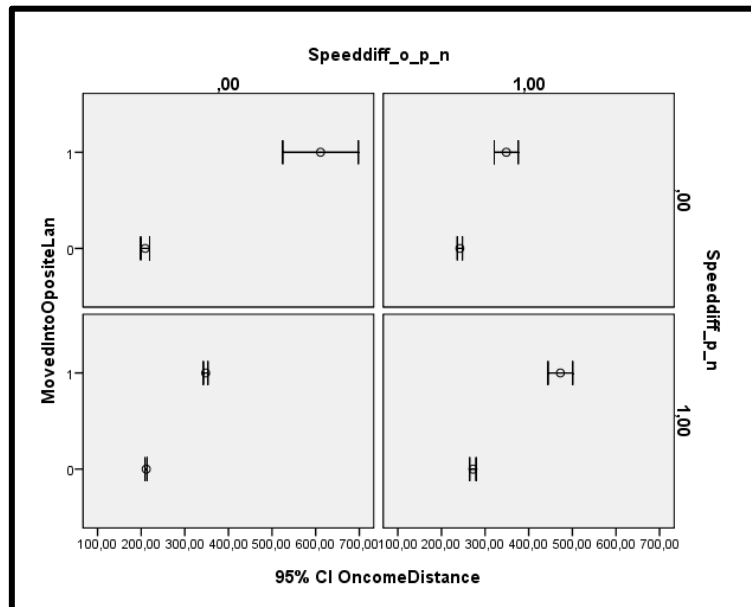


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 23 : Διαστήματα εμπιστοσύνης σχετικών ταχυτήτων-απόστασης από προπορευόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης.**

- Παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά μικρές αποστάσεις των υπό εξέταση οχημάτων από τα επερχόμενα οχήματα όταν τα πρώτα δεν κινούνται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας ανεξαρτήτως των σχετικών ταχυτήτων τους. Συνάγεται το συμπέρασμα ότι όταν παρατηρείται κίνηση στο αντίθετο ρεύμα αποφεύγονται οι προσπεράσεις
- Αντίθετα, όταν τα υπό εξέταση οχήματα κινούνται στο αντίθετο ρεύμα οι αποστάσεις από τα επερχόμενα οχήματα είναι σημαντικά μεγαλύτερες. Η απόσταση μεγαλώνει ακόμη πιο πολύ όταν η

ταχύτητα του υπό εξέταση οχήματος είναι μεγαλύτερη από αυτή του επερχόμενου.

- Γενικά καταγράφεται μικρή συχνότητα κίνησης στο αντίθετο ρεύμα όταν η ταχύτητα των υπό εξέταση οχημάτων είναι μικρότερη από το προπορευόμενο όχημα (2.040 περιστατικά) ή από το επερχόμενο όχημα (3.828 περιστατικά).



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 24 : Διαστήματα εμπιστοσύνης σχετικών ταχυτήτων-απόστασης από επερχόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης.**

## 4.6 Χρόνος για Σύγκρουση σε σχέση με Φύλο και Ρεύμα Κυκλοφορίας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην παρουσίαση των μεταβλητών TTC και TET\_5, ο μέσος χρόνος που μεσολαβεί έως την πρόσκρουση των οχημάτων (TTC) είναι 7,83 sec και το μέσο χρονικό διάστημα στο οποίο ο χρόνος πρόσκρουσης είναι κάτω από το όριο ασφαλείας (TET\_5) είναι 0,90 sec.

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι χρόνοι αυτοί με βάση το φύλο και το ρεύμα κίνησης των υπό εξέταση οχημάτων.



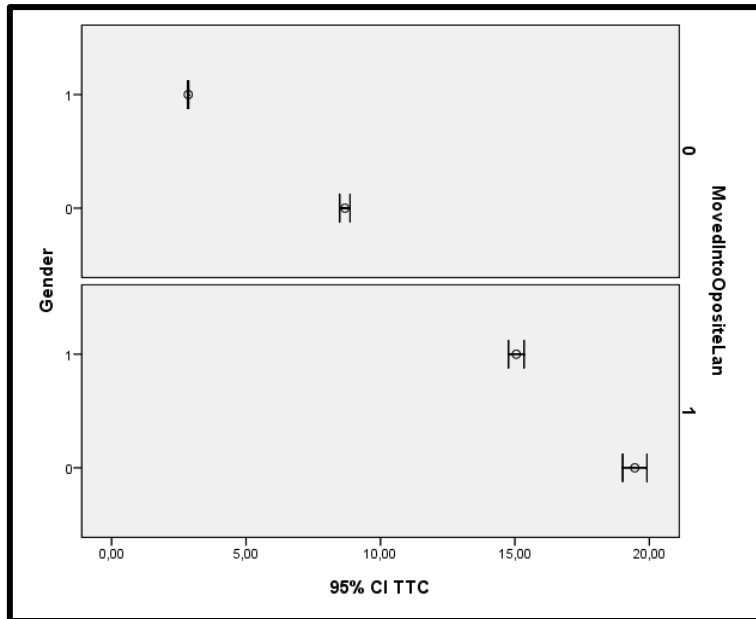
**ΠΙΝΑΚΑΣ 7 :Οι χρόνοι σύγκρουσης αναφορικά με το φύλο και το ρεύμα κίνησης.**

Φύλο	Κίνηση στο αντίθετο ρεύμα	TTC (Μ.Ο.)	TET_5 (Μ.Ο.)	Πλήθος περιπτώσεων
Γυναίκες	Όχι	8,68	1,15	73.761
	Ναι	19,46	,04	16.480
	Σύνολο	10,65	,95	90.241
Άντρες	Όχι	2,85	1,07	84.030
	Ναι	15,05	,04	22.802
	Σύνολο	5,45	,85	106.832
Σύνολο	Όχι	5,57	1,11	157.791
	Ναι	16,90	,04	39.282
	Σύνολο	7,83	,90	197.073

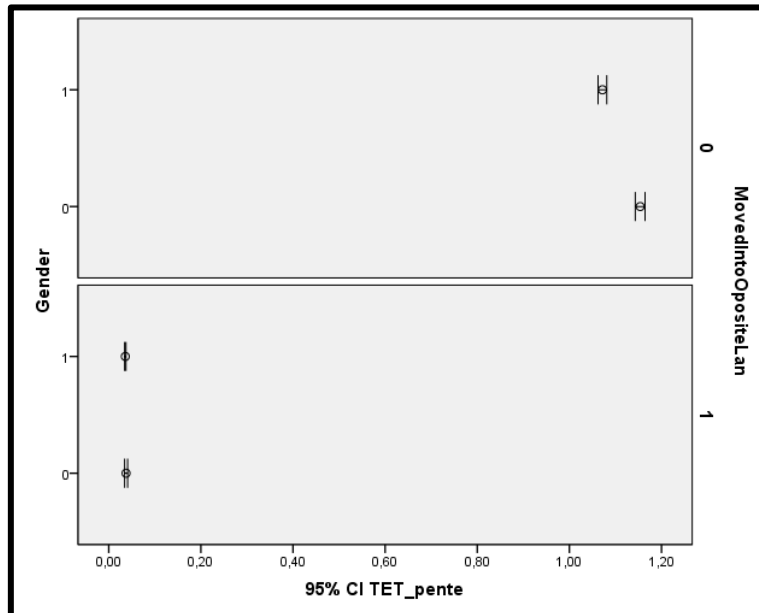
Παρατηρείται ότι ο χρόνος TTC για τις γυναίκες είναι διπλάσιος του TTC για τους άντρες, ενώ ο TET\_5 των γυναικών είναι περίπου 10% μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο στους άντρες. Επίσης, ο TTC είναι τρεις φορές μεγαλύτερος όταν τα υπό εξέταση οχήματα κινούνται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, ενώ αντίθετη τάση παρατηρείται για τον TET\_5, ο οποίος είναι 20 φορές μικρότερος όταν τα υπό εξέταση οχήματα κινούνται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας.

Μελετώντας τους χρόνους TTC και TET\_5 συνδυαστικά με βάση το φύλο και το ρεύμα κίνησης των υπό εξέταση οχημάτων, με τη βοήθεια των Διαγραμμάτων 25 και 26 που απεικονίζουν τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων TTC και TET\_5, παρατηρούμε ενδεικτικά τα εξής:

- Όταν τα υπό εξέταση οχήματα δεν κινούνται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας ο TTC στις γυναίκες είναι σχεδόν τριπλάσιος από τον TTC στους άντρες.
- Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στον μέσο TTC με βάση το φύλο του οδηγού, «υπέρ» των γυναικών, ανεξαρτήτως του ρεύματος κίνησης των υπό εξέταση οχημάτων.
- Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στον μέσο TTC ανάλογα με το ρεύμα κίνησης των οχημάτων, «υπέρ» της κίνησης στο αντίθετο ρεύμα, ανεξαρτήτως του φύλου του οδηγού.
- Όταν τα υπό εξέταση οχήματα δεν κινούνται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας ο TET\_5 στις γυναίκες περίπου 10% μεγαλύτερος από τον TET\_5 στους άντρες.
- Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στον μέσο TET\_5 με βάση το φύλο του οδηγού, «υπέρ» των γυναικών, μόνο όταν το όχημα δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας.
- Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στον μέσο TET\_5 ανάλογα με το ρεύμα κίνησης των οχημάτων, «υπέρ» της κίνησης στο ίδιο ρεύμα, ανεξαρτήτως του φύλου του οδηγού.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 25** :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ TTC-ρεύμα κίνησης-φύλο.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 26** :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ TET-ρεύμα κίνησης-φύλο.

## 4.7 Ο Χρόνος για Σύγκρουση σε σχέση με τις Σχετικές Ταχύτητες και το Ρεύμα Κίνησης

Ο Πίνακας 8 παρουσιάζει το μέσο χρόνο που μεσολαβεί έως την πρόσκρουση των οχημάτων (TTC) και το μέσο χρονικό διάστημα στο οποίο ο χρόνος πρόσκρουσης είναι κάτω από το όριο ασφαλείας (TET<sub>5</sub>), σε συνδυασμό με τις σχετικές τους ταχύτητες, αλλά και με το ρεύμα κίνησης των υπό εξέταση οχημάτων.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8 :Συσχετισμοί χρόνων κρούσης-σχετικών ταχυτήτων-ρεύμα κίνησης.**

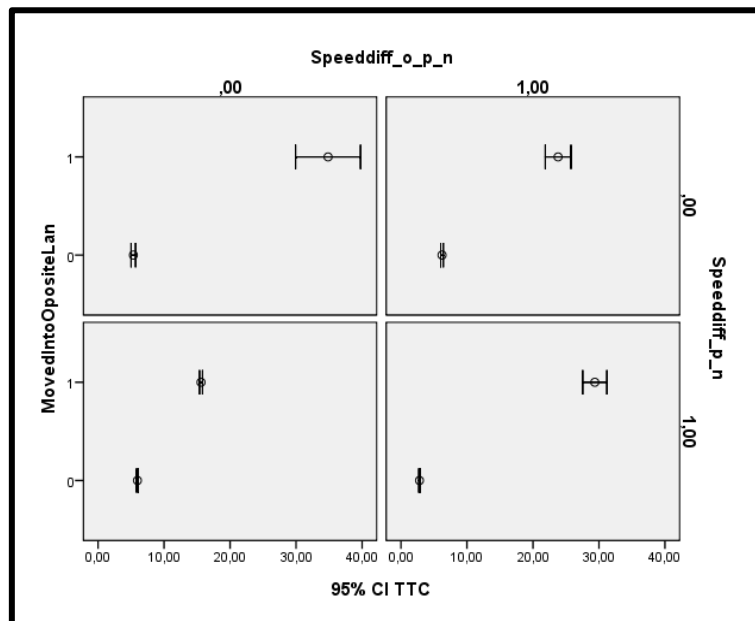
Κίνηση στο αντίθετο ρεύμα	Speed>CorrectedHeadwaySpe (Speeddiff_p_n)	Speed<CorrectedOncomingSp (Speeddiff_o_p_n)	TTC (M.O.)	TET_5 (M.O.)	Πλήθος περιπτώσεων	
Όχι	Όχι	Όχι	5,3	1,3	6.301	
		Ναι	6,2	1,5	23.646	
		Σύνολο	6,0	1,4	29.947	
	Ναι	Σύνολο	Όχι	6,0	,9	107.589
			Ναι	2,8	1,5	20.255
			Σύνολο	5,5	1,0	127.844
	Σύνολο	Σύνολο	Όχι	5,9	1,0	113.890
			Ναι	4,6	1,5	43.901
			Σύνολο	5,6	1,1	157.791
Ναι	Όχι	Όχι	34,8	,0	399	
		Ναι	23,8	,1	1.641	
		Σύνολο	26,0	,1	2.040	
	Ναι	Σύνολο	Όχι	15,6	,0	35.055
			Ναι	29,4	,0	2.187
			Σύνολο	16,4	,0	37.242
	Σύνολο	Σύνολο	Όχι	15,8	,0	35.454
			Ναι	27,0	,1	3.828
			Σύνολο	16,9	,0	39.282
Σύνολο	Όχι	Όχι	7,1	1,2	6.700	
		Ναι	7,4	1,4	25.287	
		Σύνολο	7,3	1,3	31.987	
	Ναι	Σύνολο	Όχι	8,3	,7	142.644
			Ναι	5,4	1,4	22.442
			Σύνολο	7,9	,8	165.086
	Σύνολο	Σύνολο	Όχι	8,3	,7	149.344
			Ναι	6,4	1,4	47.729
			Σύνολο	7,8	,9	197.073

Ενδεικτικά σημειώνεται ότι, από τα 197.073 διαφορετικά σενάρια συμπεριφοράς οδήγησης

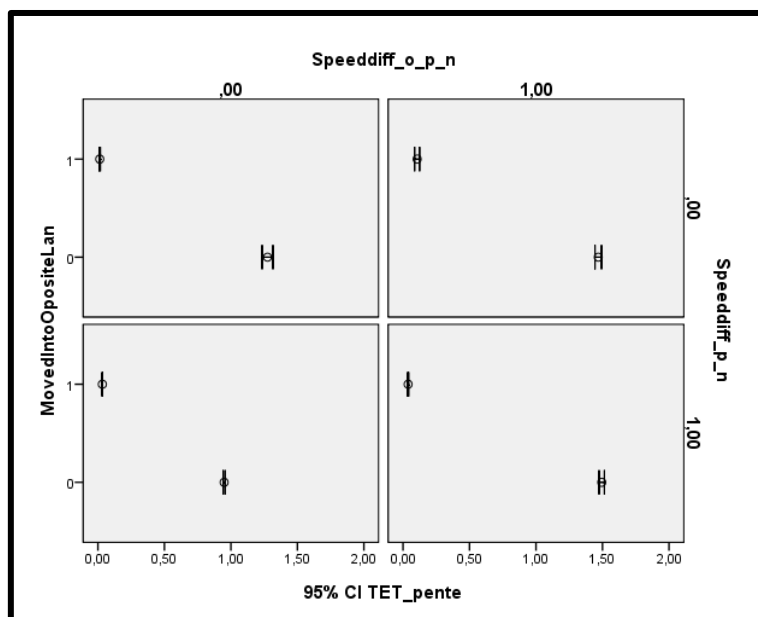
- σε 107.589 περιπτώσεις το υπό εξέταση όχημα κινείται στο ίδιο ρεύμα κυκλοφορίας και η ταχύτητά του είναι μεγαλύτερη τόσο από το προπορευόμενο όχημα όσο και από το επερχόμενο όχημα. Τα οχήματα με αυτή τη συμπεριφορά οδήγησης έχουν μέσο TTC ίσο με 6sec και μέσο TET\_5 ίσο με 0,9sec.
- Σε 35.055 περιπτώσεις το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας και η ταχύτητά του είναι μεγαλύτερη τόσο από το προπορευόμενο όχημα όσο και από το επερχόμενο όχημα. Τα οχήματα με αυτή τη συμπεριφορά οδήγησης έχουν μέσο TTC ίσο με 15,6sec και μέσο TET\_5 ίσο με 0,0sec.
- Οι δύο μεγαλύτεροι μέσοι TTC παρατηρούνται όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας και, έχει μικρότερη ταχύτητα από το προπορευόμενο και μεγαλύτερη από το επερχόμενο όχημα (34,8sec) ή έχει μεγαλύτερη ταχύτητα από το προπορευόμενο και μικρότερη από το επερχόμενο όχημα (29,4sec).
- Ο μικρότερος μέσος TTC παρατηρείται όταν το υπό εξέταση όχημα δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας και έχει μεγαλύτερη ταχύτητα από το προπορευόμενο και μικρότερη από το επερχόμενο όχημα (2,8sec)

Τα Διαγράμματα 27 και 28 στα οποία απεικονίζονται τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων όρων των TTC και TET\_5 υποδεικνύουν τα εξής:

- Παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά μεγαλύτεροι χρόνοι TTC όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας ανεξαρτήτως των σχετικών του ταχυτήτων με τα προπορευόμενα και τα επερχόμενα οχήματα.
- Παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά μικρότεροι χρόνοι TET\_5 όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας ανεξαρτήτως των σχετικών του ταχυτήτων με τα προπορευόμενα και τα επερχόμενα οχήματα.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 27 :** Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ TTC-σχετικών ταχυτήτων-ρεύμα κίνησης.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 28 :** Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ TET-σχετικών ταχυτήτων-ρεύμα κίνησης.

## 4.8 Έλεγχος Συσχέτισης

Ο έλεγχος της συσχέτισης των ποσοτικών μεταβλητών της συμπεριφοράς οδήγησης γίνεται με το συντελεστή Pearson  $r$ . Στην πραγματικότητα, ο συντελεστής αυτός μετράει την ένταση της γραμμικής σχέσης μεταξύ δυο ποσοτικών μεταβλητών. Κάνοντας χρήση του εμπειρικού κανόνα που καθορίζει ως όριο σημαντικότητας της γραμμικής σχέσης το  $r=\pm 0,4$ , τότε από τον Πίνακα 9 συμπεραίνονται τα εξής:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9 :Έλεγχος συσχέτισης ποσοτικών μεταβλητών.**

Pearson Correlation	Speed	CorrectedHeadwaySpe	CorrectedHeadwayDis	CorrectedOncomingSp	OncomeDistance	TTC	TET_pente	Speeddiff	Speeddiff_o
Speed									
CorrectedHeadwaySpe	.526								
CorrectedHeadwayDis	.204	-.086							
CorrectedOncomingSp	.438	.803	-.183						
OncomeDistance	.007	-.013	-.098	.038					
TTC	-.017	-.125	.185	-.124	.286				
TET_pente	-.141	.219	-.362	.238	-.063	-.211			
Speeddiff	.841	-.018	.295	.004	.017	.060	-.306		
Speeddiff_o	.818	.064	.341	-.158	-.017	.061	-.307	.921	

- Υπάρχουν ισχυρές θετικές γραμμικές σχέσεις μεταξύ της ταχύτητας του υπό εξέταση οχήματος, της ταχύτητας του προπορευόμενου αυτοκινήτου και της ταχύτητας του επερχόμενου αυτοκινήτου, ανά ζεύγος.
- Οι σχέσεις των διαφόρων ταχυτήτων με τις αντίστοιχες αποστάσεις και τους χρόνους κρούσης είναι γραμμικά ασθενείς.

## 4.9 Διαγραμματική Απεικόνιση

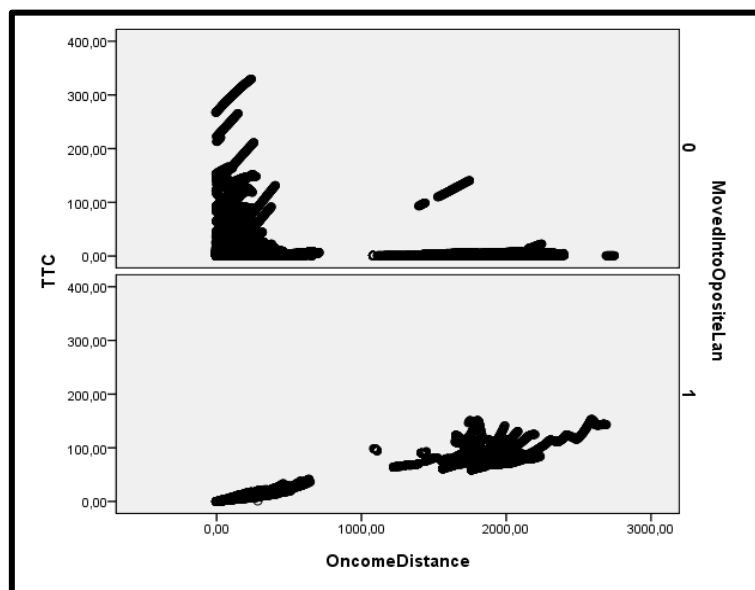
Η μελέτη των σχέσεων του χρόνου κρούσης με διάφορους παράγοντες συμπεριφοράς οδήγησης, με τη βοήθεια διαγραμμάτων είναι διαφωτιστική για την επιλογή των μεταβλητών και τον κατάλληλο μετασχηματισμό τους ώστε να σχεδιαστούν τα κατάλληλα γραμμικά υποδείγματα, βάσει των οποίων ερμηνεύεται η μεταβλητότητα των μεταβλητών TTC και TET<sub>5</sub>.

### 4.9.1 Η Σχέση της TTC και της TET<sub>5</sub> με την Απόσταση από το Επερχόμενο Όχημα

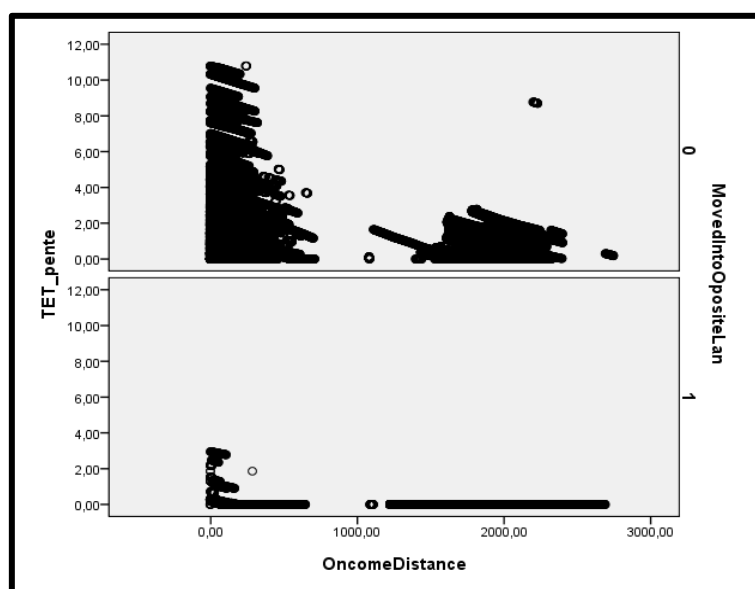
Στα Διαγράμματα 29 και 30 απεικονίζονται οι σχέσεις των TTC και TET<sub>5</sub> με την απόσταση μεταξύ του υπό εξέταση και του επερχόμενου οχήματος, ανάλογα με το ρεύμα κυκλοφορίας που κινείται το υπό εξέταση όχημα. Σημειώνονται τα εξής:

- Όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, παρατηρείται μια θετική γραμμική σχέση μεταξύ του TTC και της απόστασής του από το επερχόμενο όχημα. Δηλαδή, όπως θα περιμέναμε όσο πιο απομακρυσμένα είναι τα δύο οχήματα τόσο αυξάνεται ο χρόνος για τη σύγκρουση τους.

- Όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, παρατηρείται ότι για μικρές αποστάσεις από το επερχόμενο όχημα το TET\_5 έχει υψηλές τιμές, ενώ για αποστάσεις άνω των 200 μέτρων το TET\_5 εξομαλύνεται σε χαμηλές τιμές. Αυτό πιθανόν υποδηλώνει ότι η προσπέραση που επιχειρεί το υπό εξέταση όχημα είναι λιγότερο επικίνδυνη όταν η απόσταση από το επερχόμενο όχημα είναι μεγάλη.
- Όταν το υπό εξέταση όχημα δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, παρατηρούνται φθίνουσες εκθετικές σχέσεις του TTC και του TET\_5 με την απόστασή του από το επερχόμενο όχημα. Οι σχέσεις αυτές δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία διότι τα δύο οχήματα κινούνται σε διαφορετικές λωρίδες και η μελέτη της σύγκρουσής τους δεν κρίνεται σκόπιμη.



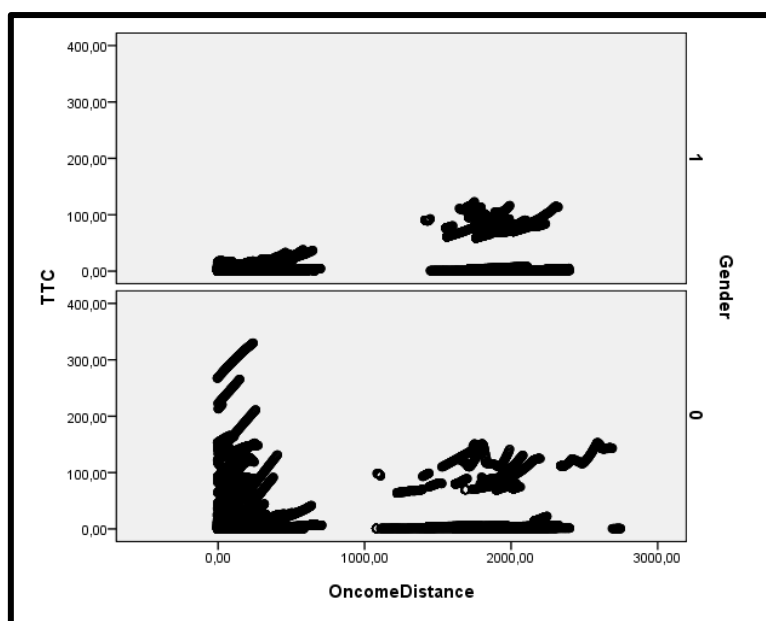
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 29** :Απεικόνιση σχέσεων TTC-απόσταση από επερχόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης.



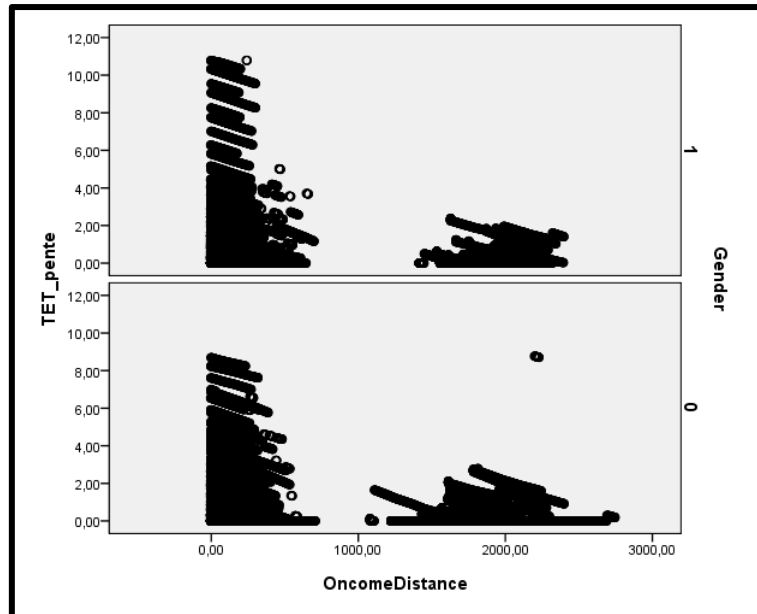
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 30** :Απεικόνιση σχέσεων TET-απόσταση από επερχόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης.

Στα Διαγράμματα 31 και 32 απεικονίζονται οι σχέσεις των TTC και TET\_5 με την απόσταση μεταξύ του υπό εξέταση και του επερχόμενου οχήματος, ανάλογα με το φύλο του οδηγού του υπό εξέταση οχήματος. Σημειώνονται τα εξής:

- Όταν στο υπό εξέταση όχημα οδηγός είναι άντρας παρατηρείται μια θετική γραμμική σχέση μεταξύ του TTC και της απόστασής του από το επερχόμενο όχημα. Δηλαδή, όσο πιο απομακρυσμένα είναι τα δύο οχήματα τόσο αυξάνεται ο χρόνος για τη σύγκρουση τους. Όταν στο υπό εξέταση όχημα οδηγός είναι γυναίκα παρατηρείται παρόμοια θετική γραμμική σχέση αλλά για αποστάσεις από το επερχόμενο όχημα μεγαλύτερες του ενός χιλιομέτρου. Για πολύ μικρές αποστάσεις ο χρόνος κρούσης έχει μεγάλη διασπορά.
- Τόσο για τους άντρες όσο και για τις γυναίκες οδηγούς παρατηρείται μια ελαφρώς αρνητική σχέση της TET\_5 με την απόσταση από το επερχόμενο όχημα, για αποστάσεις μεγαλύτερες του ενός χιλιομέτρου. Για πολύ μικρές αποστάσεις ο χρόνος κρούσης έχει μεγάλη διασπορά.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 31 :Απεικόνιση σχέσεων TTC-απόσταση από επερχόμενο όχημα-φύλο.**



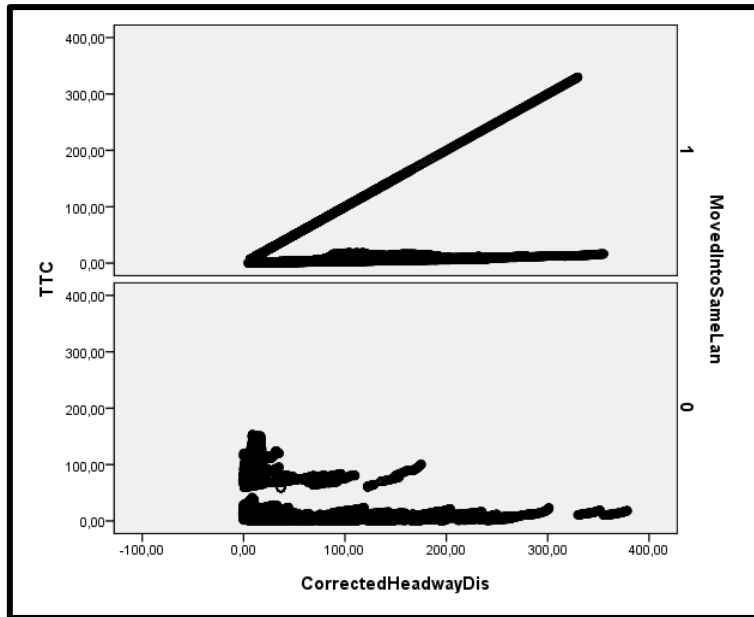
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 32** :Απεικόνιση σχέσεων TET-απόσταση από επερχόμενο όχημα-φύλο.

#### 4.9.2 Η Σχέση της TTC και της TET\_5 με την Απόσταση από το Προπορευόμενο Όχημα

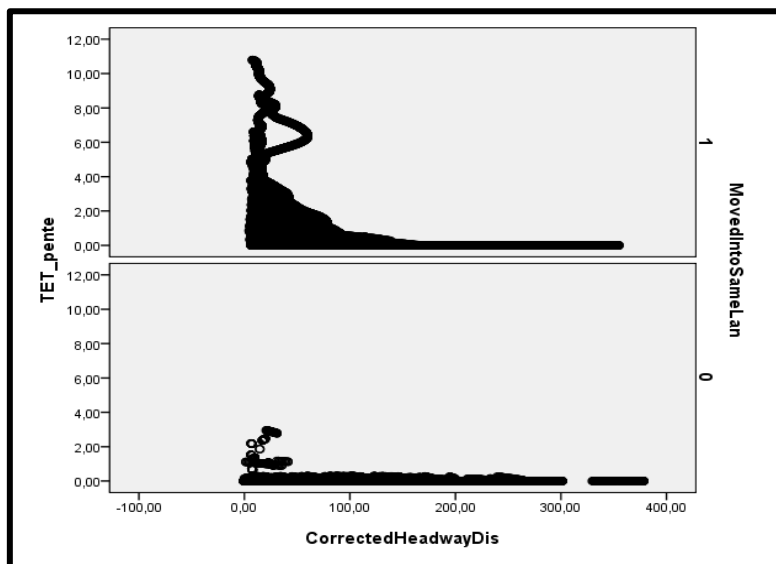
Στα Διαγράμματα 33 και 34 απεικονίζονται οι σχέσεις των TTC και TET\_5 με την απόσταση μεταξύ του υπό εξέταση και του προπορευόμενου οχήματος, ανάλογα με το ρεύμα κυκλοφορίας που κινείται το υπό εξέταση όχημα. Σημειώνονται τα εξής:

- Όταν το υπό εξέταση όχημα δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, παρατηρείται μια θετική γραμμική σχέση μεταξύ του TTC και της απόστασής του από το προπορευόμενο όχημα. Δηλαδή, όπως θα περιμέναμε όσο πιο απομακρυσμένα είναι τα δύο οχήματα τόσο αυξάνεται ο χρόνος για τη σύγκρουση τους.
- Όταν το υπό εξέταση όχημα δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, παρατηρείται ότι για μικρές αποστάσεις από το προπορευόμενο όχημα το TET\_5 έχει υψηλές τιμές, ενώ για αποστάσεις άνω των 150 μέτρων το TET\_5 εξομαλύνεται σε χαμηλές τιμές. Αυτό δηλώνει ότι όταν τα δύο οχήματα δεν κρατούν αποστάσεις η οδήγηση γόνεται επικίνδυνη.
- Όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, παρατηρείται φθίνουσα εκθετική σχέση μεταξύ του TET\_5 και την απόστασής του από το προπορευόμενο όχημα. Αυτό πιθανόν δηλώνει ότι όταν το υπό εξέταση όχημα επιχειρεί προσπέραση, η απόστασή του από το προπορευόμενο όχημα είναι μικρή και άρα υπάρχει κίνδυνος.





**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 33 :Απεικόνιση σχέσεων TTC-απόσταση από προπορευόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης.**

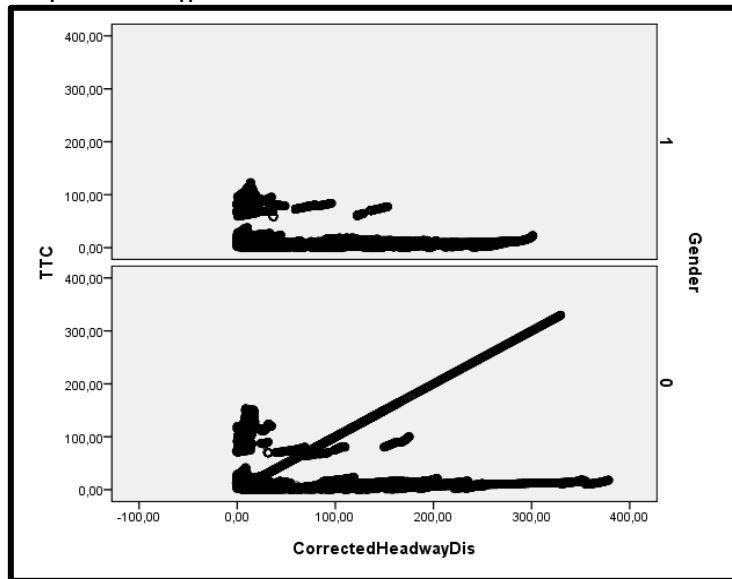


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 34 :Απεικόνιση σχέσεων TET-απόσταση από προπορευόμενο όχημα-ρεύμα κίνησης.**

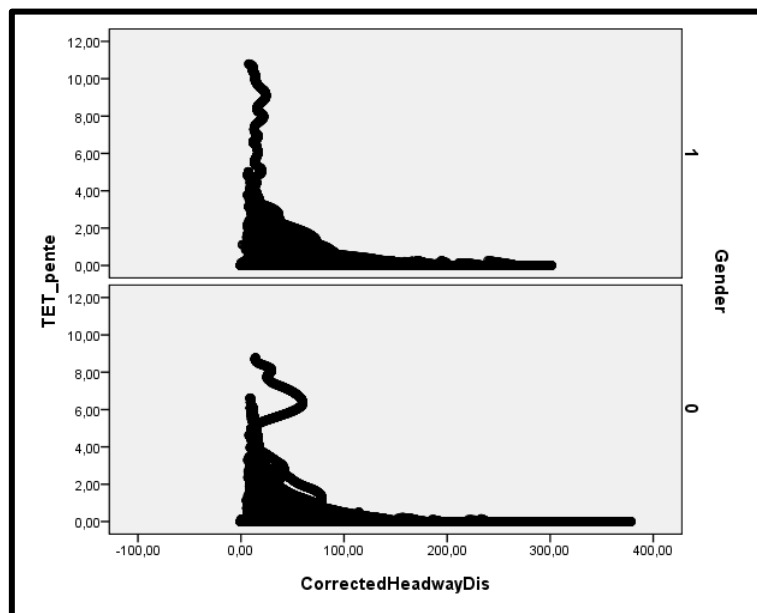
Στα Διαγράμματα 35 και 36 απεικονίζονται οι σχέσεις των TTC και TET<sub>5</sub> με την απόσταση μεταξύ του υπό εξέταση και του προπορευόμενου οχήματος, ανάλογα με το φύλο του οδηγού του υπό εξέταση οχήματος. Σημειώνονται τα εξής:

- Όταν στο υπό εξέταση όχημα οδηγός είναι γυναίκα παρατηρείται μια θετική γραμμική σχέση μεταξύ του TTC και της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Δηλαδή, όσο πιο απομακρυσμένα είναι τα δύο οχήματα τόσο αυξάνεται ο χρόνος για τη σύγκρουση τους. Όταν στο υπό εξέταση όχημα οδηγός είναι άντρας δεν παρατηρείται συσχέτιση του TTC και της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα.

- Τόσο για τους άντρες όσο και για τις γυναίκες οδηγούς παρατηρείται μια εκθετικά αρνητική σχέση της TTC\_5 με την απόσταση από το προπορευόμενο όχημα.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 35:**Απεικόνιση σχέσεων TTC-απόσταση από προπορευόμενο όχημα-φύλο.

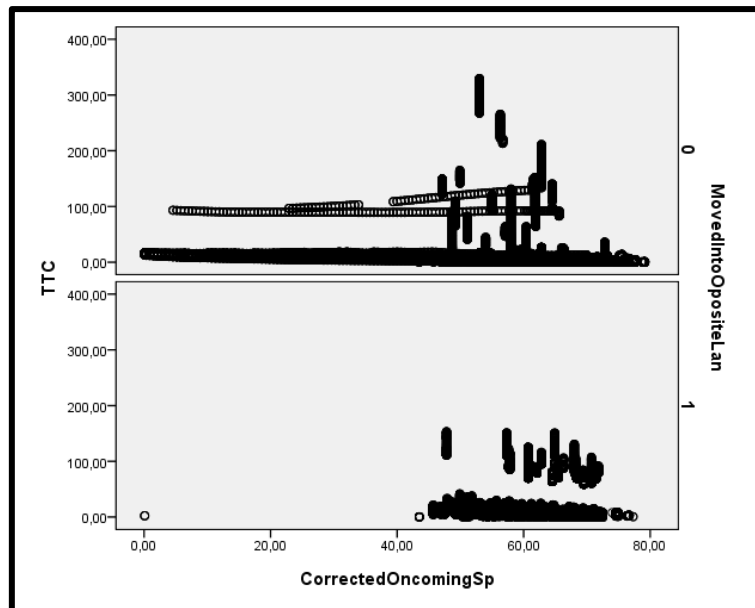


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 36 :**Απεικόνιση σχέσεων TET-απόσταση από προπορευόμενο όχημα-φύλο.

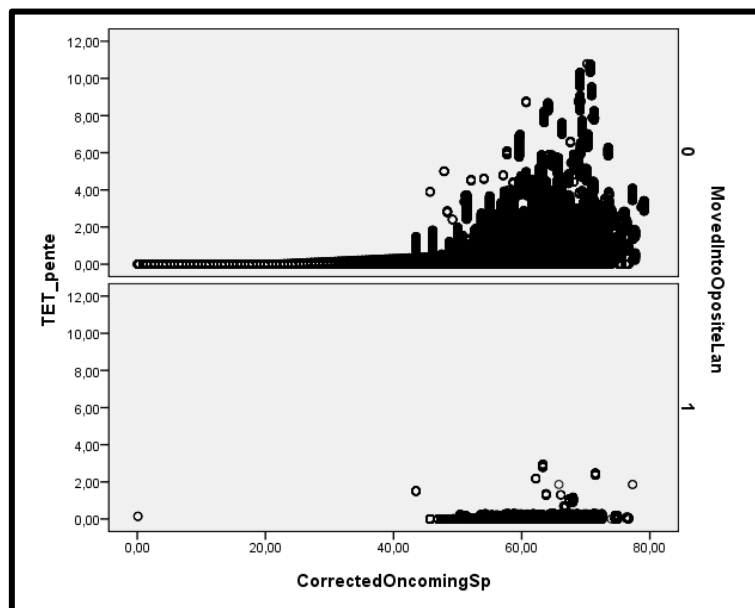
### 4.9.3 Η Σχέση της TTC και της TET\_5 με την Ταχύτητα του Επερχόμενου Αυτοκινήτου

Στα Διαγράμματα 37 και 38 απεικονίζονται οι σχέσεις των TTC και TET\_5 με την ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος, ανάλογα με το ρεύμα κυκλοφορίας που κινείται το υπό εξέταση όχημα. Σημειώνονται τα εξής:

- Όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, τα επερχόμενα οχήματα κινούνται με ταχύτητες από 40 έως 80 km/h. Γενικά παρατηρούνται χαμηλοί χρόνοι για την κρούση. Όμως, όταν η ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος είναι 60-70km/h παρατηρούνται και κάποιοι μεγαλύτεροι χρόνοι κρούσης.
- Όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, παρατηρούνται χαμηλές τιμές TET\_5 ανεξαρτήτως της ταχύτητας του επερχόμενου οχήματος.



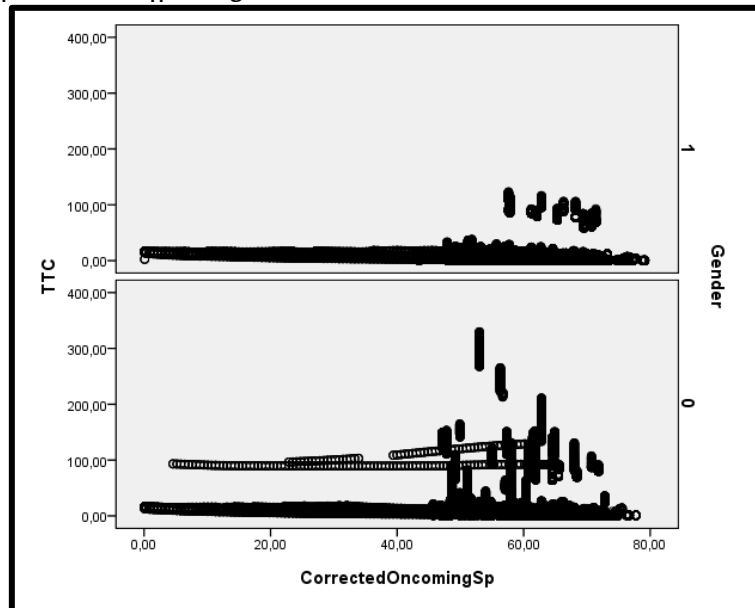
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 37 :**Απεικόνιση σχέσεων TTC-ταχύτητα επερχόμενου οχήματος- ρεύμα κίνησης.



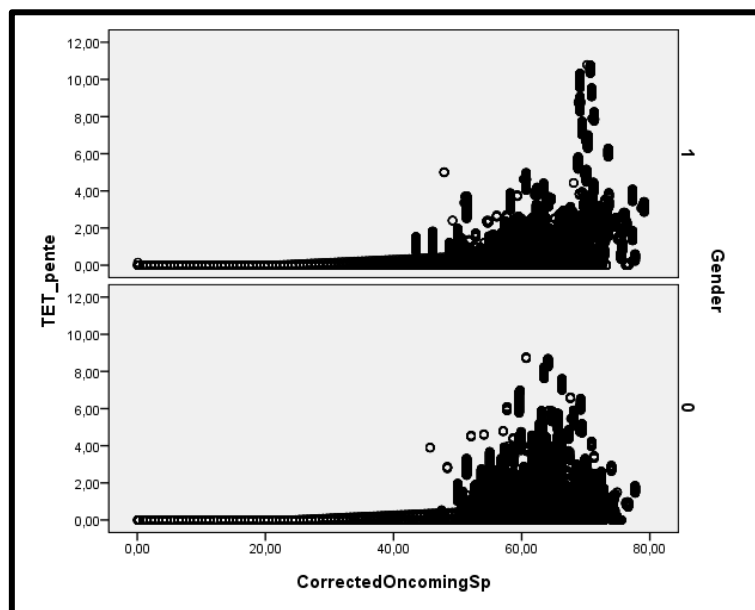
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 38 :**Απεικόνιση σχέσεων TET- ταχύτητα επερχόμενου οχήματος - ρεύμα κίνησης.

Στα Διαγράμματα 39 και 40 απεικονίζονται οι σχέσεις των TTC και TET\_5 με την ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος, ανάλογα με το φύλο του οδηγού του υπό εξέταση οχήματος. Σημειώνονται τα εξής:

- Τόσο για τους άντρες όσο και για τις γυναίκες οδηγούς παρατηρείται μια ελαφρώς εκθετικά θετική σχέση της TTC με την ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος.
- Τόσο για τους άντρες όσο και για τις γυναίκες οδηγούς παρατηρείται μια εκθετικά θετική σχέση της TET\_5 με την ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 39** :Απεικόνιση σχέσεων TTC-ταχύτητα επερχόμενου οχήματος-φύλο.

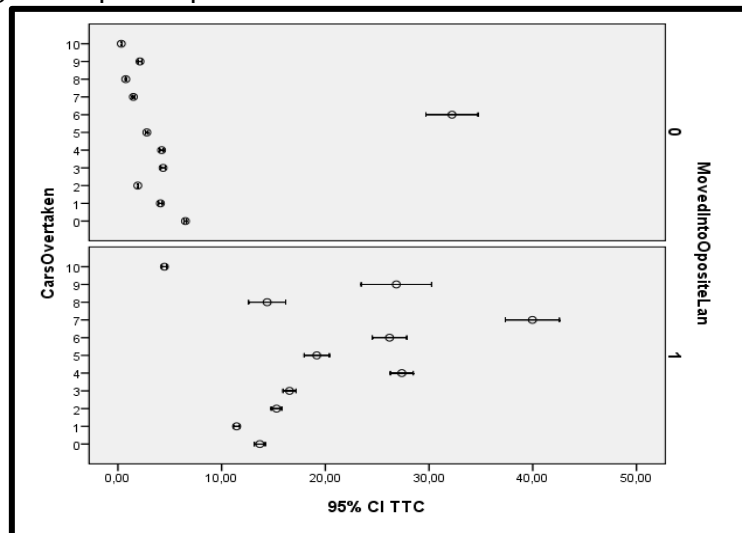


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 40** :Απεικόνιση σχέσεων TTC-ταχύτητα επερχόμενου οχήματος-φύλο.

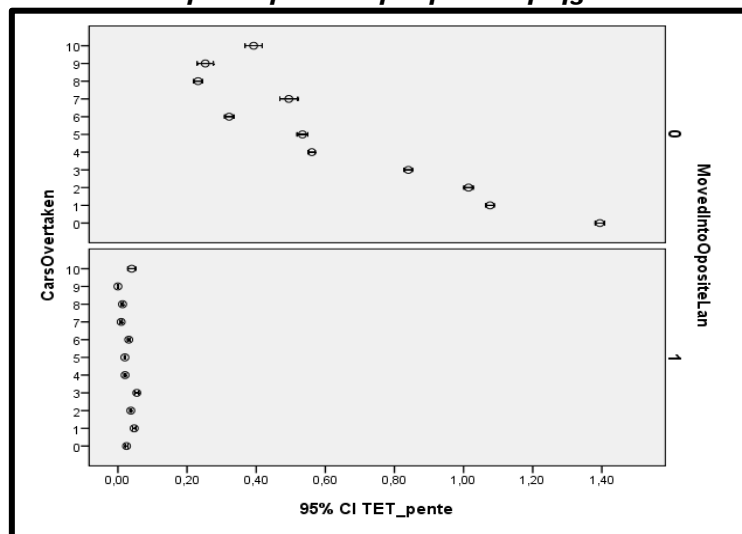
#### 4.9.4 Η Σχέση της TTC και της TET\_5 με τον αριθμό των Αυτοκινήτων που έχουν Προσπεραστεί

Στα Διαγράμματα 41 και 42 απεικονίζονται τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης για τις μέσες τιμές των TTC και TET\_5 με βάση των πλήθος των αυτοκινήτων που έχουν προσπεραστεί και το ρεύμα κυκλοφορίας που κινείται το υπό εξέταση όχημα. Σημειώνονται τα εξής:

- Όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, ο χρόνος για την κρούση γίνεται μεγαλύτερος όσο αυξάνει ο αριθμός των προσπεράσεων.
- Όταν το υπό εξέταση όχημα δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, ο χρόνος για την κρούση γίνεται μικρότερος όσο αυξάνει ο αριθμός των προσπεράσεων.
- Όταν το υπό εξέταση όχημα δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, ο χρόνος TET\_5 γίνεται μικρότερος όσο αυξάνει ο αριθμός των προσπεράσεων.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 41** :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ TTC-αριθμός προσπεράσεων-ρεύμα κίνησης.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 42** :Διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ TET-αριθμός προσπεράσεων-ρεύμα κίνησης.

## 4.10 Γραμμικό Υπόδειγμα για TTC

### 4.10.1 Παρουσίαση του Γραμμικού Μοντέλου

Λαμβάνοντας υπόψη τη διαγραμματική απεικόνιση των σχέσεων του χρόνου κρούσης TTC με διάφορους παράγοντες συμπεριφοράς οδήγησης που προηγήθηκε, προκύπτει ένα εύλογο και λιτό γραμμικό υπόδειγμα που ερμηνεύει επαρκώς τη μεταβλητότητα του TTC.

$$\ln(\widehat{TTC}) = 1,62 + 1,77MOL - 0,22G - 0,06CO + 0,002MOL\_OD + 0,016MSL\_HD - 0,025OSp$$

Όπου,

MOL - MovedIntoOpositeLan: παίρνει τιμή 1 όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Συμπεραίνουμε ότι όταν το όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας ο λογάριθμος του χρόνου για την κρούση είναι 1,77 μεγαλύτερος, δεδομένου ότι οι υπόλοιποι παράγοντες παραμένουν σταθεροί.

G – Gender: παίρνει τιμή 1 όταν ο οδηγός του το υπό εξέταση οχήματος είναι άντρας. Συμπεραίνουμε ότι όταν ο οδηγός είναι άντρας ο λογάριθμος του χρόνου για την κρούση είναι 0,22 μικρότερος, δεδομένου ότι οι υπόλοιποι παράγοντες παραμένουν σταθεροί.

CO – CarsOvertaken: το πλήθος των προσπεράσεων που έχουν καταγραφεί έχει αρνητική σχέση με τον λογάριθμο του χρόνου για την κρούση. Όταν αυξάνονται οι προσπεράσεις κατά μία ο λογάριθμος του χρόνου για την κρούση είναι 0,06 μικρότερος, δεδομένου ότι οι υπόλοιποι παράγοντες παραμένουν σταθεροί.

MOL\_OD – MovedIntoOpositeLan\*OncomeDistance: η απόσταση του υπό εξέταση οχήματος από το επερχόμενο, όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, έχει θετική σχέση με τον λογάριθμο του χρόνου για την κρούση. Όταν η απόσταση αυτή μεγαλώνει κατά ένα 100 μέτρα τότε ο λογάριθμος του χρόνου για την κρούση είναι 0,02 μεγαλύτερος, δεδομένου ότι οι υπόλοιποι παράγοντες παραμένουν σταθεροί.

MSL\_HD - MovedIntoSameLan\*CorrectedHeadwayDis: η απόσταση του υπό εξέταση οχήματος από το προπορευόμενο, όταν το υπό εξέταση όχημα δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, έχει θετική σχέση με τον λογάριθμο του χρόνου για την κρούση. Όταν η απόσταση αυτή μεγαλώνει κατά ένα 100 μέτρα τότε ο λογάριθμος του χρόνου για την κρούση είναι 0,16 μεγαλύτερος, δεδομένου ότι οι υπόλοιποι παράγοντες παραμένουν σταθεροί.

OSp – CorrectedOncomingSp: Η ταχύτητα του επερχόμενου αυτοκινήτου έχει αρνητική σχέση με τον λογάριθμο του χρόνου για την κρούση. Όταν αυξάνεται η ταχύτητα αυτή και κατά 1Km/h ο λογάριθμος του χρόνου για την κρούση είναι 0,025 μικρότερος, δεδομένου ότι οι υπόλοιποι παράγοντες παραμένουν σταθεροί.

#### 4.10.2 Αξιοπιστία του Γραμμικού Μοντέλου

Η ποιότητα και η αξιοπιστία του παραπάνω γραμμικού μοντέλου έγκειται αφενός μεν στη στατιστική σημαντικότητά του, αφετέρου δε στην ιoxύ των υποθέσεων που κάνουμε για τα κατάλοιπα.

##### A) Στατιστική σημαντικότητα των εκτιμήσεων

Η στατιστική σημαντικότητα αφορά το μοντέλο γενικά αλλά και τη σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου του ξεχωριστά.

Τα στατιστικά τεστ ή κριτήρια τα οποία μας πληροφορούν για τη σημαντικότητα του μοντέλου είναι ο Συντελεστής Προσδιορισμού (R-Square), το τυπικό σφάλμα της παλινδρόμησης (SE of the estimate) και ο έλεγχος για την ύπαρξη ή όχι γραμμικής σχέσης μεταξύ των μεταβλητών με βάση το F-statistic. Για το παραπάνω μοντέλο, με τη χρήση του SPSS, αναδείχθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

- Ο Συντελεστής προσδιορισμού είναι ίσος με  $R^2=0,733$  (Πίνακας 10). Αυτό σημαίνει ότι το 73,3% της μεταβλητότητας της  $\ln TTC$  ερμηνεύεται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές του υποδείγματος. Το νούμερο αυτό δηλώνει σαφέστατα ότι το μοντέλο ερμηνεύει πολύ καλά τα δεδομένα. Σημειώνεται ότι αν δεν χρησιμοποιούνταν ο μετασχηματισμός  $\ln TTC$ , τότε το υπόδειγμα με τις αρχικές τιμές ης  $TTC$  δίνει  $R^2=0,582$ .

**ΠΙΝΑΚΑΣ 10 :Ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$ .**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,856	,733	,733	,649

- Το τυπικό σφάλμα της παλινδρόμησης, που ισούται με το τυπικό σφάλμα των καταλοίπων είναι της τάξης του 0,65. Ως γνωστό η μονάδα μέτρησης είναι το  $\ln(\text{sec})$  και η μέση τιμή της  $\ln TTC$  είναι ίση με 1,05. Επομένως, το τυπικό σφάλμα της παλινδρόμησης είναι μικρό.
- Με το F-statistic πραγματοποιείται ο έλεγχος της στατιστικής υπόθεσης:
  - $H_0$ : Δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών
  - $H_1$ : Υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητώνΜεγάλες τιμές της F υποδεικνύουν την απόρριψη της  $H_0$ . Στο μοντέλο έχουμε  $F=90.135,33$  με  $p$ -τιμή=0 (Πίνακας 11). Άρα, η  $H_0$  απορρίπτεται.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 11 :Έλεγχος F-statistic.**

ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	227.749,14	6	37.958,19	90.135,33	0,00
Residual	82.958,15	196.992	,421		
Total	310.707,29	196.998			

Τα στατιστικά τεστ ή κριτήρια τα οποία μας πληροφορούν για τη σημαντικότητα των παραμέτρων του μοντέλου ξεχωριστά είναι εκείνα που στηρίζονται στο t-statistic. Στο μοντέλο μας τα αποτελέσματα των τεστ αυτών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας των παραμέτρων είναι ο έλεγχος της αρχικής υπόθεσης  $H_0: \beta=0$  έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης  $H_1: \beta \neq 0$ . Τα t-statistics ( $t=\beta/SE_{\beta}$ ) για κάθε συντελεστή παλινδρόμησης είναι μεγάλο με p-τιμή=0 (Πίνακας 12). Άρα, η  $H_0$  απορρίπτεται.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 12 : Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας t-statistics.**

Dependent Variable - lnTTC	Unstandardized Coefficients		t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error			Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	1,617	,009	170,454	,000	1,598	1,636
MovedIntoOpositeLan	1,772	,005	375,273	,000	1,763	1,782
Gender	-,227	,003	-76,983	,000	-,233	-,221
CarsOvertaken	-,062	,001	-74,334	,000	-,064	-,060
MOL_OncomeDistance	,002	,000	269,046	,000	,002	,002
MSL_CorrHeadwayDis	,016	,000	476,744	,000	,016	,016
CorrectedOncomingSp	-,025	,000	-173,052	,000	-,025	-,025

#### B) Στατιστική Ισχύς των Υποθέσεων

Η παραπάνω ανάλυση δεν ευσταθεί εάν φυσικά δεν ισχύουν οι υποθέσεις που κάνουμε για το υπόδειγμα και για τα κατάλοιπα. Η παραβίαση των υποθέσεων αυτών συνεπάγεται λάθος εκτίμηση του τυπικού σφάλματος των καταλοίπων. Όμως, το τυπικό σφάλμα των καταλοίπων χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των διάφορων στατιστικών τεστ που ελέγχουν τη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου. Συνεπώς, ένα μη σωστά εκτιμώμενο τυπικό σφάλμα οδηγεί σε λάθος υπολογισμό των τεστ και επομένως σε λάθος συμπεράσματα για τη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου.

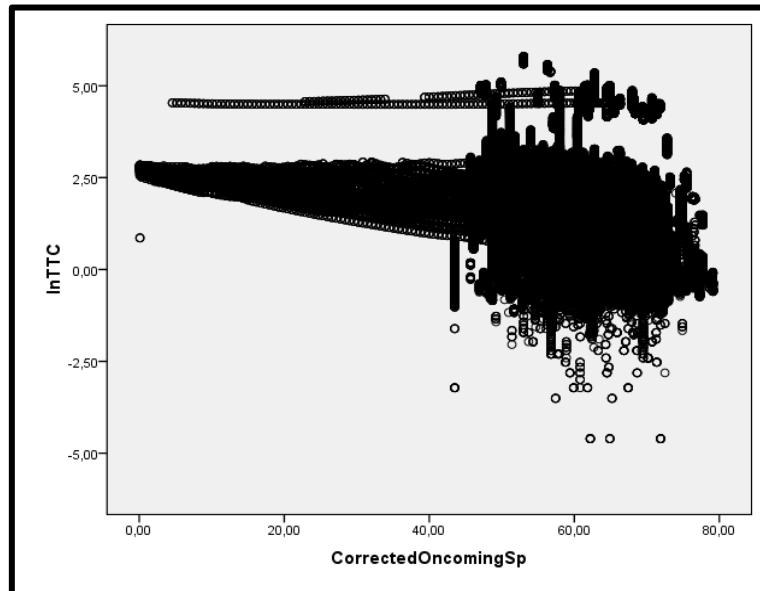
*Υπόθεση 1:* Οι ανεξάρτητες μεταβλητές του υποδείγματος δεν συσχετίζονται μεταξύ τους. Η παραβίαση αυτής της υπόθεσης είναι το γνωστό πρόβλημα της πολυσυγγραμμικότητας. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 13 ο συντελεστής συσχέτισης κάθε ζεύγους ανεξάρτητων μεταβλητών έχει τιμή μεταξύ του  $\pm 0,3$  γεγονός που υποδεικνύει την ισχύ της υπόθεσης.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 13 : Συσχετισμοί ανεξάρτητων μεταβλητών.**

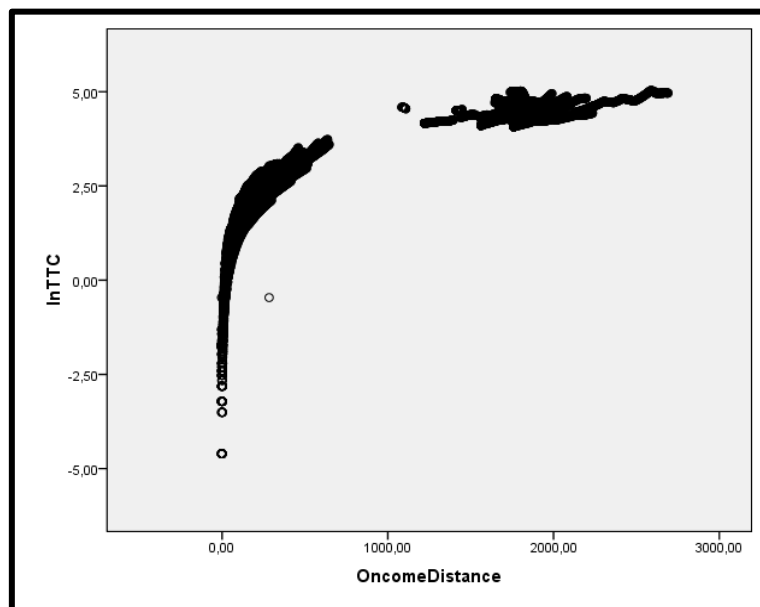
Pearson Correlation	lnTTC	MOL_Oncome Distance	MSL_Corr HeadwayDis	CorrectedOncomingSp
lnTTC				
MOL_OncomeDistance	0,50			
MSL_CorrHeadwayDis	0,35	-0,23		
CorrectedOncomingSp	-0,32	0,01	-0,19	



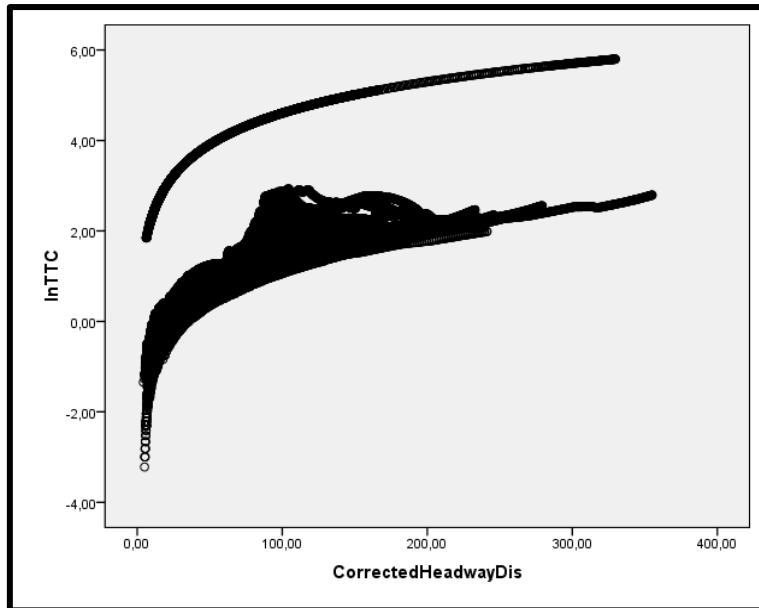
Υπόθεση 2: Ύπαρξη γραμμικής σχέσης της  $\ln(TTC)$  με καθεμία από τις ποσοτικές ανεξάρτητες μεταβλητές. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 13 ο συντελεστής συσχέτισης της  $\ln(TTC)$  με καθεμία από τις ποσοτικές ανεξάρτητες μεταβλητές είναι μεγαλύτερος από  $\pm 0,3$  γεγονός που υποδεικνύει κάποιες ήπιες γραμμικές συσχετίσεις. Επίσης, τα Διαγράμματα 43,44 και 45 απεικονίζουν τις σχέσεις της  $\ln(TTC)$  με καθεμία από τις ποσοτικές ανεξάρτητες μεταβλητές.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 43** :Απεικόνιση σχέσεων  $\ln TTC$ -ταχύτητα επερχόμενου οχήματος.

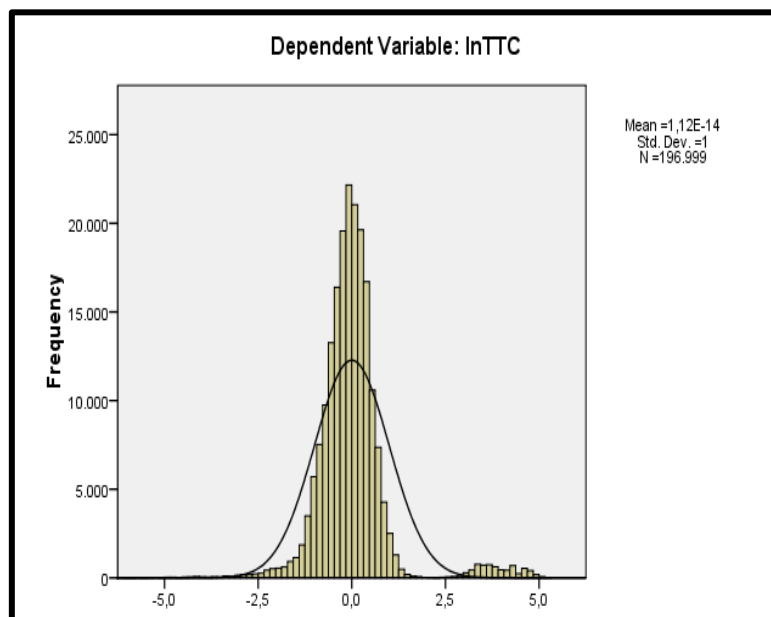


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 44** :Απεικόνιση σχέσεων  $\ln TTC$ -απόσταση από επερχόμενο όχημα.

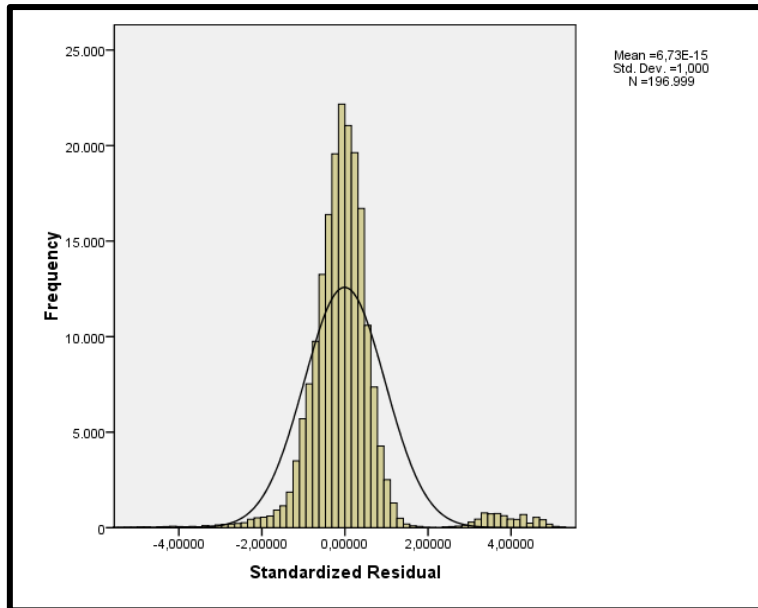


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 45** :Απεικόνιση σχέσεων lnTTC-απόσταση από προπορευόμενο όχημα.

Υπόθεση 3: Τα κατάλοιπα ακολουθούν την κανονική κατανομή. Η κατανομές της lnTTC και των τυποποιημένων τιμών των καταλοίπων απεικονίζονται στα Διαγράμματα 46 και 47. Διαπιστώνεται μια προσέγγιση της κανονικής κατανομής, παρά το γεγονός ότι παρατηρείται ένα σύνολο ακραίων τιμών, στα δεξιά της κατανομής. Όμως, οι παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί βάσει του πειράματος είναι πολλές χιλιάδες, γεγονός που σημαίνει ότι τα μέτρα που χρησιμοποιούνται για τη στατιστική συμπερασματολογία προσεγγίζουν την κανονική κατανομή.

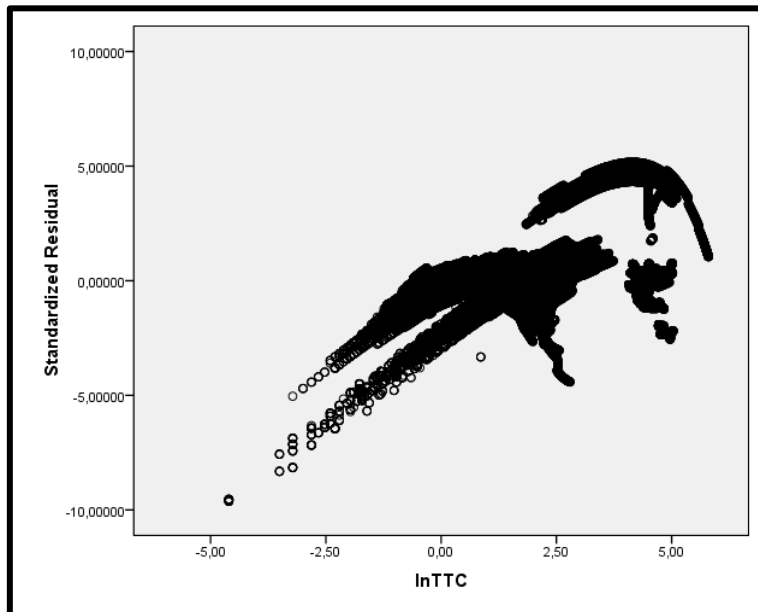


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 46** :Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητων της lnTTC.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 47 :** Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητων των καταλοίπων.

Υπόθεση 4: Τα κατάλοιπα έχουν σταθερή διακύμανση, δηλαδή είναι ομοσκεδαστικά. Το διάγραμμα διάχυσης (Διάγραμμα 48) υποδεικνύει μια σταθερή διακύμανση των καταλοίπων σε όλο το εύρος των τιμών της  $\ln(TTC)$ .



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 48 :** Απεικόνιση διάχυσης των καταλοίπων στο εύρος της  $\ln(TTC)$ .

Υπόθεση 5: Τα κατάλοιπα είναι μεταξύ τους ανεξάρτητα. Στο παραπάνω διάγραμμα διάχυσης απεικονίζεται μια θετική γραμμική σχέση των καταλοίπων με την  $\ln(TTC)$ , γεγονός που υποδεικνύει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων. Την ύπαρξη θετικής αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων υποδεικνύει και ο συντελεστής Durbin-Watson που ισούται με 0,021. Για να διορθωθεί το πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης απαιτείται ένας κατάλληλος μετασχηματισμός των μεταβλητών.

### 4.10.3 Φραγμένο Γραμμικό Υπόδειγμα για TTC

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι αν το πεδίο τιμών της  $\ln(TTC)$  περιοριστεί σε τιμές μικρότερες του 2,5 (ή  $TTC < 12,18$ ), δηλαδή αν περικόψουμε τις ακραίες τιμές (21.090 σενάρια) στα δεξιά της κατανομής της  $\ln(TTC)$  και τρέξουμε ξανά το παραπάνω γραμμικό υπόδειγμα τότε η ερμηνευτική ικανότητά του είναι σημαντικά βελτιωμένη. Το αξιοσημείωτο είναι η αύξηση της τιμής του συντελεστή προσδιορισμού  $R^2=0,821$ . Δηλαδή, το μοντέλο ερμηνεύει το 82,1% της μεταβλητότητας της  $\ln(TTC)$ . Τέλος, σημειώνουμε ότι για  $TTC < 7\text{sec}$  ( $\ln(TTC) < 1,94$ ) το ίδιο υπόδειγμα έχει  $R^2=0,852$  και για  $TTC < 5\text{sec}$  ( $\ln(TTC) < 1,61$ ) το ίδιο υπόδειγμα έχει  $R^2=0,841$ . Οι τιμές των συντελεστών παλινδρόμησης στις τρεις αντίστοιχες περιπτώσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 14. Όσον αφορά της ερμηνείες των συντελεστών αυτών και τη στατιστική σημαντικότητά τους, τα συμπεράσματα είναι αντίστοιχα της ανάλυσης που προηγήθηκε στις ενότητες 4.10.1 και 4.10.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 14 : Συντελεστές ανεξάρτητων μεταβλητών για  $\ln(TTC) < 2,5$ .**

TTC <	12,18	7,00	5,00
$\ln(TTC) <$	2,50	1,95	1,61
R-square	0,82	0,85	0,84
Variables	B		
(Constant)	1,00	0,55	0,29
MovedIntoOpositeLan	0,71	0,39	0,10
Gender	-0,07	-0,04	-0,04
CarsOvertaken	-0,06	-0,06	-0,05
MOL_ OncomeDistance	0,01	0,01	0,02
MSL_ CorrHeadwayDis	0,02	0,02	0,02
CorrectedOncomingSp	-0,02	-0,01	-0,01

## 4.11 Γραμμικό Υπόδειγμα για TET\_5

### 4.11.1 Παρουσίαση του Γραμμικού Μοντέλου

Λαμβάνοντας υπόψη τη διαγραμματική απεικόνιση των σχέσεων του χρόνου TET\_5 με διάφορους παράγοντες συμπεριφοράς οδήγησης που προηγήθηκε, προκύπτει ένα εύλογο και λιτό γραμμικό υπόδειγμα που ερμηνεύει επαρκώς τη μεταβλητότητα του TET\_5.

$$\hat{\ln(TET\_5)} = -0,978 - 2,04MOL - 0,17G - 0,18MSL\_CO - 0,015HD + 0,028OSp$$

Όπου,

MOL - MovedIntoOpositeLan: παίρνει τιμή 1 όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Συμπεραίνεται ότι όταν το

όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας ο λογάριθμος του TET\_5 είναι 2,04 μικρότερος, δεδομένου ότι οι υπόλοιποι παράγοντες παραμένουν σταθεροί.

G – Gender: παίρνει τιμή 1 όταν ο οδηγός του το υπό εξέταση οχήματος είναι άντρας. Συμπεραίνεται ότι όταν ο οδηγός είναι άντρας ο λογάριθμος του TET\_5 είναι 0,17 μικρότερος, δεδομένου ότι οι υπόλοιποι παράγοντες παραμένουν σταθεροί.

MSL\_CO – MovedIntoSameLan\*CarsOvertaken: το πλήθος των προσπεράσεων που έχουν καταγραφεί έχει αρνητική σχέση με τον λογάριθμο του TET\_5 όταν το αυτοκίνητο δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Όταν αυξάνονται οι προσπεράσεις κατά μία ο λογάριθμος του TET\_5 είναι 0,18 μικρότερος, δεδομένου ότι οι υπόλοιποι παράγοντες παραμένουν σταθεροί.

HD - CorrectedHeadwayDis: η απόσταση του υπό εξέταση οχήματος από το προπορευόμενο, έχει αρνητική σχέση με τον λογάριθμο TET\_5. Όταν η απόσταση αυτή μεγαλώνει κατά ένα 100 μέτρα τότε ο λογάριθμος του TET\_5 είναι 0,015 μικρότερος, δεδομένου ότι οι υπόλοιποι παράγοντες παραμένουν σταθεροί.

OSp – CorrectedOncomingSp: Η ταχύτητα του επερχόμενου αυτοκινήτου έχει θετική σχέση με τον λογάριθμο του TET\_5. Όταν αυξάνεται η ταχύτητα αυτή και κατά 1Km/h ο λογάριθμος του TET\_5 είναι 0,028 μεγαλύτερος, δεδομένου ότι οι υπόλοιποι παράγοντες παραμένουν σταθεροί.

#### **4.11.2 Αξιοπιστία του Γραμμικού Μοντέλου**

Η ποιότητα και η αξιοπιστία του παραπάνω γραμμικού μοντέλου έγκειται αφενός μεν στη στατιστική σημαντικότητά του, αφετέρου δε στην ισχύ των υποθέσεων που κάνουμε για τα κατάλοιπα.

##### *A) Στατιστική σημαντικότητα των εκτιμήσεων*

Η στατιστική σημαντικότητα αφορά το μοντέλο γενικά αλλά και τη σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου του ξεχωριστά.

Τα στατιστικά τεστ ή κριτήρια τα οποία μας πληροφορούν για τη σημαντικότητα του μοντέλου είναι ο Συντελεστής Προσδιορισμού (R-Square), το τυπικό σφάλμα της παλινδρόμησης (SE of the estimate) και ο έλεγχος για την ύπαρξη ή όχι γραμμικής σχέσης μεταξύ των μεταβλητών με βάση το F-statistic. Για το παραπάνω μοντέλο, με τη χρήση του SPSS, αναδείχθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

- Ο Συντελεστής προσδιορισμού είναι ίσος με  $R^2=0,466$  (Πίνακας 15). Αυτό σημαίνει ότι το 46,6% της μεταβλητότητας της  $\ln(TET_5)$  ερμηνεύεται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές του υποδείγματος. Σημειώνεται ότι αν δεν χρησιμοποιούνταν ο μετασχηματισμός  $\ln(TTC)$ , τότε το υπόδειγμα με τις αρχικές τιμές της TTC δίνει  $R^2=0,321$ .

**ΠΙΝΑΚΑΣ 15 :Ο συντελεστής προσδιορισμού R<sup>2</sup>.**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,683	,466	,466	,919

- Το τυπικό σφάλμα της παλινδρόμησης, που ισούται με το τυπικό σφάλμα των καταλοίπων είναι της τάξης του 0,92. Ως γνωστό η μονάδα μέτρησης είναι το ln(sec) και η μέση τιμή του ln(TET\_5) είναι ίση με -0,297. Επομένως, το τυπικό σφάλμα της παλινδρόμησης είναι μικρό.
- Με το F-statistic πραγματοποιείται ο έλεγχος της στατιστικής υπόθεσης:
  - H<sub>0</sub>: Δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών
  - H<sub>1</sub>: Υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών
 Μεγάλες τιμές της F υποδεικνύουν την απόρριψη της H<sub>0</sub>. Στο μοντέλο έχουμε F=22.789,53 με p-τιμή=0(Πίνακας 16). Άρα, η H<sub>0</sub> απορρίπτεται.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 16 :Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας F-statistic.**

ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	96.267,65	5	19.253,53	22.789,53	0,00
Residual	110.315,13	130.575	,845		
Total	206.582,78	130.580			

Τα στατιστικά τεστ ή κριτήρια τα οποία μας πληροφορούν για τη σημαντικότητα των παραμέτρων του μοντέλου ξεχωριστά είναι εκείνα που στηρίζονται στο t-statistic. Στο μοντέλο μας τα αποτελέσματα των τεστ αυτών παρουσιάζονται στον Πίνακα 17. Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας των παραμέτρων είναι ο έλεγχος της αρχικής υπόθεσης H<sub>0</sub>: β=0 έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης H<sub>1</sub>: β≠0. Τα t-statistics ( $t = \beta / SE_{\beta}$ ) για κάθε συντελεστή παλινδρόμησης είναι μεγάλο με p-τιμή=0. Άρα, η H<sub>0</sub> απορρίπτεται.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 17 :Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας t-statistics.**

Dependent Variable ln(TET_5)	Unstandardized Coefficients		t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error			Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	-,978	,026	-37,754	,000	-1,029	-,927
MovedIntoOpositeLan	-2,040	,011	-190,419	,000	-2,061	-2,019
Gender	-,173	,005	-33,374	,000	-,183	-,163
MSL_CarsOvertaken	-,182	,002	-118,677	,000	-,185	-,179
CorrectedHeadwayDis	-,015	,000	-193,332	,000	-,015	-,015
CorrectedOncomingSp	,028	,000	69,923	,000	,027	,029

### B) Στατιστική Ισχύς των Υποθέσεων

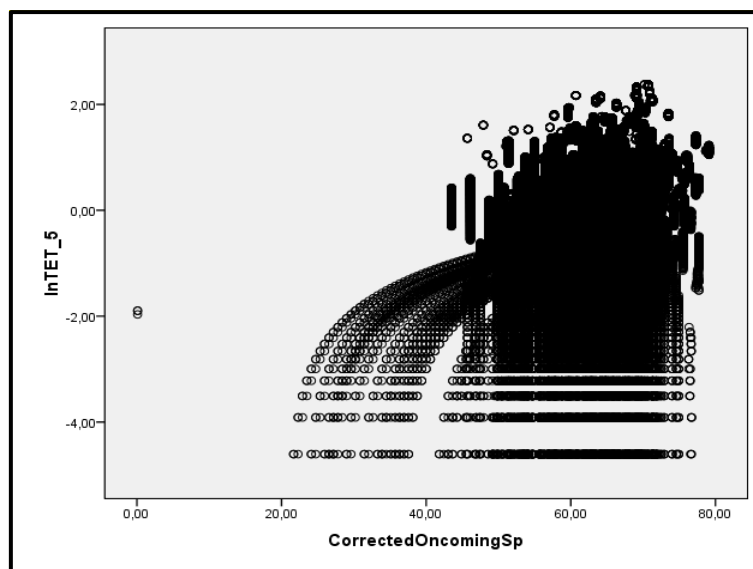
Η παραπάνω ανάλυση δεν ευσταθεί εάν φυσικά δεν ισχύουν οι υποθέσεις που κάνουμε για το υπόδειγμα και για τα κατάλοιπα. Η παραβίαση των υποθέσεων αυτών συνεπάγεται λάθος εκτίμηση του τυπικού σφάλματος των καταλοίπων. Όμως, το τυπικό σφάλμα των καταλοίπων χρησιμοποιείται για των υπολογισμό των διάφορων στατιστικών τεστ που ελέγχουν τη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου. Συνεπώς, ένα μη σωστά εκτιμώμενο τυπικό σφάλμα οδηγεί σε λάθος υπολογισμό των τεστ και επομένως σε λάθος συμπεράσματα για τη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου.

*Υπόθεση 1:* Οι ανεξάρτητες μεταβλητές του υποδείγματος δεν συσχετίζονται μεταξύ τους. Η παραβίαση αυτής της υπόθεσης είναι το γνωστό πρόβλημα της πολυσυγγραμμικότητας. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 18 ο συντελεστής συσχέτισης των δύο ποσοτικών ανεξάρτητων μεταβλητών έχει τιμή μεταξύ του  $\pm 0,3$  γεγονός που υποδεικνύει την ισχύ της υπόθεσης 1.

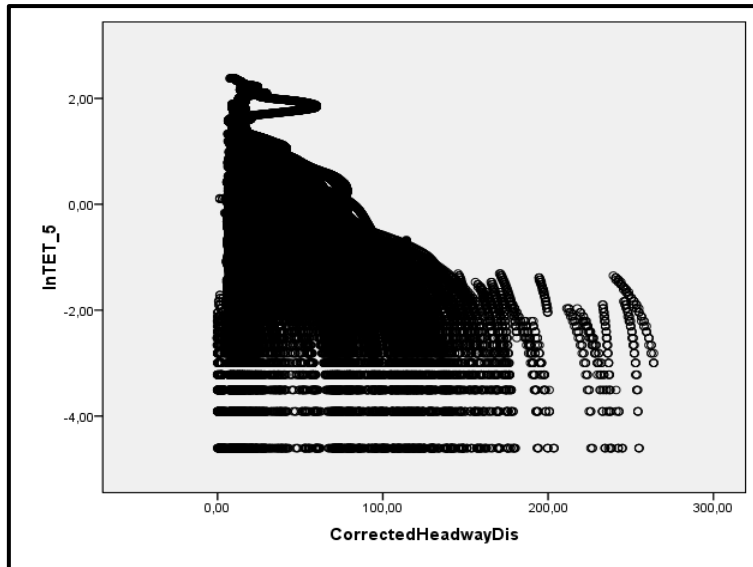
**ΠΙΝΑΚΑΣ 18 :Συσχετισμοί ανεξάρτητων μεταβλητών.**

Pearson Correlation	lnTET_5	CorrectedHeadwayDis	CorrectedOncomingSp
lnTET_5			
CorrectedHeadwayDis	-0,51		
CorrectedOncomingSp	0,18	-0,18	

*Υπόθεση 2:* Ύπαρξη γραμμικής σχέσης της  $\ln(\text{TET}_5)$  με καθεμία από τις ποσοτικές ανεξάρτητες μεταβλητές. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 18 ο συντελεστής συσχέτισης της  $\ln(\text{TET}_5)$  με καθεμία από τις ποσοτικές ανεξάρτητες μεταβλητές  $-0,51$  και  $0,18$  γεγονός που υποδεικνύει κάποιες ήπιες γραμμικές συσχετίσεις. Επίσης, τα Διαγράμματα 49 και 50 απεικονίζουν τις σχέσεις της  $\ln(\text{TET}_5)$  με καθεμία από τις ποσοτικές ανεξάρτητες μεταβλητές.

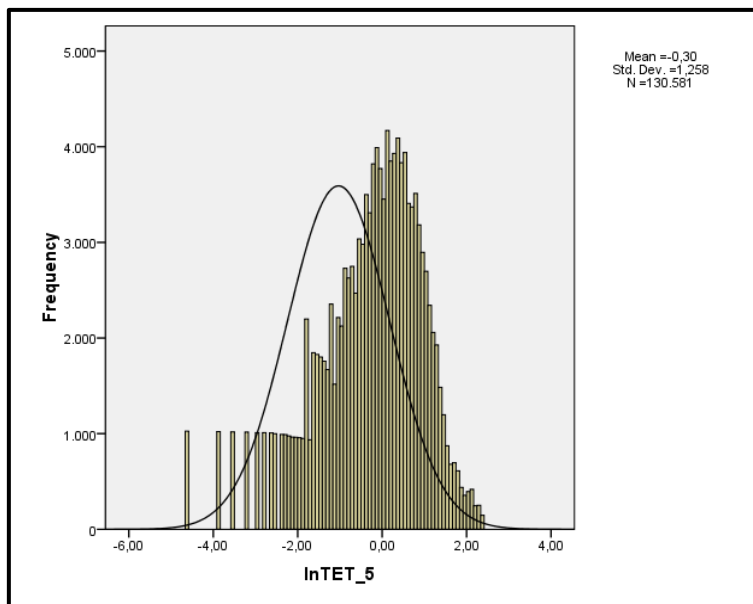


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 49 :Απεικόνιση της  $\ln\text{TET}$ -ταχύτητα επερχόμενου οχήματος.**



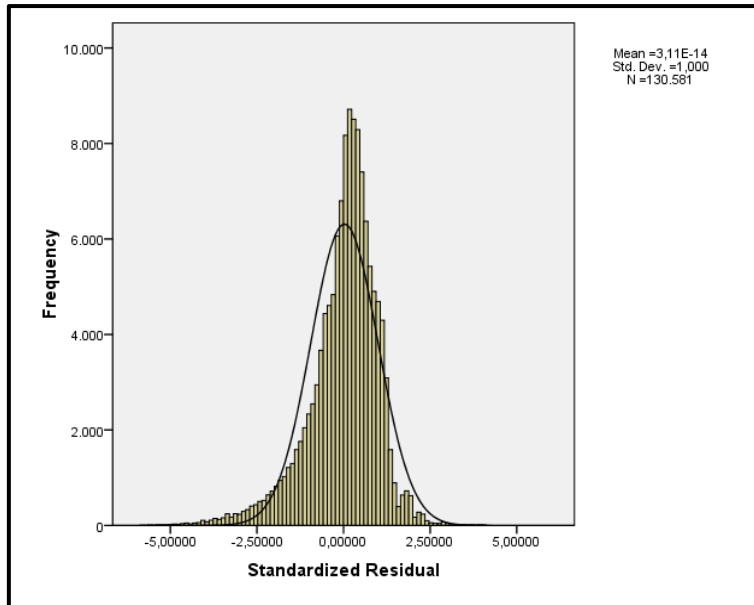
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 50** :Απεικόνιση της lnTET-απόσταση από προπορευόμενο όχημα.

Υπόθεση 3: Τα κατάλοιπα ακολουθούν την κανονική κατανομή. Η κατανομές της  $\ln(TET_5)$  και των τυποποιημένων τιμών των καταλοίπων απεικονίζονται στα Διαγράμματα 51 και 52. Διαπιστώνεται μια προσέγγιση της κανονικής κατανομής, παρά το γεγονός ότι παρατηρείται ένα σύνολο ακραίων τιμών, στα αριστερά της κατανομής. Όμως, οι παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί βάσει του πειράματος είναι πολλές χιλιάδες, γεγονός που σημαίνει ότι τα μέτρα που χρησιμοποιούνται για τη στατιστική συμπερασματολογία προσεγγίζουν την κανονική κατανομή, βάσει του κεντρικού οριακού θεωρήματος.



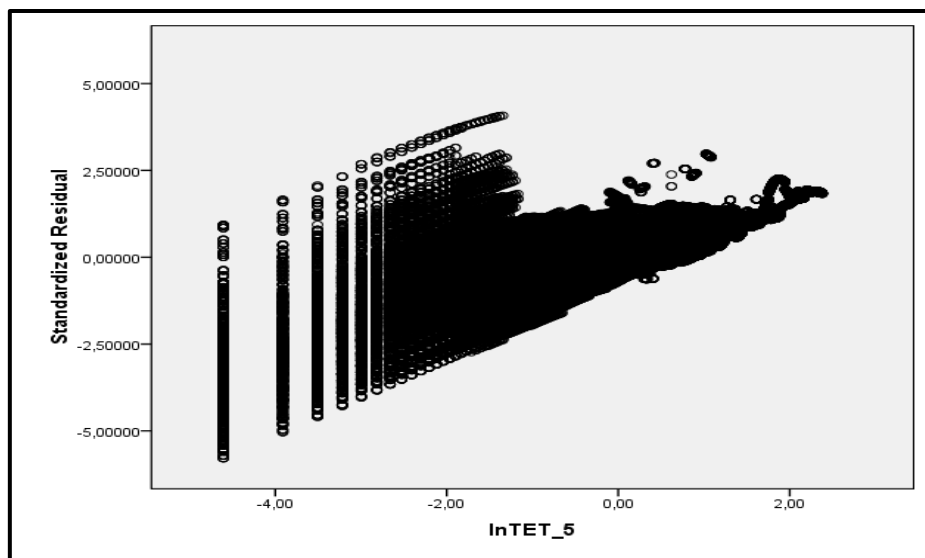
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 51** :Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητων της lnTET.





**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 52 :** Ιστογράμμο κατανομής συχνοτήτων των καταλοίπων.

Υπόθεση 4: Τα κατάλοιπα έχουν σταθερή διακύμανση, δηλαδή είναι ομοσκεδαστικά. Το παρακάτω διάγραμμα διάχυσης (Διάγραμμα 53) δεν υποδεικνύει σταθερή διακύμανση των καταλοίπων αφού για μεγαλύτερες τιμές του  $\ln(\text{TET}_5)$  η διακύμανση είναι μικρότερη. Για να διορθωθεί το πρόβλημα της ετεροσκεδαστικότητας απαιτείται ένας κατάλληλος μετασχηματισμός των μεταβλητών.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 53 :** Απεικόνιση διάχυσης των καταλοίπων στο εύρος της  $\ln\text{TET}$ .

Υπόθεση 5: Τα κατάλοιπα είναι μεταξύ τους ανεξάρτητα. Στο παραπάνω διάγραμμα διάχυσης απεικονίζεται μια θετική γραμμική σχέση των καταλοίπων με την  $\ln(\text{TET}_5)$ , γεγονός που υποδεικνύει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων. Την ύπαρξη θετικής αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων υποδεικνύει και ο συντελεστής Durbin-Watson που ισούται με 0,048. Για να διορθωθεί το πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης απαιτείται ένας κατάλληλος μετασχηματισμός των μεταβλητών.



# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο**

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

### **5.1 Εισαγωγή**

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση και η παραγωγή στατιστικών μοντέλων τα οποία θα περιγράψουν στον βέλτιστο δυνατό βαθμό την μεταβλητότητα των δεικτών επικινδυνότητας TTC (time-to-collision) και TET (time exposed time-to-collision), συναρτήσει κυκλοφοριακών μεγεθών και παραγόντων. Ο χρόνος πρόσκρουσης μελετάται με βάση διάφορα σενάρια οδήγησης και εξετάζεται η συσχέτισή του με διάφορους παράγοντες που συνδέονται με την οδική συμπεριφορά και το φύλο του οδηγού. Επίσης, μελετάται το χρονικό διάστημα κατά το οποίο ο χρόνος πρόσκρουσης είναι κάτω από το όριο ασφαλείας των 5 δευτερολέπτων.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων και την 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. Οι μεταβλητές και τα δεδομένα αποθηκεύτηκαν σε μια βάση και αναλύθηκαν με το στατιστικό πακέτο SPSS.

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων εφαρμόστηκαν μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης. Τα μοντέλα περιελάμβαναν τόσο διακριτές όσο και ποσοτικές μεταβλητές και αξιολογήθηκαν ως προς την ερμηνευτική ικανότητά τους, την ισχύ των υποθέσεων στις οποίες βασίζονται και την καταλληλότητά τους όσον αφορά το εύλογο των αποτελεσμάτων τους.

## **5.2 Βασικά Συμπεράσματα**

Από την πρωταρχική στατιστική ανάλυση της βάσης δεδομένων προέκυψαν τα παρακάτω:

- Τα καταγεγραμμένα σενάρια οδήγησης εμφανίζουν τις γυναίκες ως πιο συντηρητικές οδηγούς έναντι των αντρών τόσο ως προς τη μέση ταχύτητα οδήγησης, όσο και ως προς τις αποστάσεις που κρατούν από τα προπορευόμενα και επερχόμενα οχήματα.
- Τόσο οι άντρες όσο και οι γυναίκες αναπτύσσουν σημαντικά μεγαλύτερες ταχύτητες όταν κινούνται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Αυτό εξηγείται λογικά αφού η κίνηση στο αντίθετο ρεύμα γίνεται κυρίως για λόγους προσπέρασης.
- Παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά μικρές αποστάσεις των υπό εξέταση οχημάτων από τα επερχόμενα οχήματα όταν τα πρώτα δεν κινούνται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας ανεξαρτήτως των σχετικών ταχυτήτων τους. Συνάγεται το συμπέρασμα ότι όταν παρατηρείται αυξημένη κίνηση στο αντίθετο ρεύμα αποφεύγονται οι προσπεράσεις.
- Υπάρχουν ισχυρές θετικές γραμμικές σχέσεις μεταξύ της ταχύτητας του υπό εξέταση οχήματος, της ταχύτητας του προπορευόμενου αυτοκινήτου και της ταχύτητας του επερχόμενου αυτοκινήτου, ανά ζεύγος. Λόγω του προβλήματος πολυσυγγραμικότητας των παραπάνω μεταβλητών, δεν συμπεριλήφθηκαν στην ανάπτυξη των μοντέλων.

Από την ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα σε σχέση με τη συμπεριφορά οδήγησης και τον χρόνο πρόσκρουσης των οχημάτων:

### **Για τον TTC**

- Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μέσο TTC ανάλογα με το ρεύμα κίνησης των οχημάτων, «υπέρ» της κίνησης στο αντίθετο ρεύμα, ανεξαρτήτως των σχετικών του ταχυτήτων με τα προπορευόμενα και τα επερχόμενα οχήματα και του φύλου του οδηγού.
- Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στον μέσο χρόνο κρούσης με βάση το φύλο του οδηγού, «υπέρ» των γυναικών, ανεξαρτήτως του ρεύματος κίνησης των υπό εξέταση οχημάτων. Ειδικότερα, Όταν τα

υπό εξέταση οχήματα δεν κινούνται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας ο χρόνος πρόσκρουσης για τις γυναίκες είναι σχεδόν τριπλάσιος από τον χρόνο στους άντρες.

- Το πλήθος των προσπεράσεων που έχουν καταγραφεί έχει αρνητική σχέση με το χρόνο για την κρούση. Όταν αυξάνονται οι προσπεράσεις ο χρόνος για την κρούση είναι μικρότερος.
- η απόσταση του υπό εξέταση οχήματος από το επερχόμενο, όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, έχει θετική σχέση με τον χρόνο σύγκρουσης. Δηλαδή, όπως θα περιμέναμε όσο πιο απομακρυσμένα είναι τα δύο οχήματα τόσο αυξάνεται ο χρόνος για τη σύγκρουση τους.
- Όταν το υπό εξέταση όχημα δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, παρατηρείται μια θετική γραμμική σχέση μεταξύ του TTC και της απόστασής του από το προπορευόμενο όχημα.

### **Για τον TET<5**

- Παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά μικρότεροι χρόνοι TET\_5 όταν το υπό εξέταση όχημα κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας ανεξαρτήτως των σχετικών ταχυτήτων με τα προπορευόμενα και τα επερχόμενα οχήματα.
- Συμπεραίνεται ότι, όταν ο οδηγός είναι άντρας, ο TET\_5 είναι σημαντικά μικρότερος σε σχέση με τις γυναίκες, γεγονός που φανερώνει ότι οι άντρες είναι για μικρότερη ώρα εκτεθειμένοι σε κρίσιμους χρόνους για σύγκρουση. Συνεπώς, διαφαίνεται ότι οι άντρες τηρούν μια πιο οργανωμένη και ασφαλή συμπεριφορά οδήγησης σε σχέση με το άλλο φύλο.
- η απόσταση του υπό εξέταση οχήματος από το προπορευόμενο, έχει αρνητική σχέση με τον TET\_5. Δηλαδή, όπως θα περιμέναμε όσο πιο απομακρυσμένα είναι τα δύο οχήματα τόσο μειώνεται ο χρόνος έκθεσης σε κρίσιμους χρόνους για τη σύγκρουση τους.
- Το πλήθος των προσπεράσεων που έχουν καταγραφεί έχει αρνητική σχέση με τον TET\_5. Όταν αυξάνονται οι προσπεράσεις ο χρόνος για την κρούση είναι μικρότερος, ιδιαίτερα όταν το υπό εξέταση όχημα δεν κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας.

## **5.3 Προτάσεις για Συμπληρωματική Έρευνα**

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

- Η επανάληψη του πειράματος ώστε να εξεταστεί η επαλήθευση ή μη των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας. Το πείραμα μπορεί να βελτιωθεί στο σχεδιασμό του λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας. Για παράδειγμα, θα μπορούσαν να αυξηθούν τα προσομοιωμένα σενάρια προς την κατεύθυνση των συμπερασμάτων της παρούσας εργασίας ώστε η επανάληψη της

στατιστικής ανάλυσης να καταλήξει σε πιο ακριβή αποτελέσματα και συμπεράσματα.

- Η βελτίωση των μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης, έτσι ώστε να διορθωθεί το πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί αν μελετηθεί η δομή της αυτοσυσχέτισης και προσεθούν στα μοντέλα παράγοντες για την εξομάλυνσή της.
- Η διεύρυνση του στατιστικού δείγματος σε μεγαλύτερο ηλικιακό εύρος, έτσι ώστε να μπορέσουν να επισημανθούν και ποσοτικοποιηθούν τυχόν διαφορές στη συμπεριφορά και αντιμετώπιση της προσπέρασης των διαφόρων ηλικιακών ομάδων, δεδομένου ότι η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται μόνο με την ηλικιακή ομάδα των νέων.
- 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 στους δείκτες TTC και TET.

# **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))

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.

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

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

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

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"

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

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

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.

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.

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"

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.

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

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

Highway Capacity Manual, (2000)

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

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

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

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

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

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

McNally and Titchener, K. (2012). "The role of affective processes on young drivers' risk perceptions: a dual process model approach, J 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 Pressournal of Risk Research"



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

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

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

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

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

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.

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).

