

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΠΕΡΑΣΗΣ

σε υπεραστική οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας
με χρήση προσομοιωτή οδήγησης

ΛΟΥΚΕΛΗ ΛΥΔΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Γκόλιας Ι., Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2010

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

Δεν θα μπορούσε πραγματικά να ξεκινήσει, προχωρήσει και τελειώσει η διπλωματική αυτή εργασία χωρίς την υποστήριξη της Δρ Ελένης Βλαχογιάννη, Λέκτορα της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ για τη δημιουργική συνεργασία, καθοδήγηση και συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας αυτής.

Ευχαριστίες οφείλονται επίσης στον Εμμανουήλ Ποτετσιανάκη ο οποίος πέραν της ηθικής συμπαράστασης που μου έδωσε, χρησιμοποίησε τις γνώσεις του σε θέματα Πληροφορικής για να καταστεί δυνατός ο προγραμματισμός του προσομοιωτή.

Ευχαριστώ τον Δρ Δημήτριο Ναλμπάντη του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για τη βοήθειά του σε τεχνικά ζητήματα του προσομοιωτή και την Αικατερίνη Τουρνά για βοήθειά της στην τελική διαμόρφωση της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, πολλές ευχαριστίες στους γονείς μου για την εμπιστοσύνη τους στις ικανότητές μου, τη διακριτική τους καθοδήγηση και ενθάρρυνση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΣΥΝΟΨΗ

Ο ελιγμός της προσπέρασης , αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία η οποία σχετίζεται με τις κυκλοφοριακές συνθήκες, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού και τα χαρακτηριστικά των χρηστών αυτής. Είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στους οποίους οφείλεται υψηλό ποσοστό των ατυχημάτων του οδικού δικτύου, τα σοβαρότερα των οποίων σε οδούς 2 λωρίδων (μία ανά κατεύθυνση). Έρευνες δείχνουν ότι οι νέοι οδηγοί έχουν υψηλότερες πιθανότητες εμπλοκής σε ατύχημα κατά τη διάρκεια της προσπέρασης, κυρίως λόγω της έλλειψης εμπειρίας. Η συγκεκριμένη έρευνα σκοπό έχει την ανάπτυξη ενός μαθηματικού προτύπου που θα περιγράφει την πιθανότητα προσπέρασης οχήματος από νέους οδηγούς συναρτήσει κυκλοφοριακών παραγόντων, όπως η ταχύτητα τους, οι ταχύτητες του εξεταζόμενου και του απέναντι οχήματος, καθώς και οι αντίστοιχοι χρονικοί διαχωρισμοί των οχημάτων. Η διατύπωση του προτύπου βασίζεται στις αποφάσεις προσπεράσεων των οδηγών σε οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας χρησιμοποιώντας προσομοιωτή οδήγησης με τον προγραμματισμό ενός νέου σεναρίου. Μέσω αυτού συγκεντρώθηκαν στοιχεία κατά τη διάρκεια των προσπεράσεων που αφορούν στις ταχύτητες όλων των οχημάτων που συμμετείχαν, των σχετικών αποστάσεων αυτών, καθώς και της χρονικής διάρκειας του ελιγμού. Από την εφαρμογή του προτύπου προέκυψε ότι τα μικροσκοπικά κυκλοφοριακά μεγέθη (ταχύτητα εξεταζόμενου και προπορευόμενου οχήματος, χρονικός διαχωρισμός προπορευόμενου και επερχόμενου οχήματος) είχαν τη μεγαλύτερη επιρροή στην αύξηση της πιθανότητας να προσπεράσει ένας οδηγός. Από τα αποτελέσματα εμφανίστηκε διαφοροποίηση στη συμπεριφορά των δύο φύλων στη διαδικασία της προσπέρασης.

ABSTRACT

The overtaking maneuver is a complicated procedure that relates to the driving conditions, the geometry of the road and the personal characteristics of the drivers, such as age, years of driving experience, etc. Overtaking accounts for the majority of road accidents, most severe of them taking place in two-lane roads - one lane facing each direction. Research shows that novice drivers are more likely to get involved in road accidents while overtaking, mainly due to their lack of driving experience. The present research aims at developing a statistical model which predicts the probability of novice drivers overtaking under certain driving conditions, such as the speed of the subject vehicle as well as the speeds of the headway and opposing vehicles and the time to headway and opposing vehicle. The model is based on experiments conducted with the use of a driving simulator that records decisions to overtake in a two-lane road. The simulator has been programmed with a new purpose-made driving scenario. With the use of the driving simulator, evidence relating to the speed of all participating vehicles, the relative distance between them, and the time taken to complete the maneuver, has been gathered. Using the statistical model it was concluded that driving micro-conditions, i.e. speed of car under observation and that of the car ahead; time to headway and time to opposing vehicle, had the greatest influence for an increased possibility to overtake. From the results has emerged a difference in the behavior of males and females in the process of overtaking.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της διαδικασίας της προσπέρασης σε υπεραστική οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας (μία ανά κατεύθυνση) χωρίς διαχωριστική νησίδα με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης**. Η έρευνα αυτή είναι η πρώτη στην Ελλάδα που μελετά την επιρροή των κυκλοφοριακών συνθηκών στον ελιγμό της προσπέρασης μέσω προσομοίωσης. Επίσης είναι η πρώτη διπλωματική εργασία που κάνει χρήση του προγραμματιστικού εργαλείου του προσομοιωτή για τη δημιουργία νέου ρεαλιστικού σεναρίου οδήγησης.

Για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων πραγματοποιήθηκε πείραμα σε 57 νέους στην ηλικία οδηγούς στον προσομοιωτή οδήγησης του Εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής του τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ, χρησιμοποιώντας σενάριο οδήγησης ειδικά προγραμματισμένο από τον ερευνητή, στα πλαίσια αυτής της εργασίας, για να ικανοποιεί τις ανάγκες του συγκεκριμένου πειράματος.

Για τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων καθώς και την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων σε ό,τι αφορά στην πιθανότητα πραγματοποίησης προσπέρασης, δεδομένων των κυκλοφοριακών συνθηκών, επιλέχθηκε η εφαρμογή της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης. Οι αναλύσεις έγιναν αρχικά στο σύνολο του δείγματος και στη συνέχεια ξεχωριστά για κάθε φύλο, για να εντοπιστούν και να ποσοτικοποιηθούν τυχόν διαφορές στην αντιμετώπιση των οδικών συνθηκών που εμπλέκονται στη διαδικασία της προσπέρασης.

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

Από τη δευτερογενή στατιστική ανάλυση προέκυψαν τρία τελικά μαθηματικά πρότυπα που αποτυπώνουν τις σχέσεις που διέπουν τις εξεταζόμενες μεταβλητές και των παραγόντων που τις επηρεάζουν. Το πρώτο αφορά στο σύνολο του στατιστικού δείγματος, το δεύτερο περιγράφει την πιθανότητα πραγματοποίησης μιας προσπάθειας για τους άνδρες και το τρίτο αντίστοιχα για τις γυναίκες.

Διαπιστώθηκε ότι η πιθανότητα πραγματοποίησης μιας προσπάθειας εξαρτάται από την ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος, την ταχύτητα του προπορευόμενου του, τον χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα, την απόσταση του εξεταζόμενου οχήματος από το επερχόμενο, αλλά δεν εξαρτάται από την ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος. Σημειώνεται ότι τη μεγαλύτερη επιρροή για την υλοποίηση ενός ελιγμού προσπάθειας σε μια παρουσιαζόμενη ευκαιρία έχει ο χρονικός διαχωρισμός από το προπορευόμενο όχημα. Έγινε εμφανές ότι πράγματι η προσπάθεια αποτελεί μια πολύπλοκη οδηγική διαδικασία, για την οποία η λήψη της απόφασης επηρεάζεται από πολλούς αστάθμητους παράγοντες. Από τα πρότυπα που παρουσιάστηκαν έγινε σαφές ότι οι αποτρεπτικοί παράγοντες για την πραγμάτωση του ελιγμού είναι κυκλοφοριακοί, γι' αυτό και τα ποσοστά πρόβλεψης του προτύπου για μια απορριφθείσα ευκαιρία είναι πολύ υψηλά, ενώ στην περίπτωση πρόβλεψης των αποδεκτών συνθηκών προσπάθειας ήταν χαμηλότερα. Αυτό αποδεικνύει ότι στην απόφαση ενός οδηγού να ξεκινήσει και να ολοκληρώσει μια προσπάθεια υπεισέρχονται άλλοι ανθρώπινοι παράγοντες συμπεριφοράς και ατομικής θεώρησης στο ποιες αποδέχεται ως ασφαλείς κυκλοφοριακές συνθήκες για να πραγματοποιήσει έναν τέτοιο ελιγμό.

Ο βασικός στόχος που επιτεύχθηκε μέσω αυτής της έρευνας είναι ότι προσδιορίστηκαν οι συσχετίσεις των μικροσκοπικών κυκλοφοριακών παραγόντων με την πιθανότητα προσπάθειας. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε σημαντική βελτίωση του προγραμματιστικού εργαλείου του προσομοιωτή για την ανάπτυξη ρεαλιστικών σεναρίων οδήγησης. Τέλος, μέσω της παρούσας διπλωματικής εργασίας έχει δημιουργηθεί μία εκτεταμένη βάση δεδομένων, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό προϋποθέσεις για μελλοντική έρευνα πάνω στη διερεύνηση του ελιγμού της προσπάθειας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1	1
Εισαγωγή.....	1
1.1 Όχημα, Οδός και Περιβάλλον, Άνθρωπος	1
1.2 Ατυχήματα και προσπεράσεις	3
1.3 Διαδικασία Προσπέρασης.....	5
1.4 Σκοπός διπλωματικής εργασίας	10
1.5 Δομή διπλωματικής εργασίας	11
Κεφάλαιο 2	13
Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	13
2.1 Νέοι οδηγοί και ατυχήματα	13
2.2 Προγενέστερες έρευνες προσπεράσεων	17
2.2.1 Αναλυτικές έρευνες	18
2.2.2 Έρευνες με μετρήσεις πεδίου	21
2.2.3 Έρευνες με προσομοιωτή οδήγησης	23
2.3 Συμπεράσματα βιβλιογραφίας	24
Κεφάλαιο 3	26
Ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη διερεύνηση της διαδικασίας της προσπέρασης σε υπεραστική οδό 2 λωρίδων κυκλοφορίας.....	26
3.1 Μικροσκοπική θεώρηση προσπέρασης.....	27
3.2 Μεθοδολογία	29
3.3 Προσομοιωτές οδήγησης.....	32
3.4 Εγκυρότητα και αξιοπιστία προσομοιωτών.....	34
3.5 Προσομοιωτής οδήγησης (Driving Simulator FPF)	37
3.6 Πειραματικό δείγμα.....	39
3.7 Προγραμματισμός σεναρίου	39
3.7.1 Μεθοδολογία Ανάπτυξης Λογισμικού	40
3.7.2 Ανάλυση παραδοχών	42
3.7.2.1 Χάρτης Διαδρομής	42
3.7.2.2 Καιρικές συνθήκες.....	43
3.7.2.3 Διαδρομή	43
3.7.2.4 Εισαγωγή οχημάτων	44
3.7.2.5 Μετρήσεις	46
3.7.3 Πρόγραμμα γένεσης τυχαίων αριθμών	48

3.7.3.1	Εισαγωγή στους τυχαίους αριθμούς.....	48
3.7.3.2	Δημιουργία τυχαίων αριθμών	49
3.7.3.3	Μετεπεξεργασία	49
3.7.3.4	Κατανομές κυκλοφοριακών μεγεθών.....	50
3.7.3.5	Περιβάλλον εργασίας χρήστη (User Interface)	51
3.7.3.6	Διαχείριση αρχείων.....	51
3.7.4	Πρόγραμμα δημιουργίας προγραμματιστικού κώδικα (Code Writer)	52
3.7.5	Δημιουργία ενός σεναρίου	54
3.7.6	Σενάριο οδήγησης	55
3.7.7	Αρχεία αποθήκευσης δεδομένων (Logfiles)	59
3.7.8	Ανάλυση του προγραμματιστικού κώδικα του σεναρίου	61
3.7.8.1	Δήλωση μεταβλητών	61
3.7.8.2	Οργάνωση αρχείων δεδομένων (Logfile Setup)	64
3.7.8.3	Διαχείριση σφαλμάτων	65
3.7.8.4	Ορισμός εικονικού κόσμου	66
3.7.8.5	Προετοιμασία πειράματος	67
3.7.8.6	Βασικός βρόχος (Main Loop).....	68
3.8	Εφαρμογή του πειράματος	73
3.9	Αποθήκευση δεδομένων	75
3.10	Προετοιμασία βάσης δεδομένων για περαιτέρω ανάλυση.....	76
3.10.1	Κωδικοποίηση φύλλων επεξεργασίας.....	80
3.10.2	Υπολογισμός επιπλέον μεταβλητών	82
Κεφάλαιο 4		84
Στατιστική Επεξεργασία		84
4.1	Βασικές έννοιες στατιστικής.....	84
4.1.1	Μέτρα κεντρικής τάσης	85
4.1.2	Μέτρα διασποράς και μεταβλητότητας.....	87
4.1.3	Κατανομές πιθανοτήτων	88
4.1.4	Μαθηματικά πρότυπα παλινδρόμησης.....	89
4.1.4.1	Παραδοχές ανάλυσης παλινδρόμησης.....	89
4.1.4.2	Γραμμική παλινδρόμηση	90
4.1.4.3	Λογιστική παλινδρόμηση.....	90
4.2	Λογισμικό στατιστικής ανάλυσης	94
4.3	Ανάλυση ερωτηματολογίου.....	96
4.4	Προκαταρκτική στατιστική ανάλυση.....	105
4.4.1	Ανάλυση συνολικών μετρήσεων	106

4.4.2	Στατιστική ανάλυση για τις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης	109
4.4.3	Στατιστική ανάλυση αποδεκτών ευκαιριών προσπέρασης ανδρών	113
4.4.4	Στατιστική ανάλυση αποδεκτών ευκαιριών προσπέρασης γυναικών	117
4.5	Κατηγοριοποίηση προσπεράσεων	122
4.6	Επιλογή στατιστικού προτύπου	124
4.6.1	Προκαταρκτική ανάλυση λογιστικής παλινδρόμησης	127
4.6.2	1 ^ο πρότυπο: Ανάλυση της διαδικασίας της προσπέρασης για το σύνολο του στατιστικού δείγματος με συμμετοχή μόνο των κυκλοφοριακών παραγόντων	130
4.6.3	2 ^ο πρότυπο: Ανάλυση της διαδικασίας της προσπέρασης για τα δεδομένα των ανδρών	135
4.6.4	3 ^ο πρότυπο: Ανάλυση της διαδικασίας της προσπέρασης μόνο για τα δεδομένα των γυναικών	139
4.7	Η επιρροή της οδηγικής εμπειρίας στην απόφαση της προσπέρασης	143
4.8	Ανάλυση ευαισθησίας	144
Κεφάλαιο 5		148
Συμπεράσματα		148
5.1	Συνολικά συμπεράσματα	148
5.2	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	151
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I		157
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II		159
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III		167
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV		171
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V		173
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI		176

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 3.1: Φωτογραφία του προσομοιωτή οδήγησης (Driving Simulator FPF)	37
ΕΙΚΟΝΑ 3.2, 3.3, 3.4, 3.5: Φωτογραφίες των οργάνων του προσομοιωτή	38
ΕΙΚΟΝΑ 3.6: Διαδρομή σεναρίου οδήγησης	42
ΕΙΚΟΝΑ 3.7: Επιλογή καιρικών συνθηκών σεναρίου οδήγησης	43
ΕΙΚΟΝΑ 3.8: Εισαγωγή μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης της ταχύτητας στο πρόγραμμα γένεσης τυχαίων αριθμών	51
ΕΙΚΟΝΑ 3.9: Επιλογή σεναρίου «ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΟΔΗΓΗΣΗ»	73
ΕΙΚΟΝΑ 3.10: Οθόνη εισαγωγής μέσης τιμής ταχύτητας και τυπικής απόκλισης	74
ΕΙΚΟΝΑ 3.11: Επιλογή σεναρίου οδήγησης	74
ΕΙΚΟΝΑ 3.12: Αποθήκευση εισαχθέντων δεδομένων από τον προσομοιωτή	75
ΕΙΚΟΝΑ 3.13: Αποθήκευση εξαγόμενων δεδομένων από τον προσομοιωτή	76
ΕΙΚΟΝΑ 3.14: Αρχεία δεδομένων σε φύλλα επεξεργασίας	77
ΕΙΚΟΝΑ 3.15: Περίπτωση 1 εμφάνισης ευκαιρίας προσπέρασης	78
ΕΙΚΟΝΑ 3.16: Περίπτωση 2 εμφάνισης ευκαιρίας προσπέρασης	78
ΕΙΚΟΝΑ 3.17: Περίπτωση 3 εμφάνισης ευκαιρίας προσπέρασης	79
ΕΙΚΟΝΑ 3.18: Παράδειγμα κωδικοποίησης φύλλου επεξεργασίας	79
ΕΙΚΟΝΑ 3.19: Δημιουργία νέας στήλης για την κωδικοποίηση των προσπεράσεων	80
ΕΙΚΟΝΑ 3.20: Παράδειγμα κωδικοποίησης αποδεκτής ευκαιρίας προσπέρασης	81
ΕΙΚΟΝΑ 3.21: Παράδειγμα κωδικοποίησης μη αποδεκτής ευκαιρίας προσπέρασης	82
ΕΙΚΟΝΑ 4.1: Καθορισμός επιμέρους χαρακτηριστικών των μεταβλητών	94
 ΣΧΗΜΑ 2.1: Στάδια του ελιγμού της προσπέρασης και διάγραμμα χρόνου-απόστασης της τροχιάς οχήματος (πηγή A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. AASHTO, 1994)	20
ΣΧΗΜΑ 3.1: Θέση οχημάτων πριν την έναρξη της προσπέρασης	28
ΣΧΗΜΑ 3.2: Διάγραμμα ροής για την επιλογή και την επεξεργασία των μεταβλητών	31
ΣΧΗΜΑ 3.3: Διαδικασία παραγωγής σεναρίων	54

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Σύνολο ατυχημάτων στην Ελλάδα (πηγή : Ε.Σ.Υ.Ε.)	4
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: Προκαθορισμένες μεταβλητές υπολογισμού του προσομοιωτή	46
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: Μεταβλητές που υπολογίζονται από το νέο σενάριο προσομοίωσης	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3: Μεταβλητές που μετρώνται κατά τη διάρκεια του σεναρίου οδήγησης	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4: Μεταβλητές που αποθηκεύονται στα αρχεία δεδομένων	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στον προγραμματισμό του σεναρίου οδήγησης.....	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: Περιγραφικά στατιστικά ερωτηματολογίου	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: Περιγραφικά στατιστικά για το σύνολο του δείγματος	106
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3: Περιγραφικά στατιστικά για το σύνολο του δείγματος για τις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης	109
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4: Περιγραφικά στατιστικά αποδεκτών ευκαιριών προσπεράσεων για τους άνδρες	113
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5: Περιγραφικά στατιστικά αποδεκτών ευκαιριών προσπεράσεων για τις γυναίκες	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6: Πίνακας συσχέτισης ανεξάρτητων μεταβλητών	126
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7: Πίνακας κατηγοριοποίησης εξαρτημένης μεταβλητής	127
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8: Μεταβλητές στην εξίσωση του βασικού προτύπου	127
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9: Πίνακας ιστορικού επαναλήψεων	128
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.10: Πίνακας κατηγοριοποίησης ενδεχομένων πρόβλεψης του προτύπου.....	128
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.11: Μεταβλητές στην εξίσωση του προτύπου	129
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.12: Πίνακας κατηγοριοποίησης εξαρτημένης μεταβλητής 1 ^{ου} προτύπου.....	131
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.13: Πίνακας ιστορικού επαναλήψεων 1 ^{ου} προτύπου.....	131
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.14: Πίνακας κατηγοριοποίησης ενδεχομένων πρόβλεψης 1 ^{ου} προτύπου.....	132
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.15: Μεταβλητές στην εξίσωση του 1 ^{ου} προτύπου	132
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.16: Πίνακας κατηγοριοποίησης εξαρτημένης μεταβλητής 2 ^{ου} προτύπου.....	135
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.17: Πίνακας ιστορικού επαναλήψεων 2 ^{ου} προτύπου.....	135
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.18: Πίνακας κατηγοριοποίησης ενδεχομένων πρόβλεψης 2 ^{ου} προτύπου.....	136
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.19: Μεταβλητές στην εξίσωση του 2 ^{ου} προτύπου	136
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.20: Πίνακας κατηγοριοποίησης εξαρτημένης μεταβλητής 3 ^{ου} προτύπου.....	139
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.21: Πίνακας ιστορικού επαναλήψεων 3 ^{ου} προτύπου.....	140
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.22: Πίνακας κατηγοριοποίησης ενδεχομένων πρόβλεψης 3 ^{ου} προτύπου.....	140
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.23: Μεταβλητές στην εξίσωση του 3 ^{ου} προτύπου	141

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.24: Επίπεδο σημαντικότητας ετών κατοχής διπλώματος οδήγησης για τους άνδρες	143
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.25: Επίπεδο σημαντικότητας ετών κατοχής διπλώματος οδήγησης για τις γυναίκες	144

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1 : Αριθμός συνόλου ατυχημάτων και ατυχημάτων λόγω εισόδου στο αντίθετο ρεύμα από το 2000 έως το 2006 στην Ελλάδα	5
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2: Διαδικασία προσπέρασης.....	7
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.3: Διαδικασία λήψης απόφασης για πραγματοποίηση της προσπέρασης....	9
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.1: Ετήσιος αριθμός θανατηφόρων ατυχημάτων κατά έτος και ηλικία στην Ευρωπαϊκή Ένωση (πηγή CARE Database).....	14
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.2: Δείκτης ατυχημάτων ανά εκατομμύριο πληθυσμού ανά ηλικία για οδηγούς, επιβάτες και πεζούς στην Ευρωπαϊκή Ένωση (πηγή CARE Database)	16
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1: Διάμεσος στατιστικού δείγματος	86
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2: Επικρατούσα τιμή στατιστικού δείγματος.....	86
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3: Κανονική κατανομή κατά Gauss	89
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.4: Σύγκριση γραμμικής και λογιστικής παλινδρόμησης	91
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.5: Κατανομή φύλου.....	97
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.6: Κατανομή ετών κατοχής διπλώματος οδήγησης.....	97
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.7: Κατανομή ηλικιών στατιστικού δείγματος.....	98
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.8: Κατανομή χλμ που διανύονται εβδομαδιαίως κατά φύλο	98
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.9: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την ηλικία των οδηγών.....	99
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.10: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για τα χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης	99
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.11: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για τα χλμ που διανύονται εβδομαδιαίως	99
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.12: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για τον αριθμό των ελιγμών που έγιναν	99
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.13: Αριθμός προσπεράσεων σε σχέση με την ηλικία των οδηγών	100
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.14: Αριθμός προσπεράσεων σε σχέση με τα χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης	100
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.15: Αριθμός προσπεράσεων σε σχέση με τα διανυόμενα εβδομαδιαία χλμ	100
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.16: Αριθμός προσπεράσεων ανδρών σε σχέση με την ηλικία.....	102
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.17: Αριθμός προσπεράσεων γυναικών σε σχέση με την ηλικία.....	102
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.18: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ανδρών για τα έτη κατοχής διπλώματος οδήγησης	102
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.19: Ιστόγραμμα συχνοτήτων γυναικών για τα έτη κατοχής διπλώματος οδήγησης	102
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.20: Αριθμός προσπεράσεων ανδρών σε σχέση με τα χλμ που διανύονται εβδομαδιαίως.....	103

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.21: Αριθμός προσπεράσεων γυναικών ανάλογα με τα χλμ που διανύονται εβδομαδιαίως.....	103
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.22: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ανδρών για τον αριθμό προσπεράσεων	103
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.23: Αριθμός προσπεράσεων γυναικών σε σχέση με τα χλμ που διανύονται εβδομαδιαίως.....	103
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.24: Συχνότητα προσπεράσεων κατά φύλο και ηλικία.....	104
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.25: Αξιολόγηση προσομοιωτή κατά φύλο	105
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.26: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για τη μέση ταχύτητα διαδρομής για το σύνολο των μετρήσεων	107
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.27: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας εξεταζόμενου οχήματος για το σύνολο των μετρήσεων	108
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.28: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας προπορευόμενου οχήματος για το σύνολο των μετρήσεων	108
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.29: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από προπορευόμενο όχημα για το σύνολο των μετρήσεων	108
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.30: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας επερχόμενου οχήματος για το σύνολο των μετρήσεων	108
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.31: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από επερχόμενο όχημα για το σύνολο των μετρήσεων	108
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.32: Ιστόγραμμα συχνοτήτων διαφοράς ταχυτήτων εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα για το σύνολο των μετρήσεων.....	108
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.33: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας εξεταζόμενου οχήματος μόνο για τις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης	110
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.34: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας προπορευόμενου οχήματος μόνο για τις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης	110
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.35: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από προπορευόμενο όχημα μόνο για τις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης.....	111
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.36: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας επερχόμενου οχήματος μόνο για τις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης	111
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.37: Ιστόγραμμα συχνοτήτων διαφοράς ταχυτήτων εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα μόνο για τις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης	111
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.38: Ιστόγραμμα συχνοτήτων διάρκειας προσπέρασης.....	111
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.39: Διάρκεια προσπέρασης σε σχέση με τη διαφορά ταχύτητας εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα.....	112
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.40: Διάρκεια προσπέρασης σε σχέση με τη ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος.....	112

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.41: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας εξεταζόμενου οχήματος για τους άνδρες	114
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.42: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας προπορευόμενου οχήματος για τους άνδρες	114
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.43: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από προπορευόμενο όχημα για τους άνδρες	114
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.44: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας επερχόμενου οχήματος για τους άνδρες	114
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.45: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από επερχόμενο όχημα για τους άνδρες	114
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.46: Ιστόγραμμα συχνοτήτων διαφοράς ταχυτήτων εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα για τους άνδρες	115
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.47: Ιστόγραμμα συχνοτήτων διάρκειας προσπέρασης για τους άνδρες ...	115
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.48: Διάρκεια προσπέρασης σε σχέση με τη διαφορά ταχύτητας εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα για τους άνδρες	115
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.49: Διάρκεια προσπέρασης σε σχέση με τη ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος για τους άνδρες	116
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.50: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας εξεταζόμενου οχήματος για τις γυναίκες	119
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.51: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας προπορευόμενου οχήματος για τις γυναίκες	119
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.52: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από προπορευόμενο όχημα για τις γυναίκες	119
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.53: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας επερχόμενου οχήματος για τις γυναίκες	119
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.54: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από επερχόμενο όχημα για τις γυναίκες	119
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.55: Ιστόγραμμα συχνοτήτων διαφοράς ταχυτήτων εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα για τις γυναίκες	120
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.56: Ιστόγραμμα συχνοτήτων διάρκειας προσπέρασης για τις γυναίκες	120
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.57: Διάρκεια προσπέραση σε σχέση με τη διαφορά ταχύτητας εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα για τις γυναίκες	120
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.58: Διάρκεια προσπέρασης σε σχέση με τη ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος για τις γυναίκες	121
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.59: Κρίσιμη τιμή χρονικού διαχωρισμού από προπορευόμενο όχημα για ένταξη της προσπέρασης σε κατηγορία	123

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.60: Πιθανότητα προσπέρασης σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα	134
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.61: Πιθανότητα προσπέρασης σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το επερχόμενο όχημα	134
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.62: Πιθανότητα προσπέρασης σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα για τους άνδρες.....	138
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.63: Πιθανότητα προσπέρασης σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το επερχόμενο όχημα για τους άνδρες.....	138
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.64: Πιθανότητα προσπέρασης σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα για τις γυναίκες.....	142
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.65: Πιθανότητα προσπέρασης σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το επερχόμενο όχημα για τις γυναίκες.....	142
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.66: Συσχέτιση πιθανότητας να συμβεί μια προσπέραση σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα.....	145
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.67: Συσχέτιση πιθανότητας να συμβεί μια προσπέραση σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το επερχόμενο όχημα.....	146
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.68: Συσχέτιση πιθανότητας να συμβεί μια προσπέραση σε σχέση με την ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος	146
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.69: Συσχέτιση πιθανότητας να συμβεί μια προσπέραση σε σχέση με την ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος	147

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Όχημα, Οδός και Περιβάλλον, Άνθρωπος

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα συμβαίνουν πάνω από 20.000 ατυχήματα/έτος (ΕΣΥΕ). Ένα μεγάλο μέρος από αυτά γίνεται αιτία για τον θάνατο ή τον σοβαρό τραυματισμό οδηγών, μεταφερόμενων προσώπων και πεζών. Τα παθόντα αυτά πρόσωπα αποτελούν ένα τεράστιο κοινωνικό, αλλά και οικονομικό κόστος για τη χώρα. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της Τροχαίας, οι συχνότερες αιτίες πρόκλησης τροχαίων ατυχημάτων είναι οι "επικίνδυνες παραβάσεις", στις οποίες συμπεριλαμβάνονται η παραβίαση προτεραιότητας, η παραβίαση ερυθρού σηματοδότη, οι αντικανονικοί ελιγμοί, η κίνηση στο αντίθετο ρεύμα, το αντικανονικό προσπέρασμα, οι παραβάσεις ταχύτητας, η οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ, η μη χρήση κράνους, η μη χρήση ζώνης ασφαλείας κλπ.. Τρεις είναι οι συντελεστές που εμπλέκονται στο φαινόμενο που ονομάζεται ατύχημα και παραθέτονται με σειρά αυξανόμενης σπουδαιότητας. Ο πρώτος είναι ο παράγων **μέσον** (αυτοκίνητα, δίκυκλα). Ο δεύτερος είναι ο παράγων **οδικές υποδομές** (δρόμοι, σήμανση). Ο τρίτος είναι ο παράγων **άνθρωπος** (οδηγός, επιβάτης, πεζός).

Το μικρότερο ποσοστό στα ατυχήματα καταλαμβάνει ο παράγοντας **όχημα** ο οποίος έχει ως κύρια αιτία τις μηχανικές ή άλλες βλάβες λόγω παλαιότητας ή κακής συντήρησης. Δευτερευόντως, σε ότι αφορά τις προσπεράσεις ο χαμηλός κυβισμός

και η ιπποδύναμη του κινητήρα μπορούν να συντελέσουν σε μια αποτυχημένη προσπάθεια καθώς συντελούν σε αύξηση της συνολικής διάρκειας του ελιγμού, κυρίως λόγω μειωμένης δυνατότητας επιτάχυνσης του οχήματος.

Η οδός και το περιβάλλον, σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας έχουν να κάνουν με ατυχήματα που οφείλονται κυρίως σε ανεπαρκή γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως είναι η έλλειψη διαχωριστικής νησίδας και ερεισμάτων, σε χαμηλά πρότυπα κατασκευής με ολισθηρά οδοστρώματα και κακές υποδομές αποστράγγισης. Επίσης 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. Δευτερεύοντα ρόλο παίζει η έλλειψη ή ανεπάρκεια του οδικού φωτισμού.

Ο άνθρωπος, είτε παίζει το ρόλο του οδηγού, του επιβάτη του οχήματος, ή ακόμα και του πεζού, αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα των οδικών ατυχημάτων. Η παράβαση των κανόνων της οδικής κυκλοφορίας που έχουν να κάνουν με προσπάθεια 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. Ενδεικτικά, όπως δείχνουν μελέτες, στις περισσότερες περιπτώσεις συντελούν τουλάχιστον δύο από τους τρεις προαναφερθέντες παράγοντες, αλλά ο άνθρωπος μόνος ή σε συνδυασμό με τους άλλους δύο παράγοντες παίζει ρόλο στο 95% των συνολικών οδικών ατυχημάτων (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, 1994).

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 του και της αποτελεσματικότητας των αντανάκλαστικών του σε περιπτώσεις όπως η υπερβολική κούραση και η οδήγηση υπό την επήρεια ναρκωτικών ουσιών ή οινοπνεύματος. Γενικά η οδήγηση είναι μια δράση η οποία υλοποιείται από ανθρώπους χρησιμοποιώντας οχήματα προκειμένου να μετακινηθούν σε ένα συγκεκριμένο μέρος σε σύντομο χρονικό διάστημα, (Wilde, 1994). Αυτή η δράση μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε άμεση και έμμεση. Η άμεση δράση περιλαμβάνει την επιτάχυνση, το φρενάρισμα και την οδήγηση του οχήματος, όπου η έμμεση δράση περιλαμβάνει την παρατήρηση, την ανάλυση, την κρίση και τη λήψη της απόφασης. 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.

1.2 Ατυχήματα και προσπεράσεις

Οι υπεραστικές οδοί δύο λωρίδων κυκλοφορίας, μία 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). Η προσπέραση σε υπεραστικές οδούς 2 λωρίδων κυκλοφορίας (μία ανά κατεύθυνση), χωρίς διαχωριστική νησίδα, αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία, που εξαρτάται από τις κυκλοφοριακές συνθήκες, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού και τα χαρακτηριστικά των χρηστών αυτής. Είναι εξαιρετικά δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί, κυρίως γιατί εμπεριέχει πολλά στάδια για την επιτυχή ολοκλήρωσή της, αλλά και λόγω του μεγάλου μήκους οδού που συνήθως απαιτεί. Είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στους οποίους οφείλεται υψηλό ποσοστό των ατυχημάτων του οδικού δικτύου όχι μόνο στην Ελλάδα, αλλά και παγκοσμίως (Bar-Gera, Shinar, 2005). Είναι σαφές ότι η παρεκκλίνουσα οδική συμπεριφορά, η οποία περιλαμβάνει την υπερβολική ταχύτητα, την προσπέραση σε περιοχές διπλής γραμμής, την είσοδο στο αντίθετο ρεύμα προκειμένου να λάβει χώρα μια προσπέραση, τις περιττές κινήσεις εντός και εκτός της βασικής λωρίδας κυκλοφορίας, όπως επίσης και τις πολύ μικρές αποστάσεις από το εκάστωτε προπορευόμενο και εξεταζόμενο όχημα, είναι υπαίτια για το μεγάλο ποσοστό ατυχημάτων που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της προσπέρασης.

Ο ελιγμός της προσπέρασης αποτελεί μια εγκεφαλικά πολύπλοκη διαδικασία (Cantin *et al*, 2009) και παράλληλα επηρεάζει σημαντικά την απόδοση του δρόμου. Μία μείωση στις παρεχόμενες ευκαιρίες προσπεράσεως μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία ουρών, επηρεάζοντας την κυκλοφοριακή ικανότητα, η οποία με τη σειρά της μπορεί να επηρεάζει το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού, να οδηγήσει πιθανώς σε περισσότερα οδικά ατυχήματα, στην αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου και της εκπομπής ρύπων. Πιθανές βελτιώσεις στο σχεδιασμό των υπεραστικών οδών συμπεριλαμβάνουν την προσθήκη επιπλέον λωρίδων κυκλοφορίας, τη δημιουργία

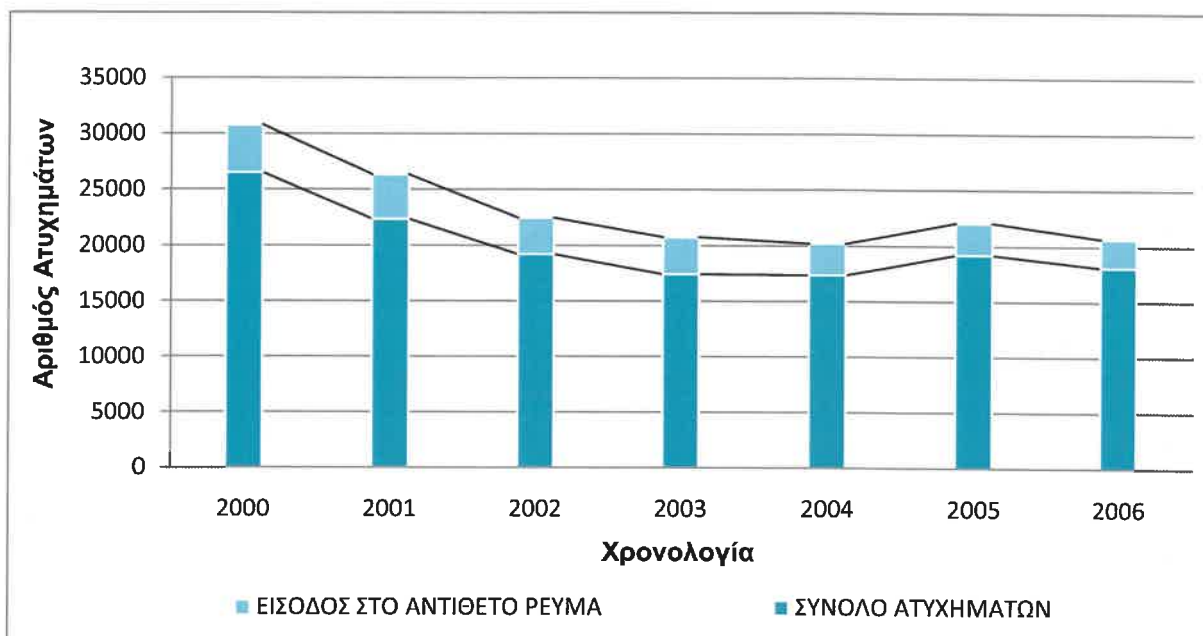
τμημάτων προσπέρασης ή τη διαπλάτυνση υπαρχουσών λωρίδων κυκλοφορίας και ερεισμάτων. Τέτοιου είδους όμως βελτιώσεις προϋποθέτουν υψηλό κόστος και πολύ προσεκτικό σχεδιασμό και αξιολόγηση πριν την εφαρμογή τους. Για αυτούς τους λόγους είναι εξαιρετικά σημαντικό να μελετηθεί και να κατανοηθεί σε βάθος η διαδικασία της προσπέρασης.

Το φαινόμενο της αύξησης του αριθμού των ατυχημάτων που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της προσπέρασης, οδήγησε στην επικέντρωση της παρούσας έρευνας στη διεξοδική διερεύνηση των παραγόντων που υπεισέρχονται και επηρεάζουν αυτή τη διαδικασία. Πρόσφατες έρευνες αποκάλυψαν ότι τέτοιοι παράγοντες που εξετάζονται από τους οδηγούς πριν πάρουν την απόφαση για προσπέραση είναι η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος, το αποδεκτό προσφερόμενο κενό ανάμεσα στο όχημα που προσπερνά και στο όχημα της αντίθετης κατεύθυνσης. Κάποιοι παράμετροι που έχουν συμπεριληφθεί σε μελέτες και έχουν να κάνουν την οδική συμπεριφορά είναι οι χρόνοι λήψης απόφασης προσπέρασης, η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα κατά την έναρξη και τη λήξη της προσπέρασης, η απόσταση ορατότητας, το κενό ασφαλείας που αφήνει το όχημα που προσπερνά καθώς επίσης και η εκτιμώμενη ταχύτητα του οχήματος της αντίθετης κατεύθυνσης. Στον Πίνακα 1.1 παρουσιάζεται ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων που καταγράφηκαν στην Ελλάδα για τα έτη 2000 έως 2006, καθώς και ο αριθμός των ατυχημάτων που προκλήθηκαν από την είσοδο οχήματος στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας.

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

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

Από τα δεδομένα της ΕΣΥΕ για τα έτη 2000-2006 προκύπτει ότι ο ετήσιος μέσος αριθμός των ατυχημάτων είναι 23314, εκ των οποίων το 14,18% προέρχεται από είσοδο οχήματος στο αντίθετο ρεύμα, ποσοστό υψηλό που απαιτεί μελέτη και διερεύνηση. Στο Διάγραμμα 1.1 παρουσιάζεται η τάση του συνολικού αριθμού των ατυχημάτων καθώς και των ατυχημάτων λόγω εισόδου στο αντίθετο ρεύμα για τα έτη 2000 μέχρι και το 2006 στην Ελλάδα.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1 : Αριθμός συνόλου ατυχημάτων και ατυχημάτων λόγω εισόδου στο αντίθετο ρεύμα από το 2000 έως το 2006 στην Ελλάδα

1.3 Διαδικασία Προσπέρασης

Ο ελιγμός της προσπέρασης πραγματοποιείται όταν ένας οδηγός βρει ένα προσφερόμενο κενό στην επερχόμενη κυκλοφορία, το αποδεχτεί και προσπεράσει το όχημα που προπορεύεται αυτού. Το βασικότερο κίνητρο για έναν οδηγό ώστε να πραγματοποιήσει ενός τέτοιου είδους ελιγμό είναι η διατήρηση της επιθυμητής ταχύτητας κίνησης του οχήματός του. Ο οδηγός προσπερνά το προπορευόμενο όχημα κινούμενος με υψηλότερη ταχύτητα από αυτό, εισερχόμενος στο ρεύμα αντίθετης κατεύθυνσης κυκλοφορίας. Ο Prisk (1941) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η επιτάχυνση και η ταχύτητα του οχήματος που προσπερνά εξαρτάται από την ταχύτητα του οχήματος που προσπερνιέται και από διάφορους άλλους περιορισμούς κατά τον ελιγμό. Η προσπέραση σε οδούς μίας λωρίδας κυκλοφορίας

ανά κατεύθυνση, απαιτεί τα γρηγορότερα οχήματα να χρησιμοποιούν αναγκαστικά τη λωρίδα της αντίθετης κατεύθυνσης της κυκλοφορίας για να προσπεράσουν. Οι Miller και Pretty (1968), υπέθεσαν ότι για κάθε οδηγό υπάρχει ένα κρίσιμο σημείο που αντιπροσωπεύει το όριο του σημείου αυτού να εκμεταλλευτεί ή να μη εκμεταλλευτεί ένα παρουσιαζόμενο κενό για προσπέραση. Η εκμετάλλευση του παρουσιαζόμενου κενού εκφράζεται ως η κατανομή της πιθανότητας να επιθυμεί ένας οδηγός να προσπεράσει.

Στις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα για τις προσπεράσεις και που αφορούν σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας συνολικά, ο ελιγμός της προσπέρασης ορίζεται ως την κίνηση όπου ένα όχημα διασχίζει την διαχωριστική γραμμή του δρόμου προς την αντίθετη κατεύθυνση κυκλοφορίας, επιταχύνει για να περάσει το όχημα εμπρός του και επανέρχεται πίσω στην αρχική λωρίδα του μέσα σε έναν χρόνο ώστε να αποφευχθεί η σύγκρουση με όχημα της αντίθετης κατεύθυνσης. Ο McLean (1944), ταξινόμησε τον ελιγμό της προσπέρασης σύμφωνα με πέντε βασικούς παράγοντες:

Ο τύπος του υπό προσπέραση οχήματος: Διαφορετικές αντιδράσεις προσπέρασης ανάλογα με το είδος του οχήματος που πρόκειται να προσπεραστεί. Ο τύπος του οχήματος δεν έχει να κάνει μόνο με το μέγεθος του υπό προσπέραση οχήματος (επιβατικό Ι.Χ., φορτηγό), αλλά και με τον κυβισμό του.

Ο τύπος του οχήματος του προσπερνά: Η απόδοση του οχήματος που προσπερνά εξαρτάται από την κατηγορία του. Για παράδειγμα, υπάρχει διαφορά στην ικανότητα προσπέρασης μεταξύ ενός οδηγού που οδηγεί ένα βαρύ φορτηγό και ενός άλλου που οδηγεί ένα επιβατικό αυτοκίνητο.

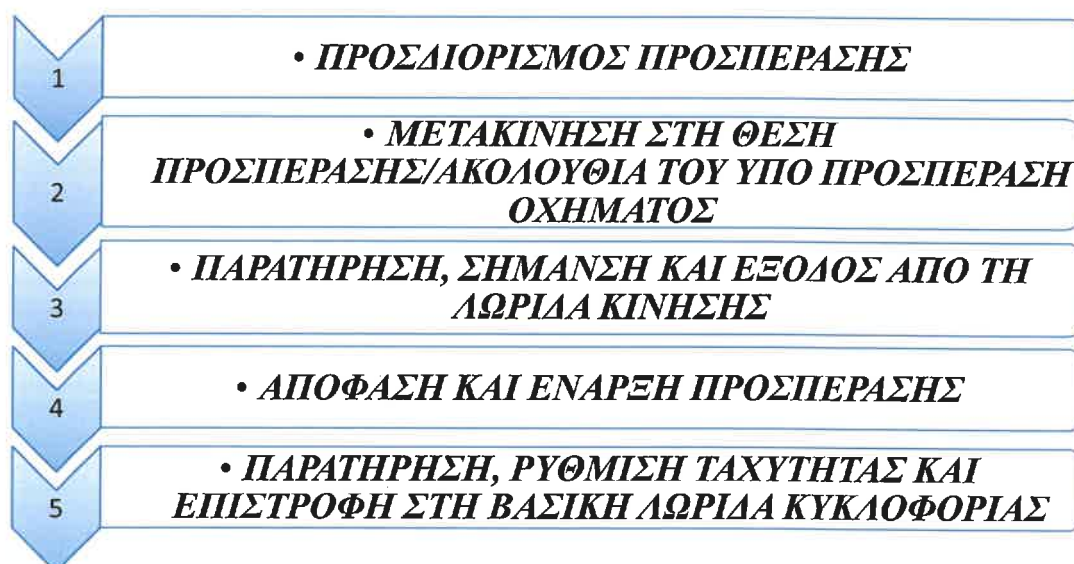
Η ταχύτητα του υπό προσπέραση οχήματος: Η ταχύτητα του υπό προσπέραση αυτοκινήτου επηρεάζει την απόσταση που πρέπει να διανύσει το όχημα που προσπερνά για να ολοκληρώσει την προσπέραση.

'Πέταγμα' ή επιταχυνόμενη προσπέραση (flying or accelerative): Το όχημα που πρόκειται να προσπεράσει πρέπει να σταθμίσει εάν μπορεί να προσπεράσει αμέσως μόλις φτάσει κοντά στο μπροστινό όχημα (πέταγμα), ή πρέπει να επιβραδύνει πρώτα, να ρυθμίσει την ταχύτητά του βάσει αυτής του υπό προσπέραση οχήματος, να επιταχύνει και να προσπεράσει στη συνέχεια (επιταχυνόμενη προσπέραση).

Το είδος της ευκαιρίας για προσπέραση: Η ευκαιρία για προσπέραση μπορεί να δημιουργηθεί λόγω της απόστασης που υπάρχει μεταξύ δύο διαδοχικών οχημάτων στην αντίθετη κατεύθυνση της οδού που είναι ορατή στον οδηγό. Η ορατότητα του οχήματος της αντίθετης κατεύθυνσης μπορεί να περιοριστεί λόγω της απόστασης.

Η προσπέραση θεωρείται συχνά ως μια από τις σημαντικότερες αιτίες ατυχημάτων και είναι ο πιο επικίνδυνος ελιγμός που θα μπορούσε ένας οδηγός να κάνει. Σύμφωνα με έρευνες, υπάρχουν διάφοροι τύποι προσπεράσεων όπως η προσπέραση ενός κινούμενου οχήματος, η προσπέραση ενός μεγάλου οχήματος, η προσπέραση υπό κλίση, η προσπέραση από αριστερά και η προσπέραση ενός σταθμευμένου αυτοκινήτου. Οι οδηγοί πρέπει να καταλάβουν σαφώς τη διαδικασία του ελιγμού προκειμένου να εκτελεσθεί η πράξη και να ξέρουν τους κανόνες και τις απαιτήσεις προκειμένου να προσπεράσουν ένα όχημα.

Ο ελιγμός αυτός, αποτελεί μια ιδιαιτέρως πολύπλοκη και επικίνδυνη διαδικασία της οδήγησης, διότι ο οδηγός καλείται να πάρει έναν μεγάλο αριθμό αποφάσεων βασιζόμενες στις επικρατούσες συνθήκες προσπέρασης. Για παράδειγμα ο οδηγός αποφασίζει ποιο κενό της αντίθετης κυκλοφορίας θα αποδεχθεί, ποια απόσταση θα διατηρήσει από το προπορευόμενο όχημα και ποια απόσταση θα αφήσει από αυτό μετά την ολοκλήρωση της προσπέρασης, όπου θα συνεχίσει την πορεία του στη δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας. Επιπροσθέτως, ο οδηγός θα πρέπει να αποφασίσει πότε θα επιταχύνει και θα επιβραδύνει, καθώς και το πόσο. Παρακάτω δίνονται δύο διαγράμματα (Διάγραμμα 1.2 και Διάγραμμα 1.3) που παρουσιάζουν αυτή τη διαδικασία της προσπέρασης και της λήψης απόφασης αντιστοίχως.

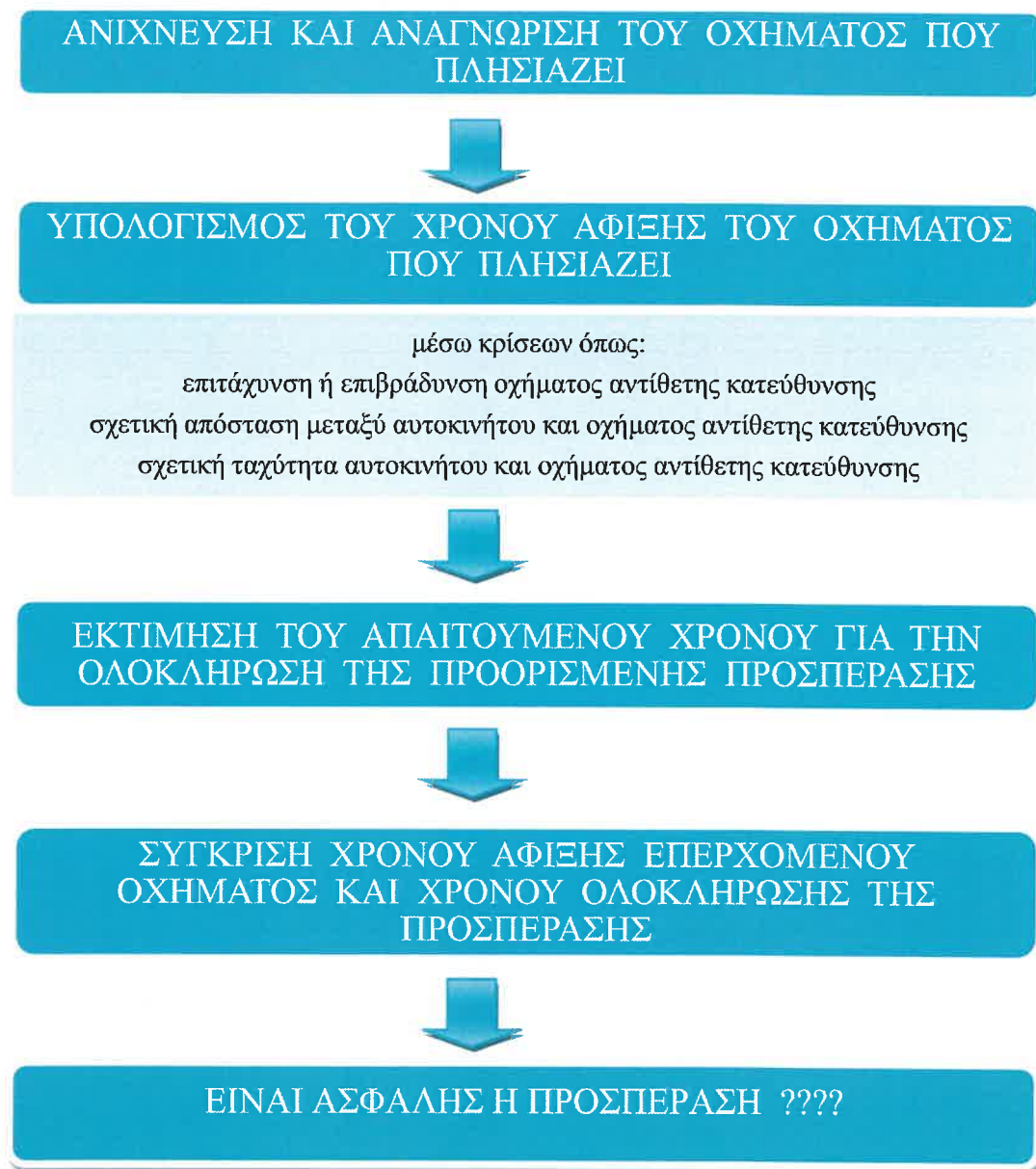


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2: Διαδικασία προσπέρασης

Βάσει του Διαγράμματος 1.2, παρακάτω παρατίθενται οι επεξηγήσεις για κάθε στάδιο που απαιτεί ο ελιγμός της προσπέρασης:

- (i) **Προσδιορισμός προσπέρασης:** Ο οδηγός πρέπει να ξέρει και να κρίνει σωστά τις ανάγκες να προσπεράσει ένα όχημα. Πρέπει να σταθμίσει την κατάσταση και τις συνθήκες του ελιγμού προσπέρασης ανάλογα με τον τύπο προσπέρασης.
- (ii) **Κίνηση στη θέση προσπέρασης:** Ο οδηγός πρέπει να είναι έτοιμος και να παρατηρεί τις οδικές συνθήκες, να κρίνει την ταχύτητα του οχήματος που έρχεται από την αντίθετη κατεύθυνση του δρόμου, όπως επίσης και την ταχύτητα του υπό προσπέραση οχήματος.
- (iii) **Παρατήρηση, σήμανση και έξοδος από την λωρίδα κίνησης:** Εάν υπάρχει δυνατότητα προσπέρασης, ο οδηγός πρέπει να παρατηρήσει και πάλι τον δρόμο και να δώσει σήμα εξόδου από τη λωρίδα του.
- (iv) **Απόφαση και προσπέρασμα:** Ο οδηγός πρέπει να επιταχύνει όταν είναι στην λωρίδα αντίθετης κυκλοφορίας για να προσπεράσει το αργό όχημα.
- (v) **Παρατήρηση, ρύθμιση της ταχύτητας και επιστροφή στην αρχική λωρίδα:** Προτού ελαττωθεί το ελεύθερο άνοιγμα για προσπέραση, ο οδηγός πρέπει να ρυθμίσει την ταχύτητά του, να δώσει σήμα επαναφοράς στην αρχική λωρίδα του χωρίς να συγκρουστεί με το όχημα που μόλις προσπέρασε.

Όπως έχει αναφερθεί ήδη παραπάνω, η διαδικασία της προσπέρασης εμπεριέχει τη λήψη πολλών αποφάσεων ταυτόχρονα. Αυτή η απόφαση γίνεται ακόμα πιο απαιτητική όταν υπάρχει κυκλοφορία στο αντίθετο ρεύμα. Το Διάγραμμα 1.3 αποτελεί ένα διάγραμμα ροής, το οποίο παρουσιάζει τη διαδικασία λήψης απόφασης στο να υλοποιήσει ή να απορρίψει ένας οδηγός μία επικείμενη ευκαιρία προσπέρασης, όταν υπάρχει κυκλοφορία και στο αντίθετο ρεύμα:



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.3: Διαδικασία λήψης απόφασης για πραγματοποίηση της προσπέρασης

1.4 Σκοπός διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η **διερεύνηση της οδικής συμπεριφοράς των οδηγών κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της προσπέρασης** οχημάτων σε υπεραστική οδό δύο λωρίδων (μια ανά κατεύθυνση), χωρίς διαχωριστική νησίδα, γεγονός που προϋποθέτει είσοδο στο αντίθετο ρεύμα προκειμένου να υλοποιηθεί η προσπέραση. Η διερεύνηση του ελιγμού αυτού θα επιτευχθεί **μέσω διεξαγωγής πειραμάτων σε προσομοιωτή οδήγησης**. Πριν την έναρξη της έρευνας αυτής, έγινε έλεγχος και ανάλυση των δυνατοτήτων του προσομοιωτή, σε ό,τι αφορά στα διαθέσιμα σενάρια οδήγησης, χωρίς όμως κανένα από αυτά να ικανοποιεί τις προϋποθέσεις τέθηκαν για την πραγματοποίηση ενός ρεαλιστικού πειράματος, τα αποτελέσματα του οποίου θα μπορούσαν να μεταφερθούν στην πραγματικότητα. Για την παρούσα εργασία θα δημιουργηθεί **σενάριο οδήγησης εξ αρχής** που να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της έρευνας. Το σενάριο αυτό θα δημιουργηθεί στο προγραμματιστικό περιβάλλον του προσομοιωτή μέσω του «Εργαλείου Προγραμματισμού» (Programming Tool) του Εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π.. Στη συνέχεια, αφού ολοκληρωθεί ο προγραμματισμός του σεναρίου και πραγματοποιηθούν όλα τα πειράματα, θα αναπτυχθεί ένα **μικροσκοπικό στατιστικό πρότυπο**, το οποίο θα περιγράφει την **πιθανότητα προσπέρασης ενός οχήματος**, συναρτήσει παραγόντων όπως:

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

Προκειμένου να εξετασθεί και να ποσοτικοποιηθεί η επιρροή καθενός από αυτούς τους παράγοντες, απαιτείται η κατάλληλη επιλογή μεθόδου ανάλυσης δεδομένων. Επομένως, επιμέρους στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι και **επιλογή της κατάλληλης μαθηματικής μεθόδου επεξεργασίας** για την τελική ανάπτυξη ενός στατιστικού προτύπου, το οποίο θα επεξηγεί επαρκώς τη σχέση που διέπει την εξαρτημένη μεταβλητή με τις ανεξάρτητες.

Εν συνεχεία, από τα δεδομένα που θα έχουν συλλεχθεί από τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας, θα διερευνηθούν και άλλες μεταβλητές ενδιαφέροντος όπως είναι ο μέσος χρόνος διάρκειας της προσπάθειας, το ποσοστό του χρόνου της συνολικής διαδρομής που παρέμεναν οι συμμετέχοντες στο αντίθετο ρεύμα, οι διαφοροποιήσεις των δύο φύλων σε ό,τι αφορά στην επιλογή ταχύτητας διαδρομής, στην αποδοχή παρεχόμενων κενών της επερχόμενης κυκλοφορίας για την πραγματοποίηση της προσπάθειας, στη συχνότητα προσπεράσεων και στο μέσο χρόνο παραμονής στο αντίθετο ρεύμα. Ακόμα, θα διερευνηθεί ο τρόπος που επηρεάζει η εμπειρία οδήγησης (χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης και διανυόμενη εβδομαδιαία απόσταση με αυτοκίνητο) τις αποφάσεις των συμμετεχόντων για να ολοκληρώσουν ή να απορρίψουν μια πιθανή προσπάθεια.

1.5 Δομή διπλωματικής εργασίας

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

Το **Κεφάλαιο 1** είναι εισαγωγικό και πραγματεύεται πρωταρχικά στοιχεία για την καλύτερη κατανόηση του αντικείμενου της διπλωματικής εργασίας. Αρχικά δίδονται οι παράγοντες στους οποίους οφείλονται τα οδικά ατυχήματα, στη συνέχεια γίνεται συσχέτιση αυτών με τα ατυχήματα που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια του ελιγμού της προσπάθειας. Γίνεται ανάλυση της διαδικασίας της προσπάθειας καθώς και της λήψης απόφασης αυτής μέσω διαγραμμάτων ροής και επεξηγηματικών παρατηρήσεων. Εν συνεχεία, καταγράφεται ο στόχος που τέθηκε από τον ερευνητή κατά την έναρξη της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Το **Κεφάλαιο 2** παρουσιάζει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε για να αναζητηθούν έρευνες που πραγματεύονται αντικείμενο συναφές με αυτό της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Το πρώτο σκέλος της βιβλιογραφικής ανασκόπησης αποσκοπεί στον εντοπισμό του πλέον ευπαθούς δείγματος οδηγών σε ό,τι αφορά τα ατυχήματα και τις προσπεράσεις. Το δεύτερο σκέλος αφορά στην εύρεση της καταλληλότερης μεθόδου διεξαγωγής του πειράματος μεταξύ των αναλυτικών μεθόδων εξισώσεων κίνησης, μετρήσεων πεδίου και χρήσης προσομοίωσης.

Στο **Κεφάλαιο 3** αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας. Αρχικά γίνεται μια εισαγωγή στη χρήση της προσομοίωσης ως ερευνητικό εργαλείο σε ό,τι αφορά την εγκυρότητα και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της. Μετά γίνεται η προετοιμασία του πειράματος με την περιγραφή των υπό μέτρηση μεταβλητών. Εν συνεχεία ακολουθεί ανάλυση του προγραμματισμού του νέου σεναρίου οδήγησης που δημιουργήθηκε ειδικά για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες της συγκεκριμένης έρευνας και περιγράφεται ο τρόπος που το πρόγραμμα αυτό προσομοιώνει ρεαλιστικά πραγματικές οδικές συνθήκες. Ακολούθως, περιγράφεται η διεξαγωγή του πειράματος, το είδος των εξαγόμενων στοιχείων καθώς και η επεξεργασία των μετρήσεων.

Το **Κεφάλαιο 4** γίνεται εισαγωγή στο στατιστικό λογισμικό και στις βασικές έννοιες της στατιστικής του χρησιμοποιήθηκαν με ιδιαίτερη έμφαση στα κατάλληλα μαθηματικά πρότυπα που αναπτύχθηκαν. Παρουσιάζεται η στατιστική επεξεργασία της τελικής βάσης δεδομένων. Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία συνοδεύονται από τα αντίστοιχα μαθηματικά πρότυπα που αναπτύχθηκαν και την ανάλυση ευαισθησίας.

Το **Κεφάλαιο 5** περιλαμβάνει τα συνολικά συμπεράσματα που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.

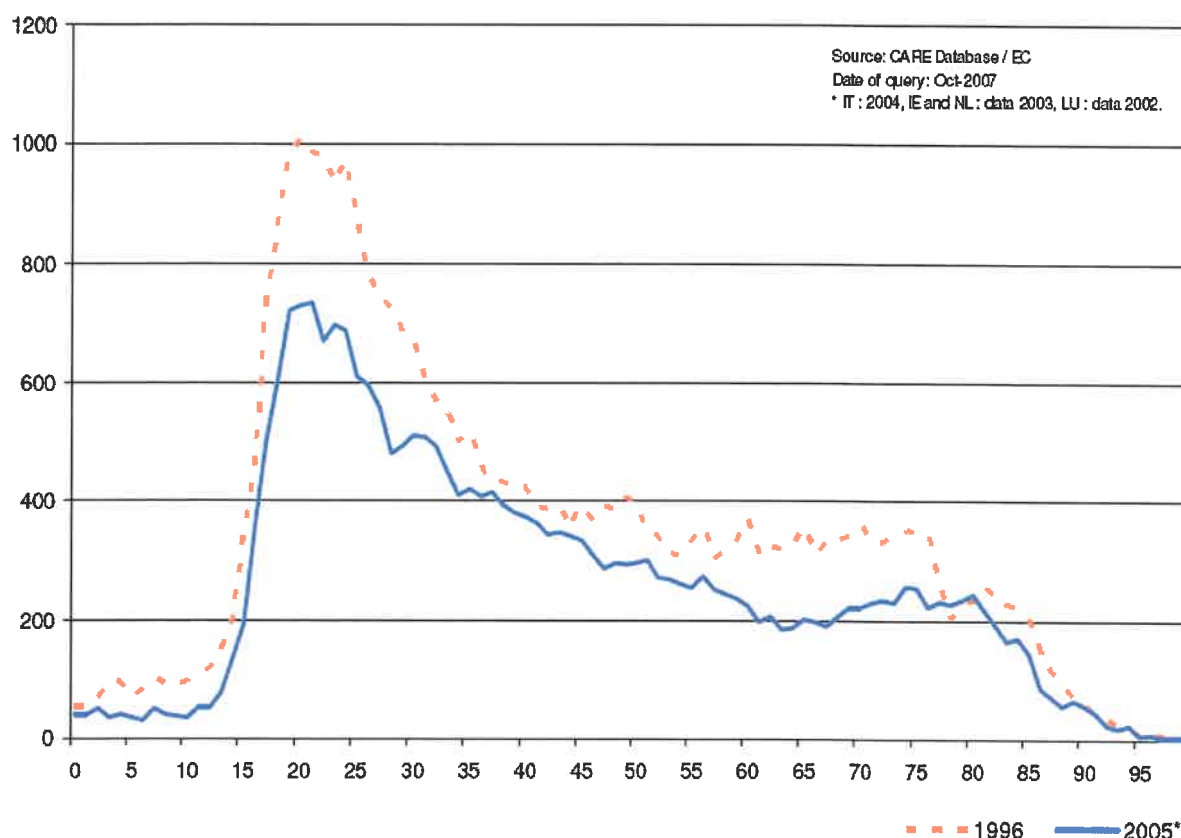
Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Νέοι οδηγοί και ατυχήματα

Τα οδικά τροχαία ατυχήματα αποτελούν μια από τις κυριότερες αιτίες θανάτου και πρόκλησης μόνιμης αναπηρίας παγκοσμίως. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα οδικά τροχαία ατυχήματα είναι η βασικότερη αιτία θανάτου ανθρώπων ηλικίας 15-24 ετών στις χώρες του OECD, σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες αιτίες θανάτου. Παρόλο που ο αριθμός των θυμάτων από τροχαία ατυχήματα έχει μειωτική τάση στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης, η αναλογία των θανάτων νέων ανθρώπων έχει παραμείνει σταθερή. Στην πραγματικότητα, οι νέοι άνθρωποι αποτελούν το 27% των θανόντων οδηγών, παρόλο που αντιπροσωπεύουν μόνο το 10% του συνολικού πληθυσμού. Το μέγεθος του προβλήματος γίνεται ακόμη μεγαλύτερο καθώς αυτά τα ατυχήματα που αφορούν σε άτομα νεαρής ηλικίας έχουν ιδιαίτερως σημαντικές επιπτώσεις στις δαπάνες της δημόσιας υγείας καθώς και στην παραγωγικότητα κάθε χώρας (Conely και Supangan, 2006). Έχει παρατηρηθεί και μελετηθεί πως οι νέοι οδηγοί έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να ακολουθήσουν επικίνδυνη οδική συμπεριφορά (Leung και Starmer, 2006), η οποία μπορεί να οδηγήσει τελικά στην εμπλοκή τους σε ατύχημα (Naantanen και Summala, 1978). Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, στατιστικές δείχνουν ότι νέοι οδηγοί Ι.Χ. μεταξύ 18-24 ετών έχουν

διπλάσιες πιθανότητες να σκοτωθούν σε τροχαία ατυχήματα από τους οδηγούς 25-64 ετών (Χανδάνος, 2007). Στο Διάγραμμα 2.1 παρουσιάζεται ο ετήσιος αριθμός θανατηφόρων ατυχημάτων κατά ηλικία στην Ευρωπαϊκή Ένωση για τα έτη 1996 και 2005. Παρατηρείται ότι συνολικά ο αριθμός ατυχημάτων μειώθηκε στη συγκεκριμένη δεκαετία, αλλά για τις ηλικίες 18-28 ο αριθμός των ατυχημάτων σε σχέση με τις υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες παραμένει ιδιαίτερα αυξημένος.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.1: Ετήσιος αριθμός θανατηφόρων ατυχημάτων κατά έτος και ηλικία στην Ευρωπαϊκή Ένωση (πηγή CARE Database)

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε για τη διερεύνηση της συμπεριφοράς των οδηγών (Triggs και Smith, 1996), αποδείχθηκε πως οι νέοι οδηγοί υστερούν σε ορισμένες οδηγικές ικανότητες, οι οποίες κατηγοριοποιούνται ως ακολούθως:

ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ → η ανίχνευση, η αναγνώριση και η έγκαιρη αντιμετώπιση των κινδύνων της κυκλοφορίας.

ΠΡΟΣΗΛΩΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ → μέριμνα για τις σωστές πτυχές του οδικού περιβάλλοντος τη σωστή στιγμή και για τη σωστή διάρκεια.

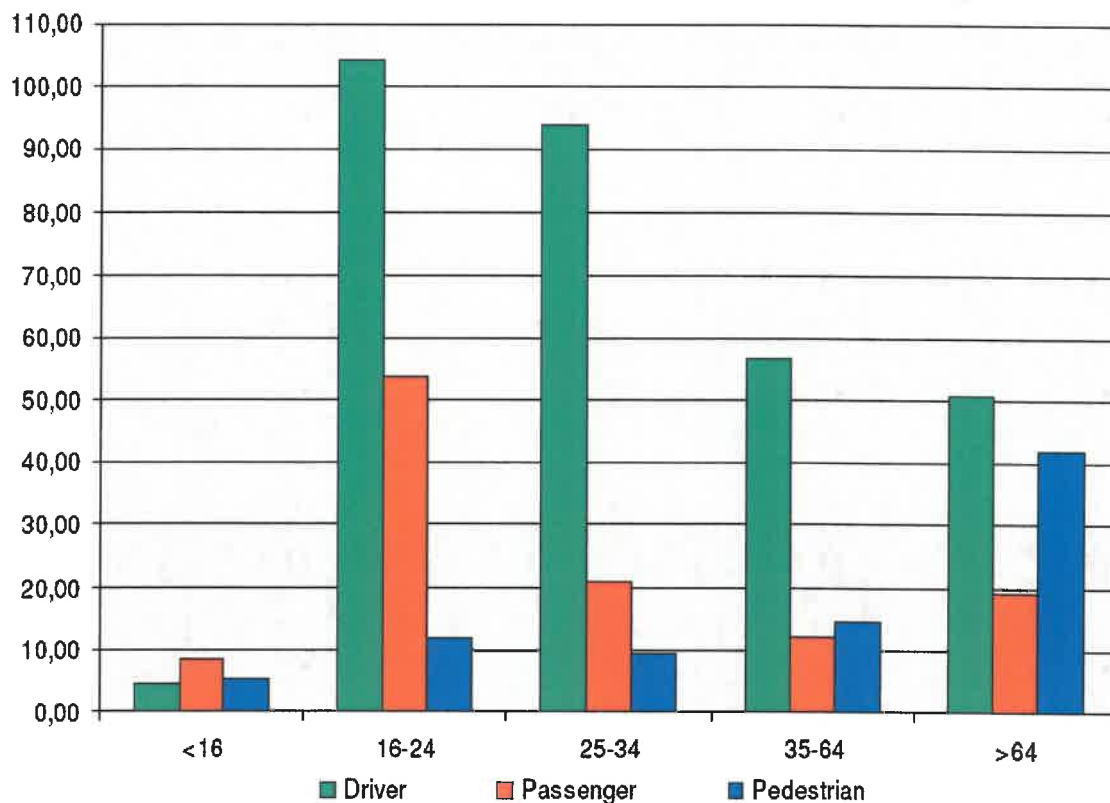
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΧΡΟΝΟΥ → η ικανότητα να αντιμετωπίσει ταυτόχρονα ο οδηγός τη συνεχή αλλαγή πολλαπλών απαιτήσεων της οδήγησης που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής.

ΣΤΑΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΤΙΣ ΕΚΑΣΤΟΤΕ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ → η διάκριση ανάμεσα σε καταστάσεις υψηλών και χαμηλών απαιτήσεων (κινδύνων).

Οι Quimby *et al.* (1986) διαπίστωσαν ότι οι οδηγοί που έκαναν περισσότερο χρόνο να αντιληφθούν και να αντιδράσουν στους κινδύνους της κυκλοφορίας, 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. Επιπλέον, οι Deery και Love (1996) διαπίστωσαν ότι, σε σύγκριση με τους πεπειραμένους οδηγούς, οι αρχάριοι οδηγοί αντιλαμβάνονταν τους κινδύνους λιγότερο γρήγορα και λιγότερο αποτελεσματικά. Αυτό αποδόθηκε στο γεγονός 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 αντίληψης (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. Αυτό παρατηρείται παρά το γεγονός ότι οι νέοι άνθρωποι έχουν γενικά γρηγορότερα αντανάκλαστικά από τους μεγαλύτερους (Summala, 1987). Επομένως θεωρείται πιθανόν ότι οι νέοι οδηγοί, όταν είναι τα οχήματά τους σε κίνηση, θα αντιληφθούν ένα πλησιάζον όχημα πιο αργά από τους ώριμους οδηγούς.

Η προσπέραση οχήματος από άλλο όχημα από μόνη της αποτελεί μια δύσκολη διαδικασία που προϋποθέτει αυτοπεποίθηση και εμπειρία από την πλευρά του οδηγού. Η ίδια οφείλεται για μεγάλο αριθμό ατυχημάτων ανά τον κόσμο, πολλά από τα οποία θανατηφόρα. Οι συνηθέστεροι λόγοι που μπορούν να οδηγήσουν σε εμπλοκή του οχήματος ενός νέου οδηγού σε ατύχημα είναι η έλλειψη απαραίτητων δυνατοτήτων, η υπερβολή ταχύτητα, κακή εκτίμηση της χρονικής διάρκειας που απαιτεί μια συγκεκριμένη προσπέραση, αδυναμία παρατήρησης των δεδομένων περιβαλλοντικών και οδικών συνθηκών. Ένας παράγοντας που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη είναι ότι ενώ τις περισσότερες φορές ο κύριος λόγος που οδηγεί στην προσπέραση ενός ή μιας ομάδας οχημάτων είναι η επιθυμία του οδηγού να

φτάσει γρηγορότερα στον προορισμό του, στην περίπτωση των νέων οδηγών, πολλές φορές είναι η επιθυμία είναι να κάνουν επίδειξη των οδηγικών τους ικανοτήτων (West, 1997). Στο Διάγραμμα 2.2 παρουσιάζεται ο δείκτης ατυχημάτων ανά εκατομμύριο πληθυσμού και ανά ηλικία για οδηγούς, επιβάτες και πεζούς στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο δείκτης ατυχημάτων των οδηγών για τις ηλικίες 16-34 είναι πολύ υψηλός σε σχέση με τις υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.2: Δείκτης ατυχημάτων ανά εκατομμύριο πληθυσμού ανά ηλικία για οδηγούς, επιβάτες και πεζούς στην Ευρωπαϊκή Ένωση (πηγή CARE Database)

Οι Naantanen και Summala (1978), αναφέρουν ότι οι νεαροί οδηγοί είναι πιθανότερο να έχουν παρεκκλίνουσες οδηγικές 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). Μπορεί να γίνει κάποια σύγκριση ως προς το πώς οι άνδρες και οι γυναίκες συμπεριφέρονται κατά τη διάρκεια της προσπέρασης. Οι νεαροί άνδρες οδηγοί τείνουν να οδηγούν γρηγορότερα και να προσπερνούν απρόσεκτα σε σχέση με τις γυναίκες. Αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή οι νεαροί άνδρες αγαπούν πολύ την ταχύτητα και

επιδιώκουν την αντιμετώπιση προκλήσεων στο δρόμο. Η συμπεριφορά τους στην προσπάθεια μπορεί να μην οφείλεται στο να φθάσουν κάπου γρηγορότερα, αλλά στο να κάνουν επίδειξη των δεξιοτήτων τους. Αυτή η συμπεριφορά είναι πολύ επικίνδυνη επειδή μπορεί να έχει επιπτώσεις στους άλλους οδηγούς. Αντιθέτως, οι νεαρές γυναίκες είναι συνήθως ατάραχες, υπομονετικές και ακολουθούν τους κανόνες οδικής κυκλοφορίας (West, 1997).

Σχετικά με το πώς αισθάνονται οι νέοι συγκριτικά με τον τρόπο που οδηγούν, αντίστοιχη έρευνα κατέληξε στο ότι μεγάλο ποσοστό οδηγών όταν υπερβαίνουν τα όρια ταχύτητας νιώθουν περισσότερη αυτοπεποίθηση, νιώθουν ότι έχουν άριστα αντανakλαστικά υπό την επήρεια αλκοόλ, αισθάνονται ότι είναι ικανότεροι οδηγοί κάνοντας προσπεράσεις, έχουν τη σιγουριά ότι δεν θα εμπλακούν σε κάποιο τροχαίο ατύχημα και θεωρούν αίτιο των περισσότερων ατυχημάτων την κατάσταση του οδοστρώματος.

2.2 Προγενέστερες έρευνες προσπεράσεων

Παρά τη σημαντικότητα του προβλήματος, λίγες είναι οι έρευνες που έχουν προσπαθήσει να προτυποποιήσουν τη διαδικασία της προσπάθειας. Οι περισσότερες έρευνες στην παγκόσμια βιβλιογραφία που αφορούν σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας ασχολούνται κυρίως με θέματα όπως η απαιτούμενη απόσταση ορατότητας (Polus et al., 2000; Glennon, 1998; Brown και Hummer, 2000), η επιρροή της ταχύτητας, τόσο του οχήματος που προσπερνά όσο και του οχήματος που προσπερνιέται, ο αριθμός των πραγματοποιούμενων προσπεράσεων (Bar-Gera και Shinar, 2005), ο αντίκτυπος που έχει η ανυπομονησία του οδηγού στο ελάχιστο αποδεκτό κενό (Pollatschek και Polus, 2005), η κατηγοριοποίηση των προσπεράσεων (Matson και Forbes, 1938; Jenkins και Rilett, 2004) και οι συχνότητες αυτών (Hegeman, 2004). Οι έρευνες αυτές μπορούν να διαχωριστούν βάσει του τρόπου προσέγγισης του προβλήματος και της συλλογής δεδομένων σε αναλυτικές, μετρήσεων πεδίου και πειραματικές μέσω προσομοίωσης σε μικροσκοπικό και μακροσκοπικό επίπεδο.

2.2.1 Αναλυτικές έρευνες

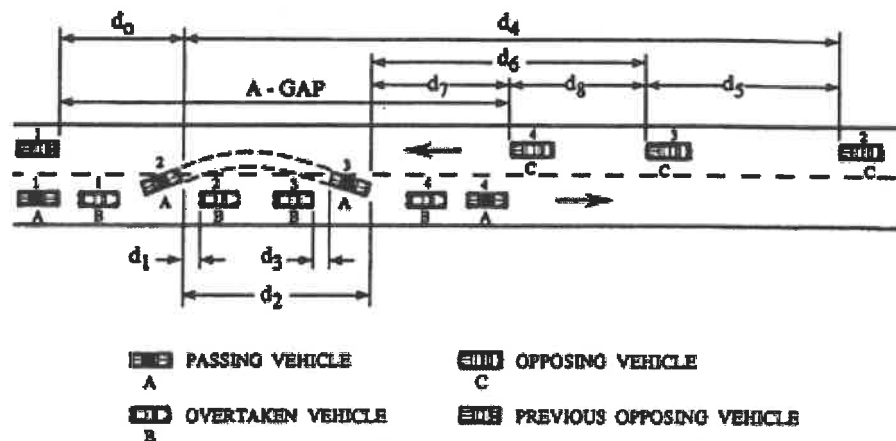
Οι αναλυτικές έρευνες βασίζονται σε πρότυπα προσπέρασης που προκύπτουν μέσω αναλυτικών εξισώσεων κίνησης προκειμένου να υπολογιστούν οι απαραίτητες αποστάσεις ορατότητας. Αυτά τα πρότυπα χρησιμοποιούνται κυρίως για το σχεδιασμό οδών και συγκεκριμένα τμημάτων αυτών όπου η προσπέραση είναι επιτρεπτή. Ο Lieberman (1982), παρουσίασε ένα πρότυπο που περιέγραφε τις κινηματικές τροχιές των οχημάτων κατά τη διάρκεια της προσπέρασης σε υπεραστική οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Το πρότυπο του βασίστηκε στην υπόθεση ότι υπάρχει ένα σημείο στον ελιγμό της προσπέρασης που μπορεί να χαρακτηριστεί ως «κρίσιμη θέση» (critical point). Σε αυτό το σημείο, η απόφαση ολοκλήρωσης της προσπέρασης παρέχει τόσο τον ίδιο παράγοντα ασφαλείας που σχετίζεται με το επερχόμενο όχημα, όσο και με την απόφαση απόρριψης της προσπέρασης. Το πρότυπό του εντοπίζει αυτή την «κρίσιμη θέση» βασιζόμενο σε εξωγενείς παραμέτρους που επηρεάζουν τελικά την απαιτούμενη απόσταση ορατότητας για την προσπέραση.

Με το ζήτημα της ελάχιστης απαιτούμενης απόστασης ορατότητας ασχολήθηκαν αργότερα και οι Yasser et al (1995). Θεωρώντας υπερβολικές τις προϋποθέσεις των μοντέλων που προτείνονται από την American Association of State Highway, προτείνοντας πολύ μεγάλες αποστάσεις ορατότητας, θέλησαν να δημιουργήσουν ένα αναθεωρημένο πρότυπο που να προσδιορίζει την ελάχιστη απαιτούμενη απόσταση προσπέρασης το οποίο να περιγράφει και τις συνθήκες που παρατηρούνται στην πραγματικότητα μέσω μετρήσεων πεδίου. Το πρότυπο το οποίο δημιούργησαν βασίζεται στη θεωρία του «κρίσιμου κενού» (critical gap) σε συνδυασμό με τις αναλυτικές εξισώσεις κίνησης που περιγράφουν το εξεταζόμενο και το προπορευόμενο του όχημα, καθώς και τα επερχόμενα οχήματα. Η σύγκριση του προτύπου με στοιχεία από μετρήσεις πεδίου έδειξε ότι το αναθεωρημένο πρότυπο τους προσομοιώνει καλύτερα τον ελιγμό της προσπέρασης από τα ήδη υπάρχοντα.

Το πρόβλημα με τα υπάρχοντα πρότυπα είναι η υιοθέτηση της υπόθεσης ότι αν ένα όχημα ξεκινήσει την προσπέραση, είναι υποχρεωμένο και να την ολοκληρώσει. Οι Herman και Lam (1972), ήταν οι πρώτοι και αργότερα οι Glennon και Harwood (1976), που ασχολήθηκαν με το ζήτημα του διλήμματος που προκύπτει στον οδηγό κατά την εκκίνηση της προσπέρασης, δηλαδή αν προλαβαίνει ή όχι να ολοκληρώσει τον ελιγμό. Προσπάθησαν να εξηγήσουν αυτή την οδική συμπεριφορά μελετώντας τα δημιουργούμενα κενά που δέχονται ή απορρίπτουν οι οδηγοί στις προσπεράσεις

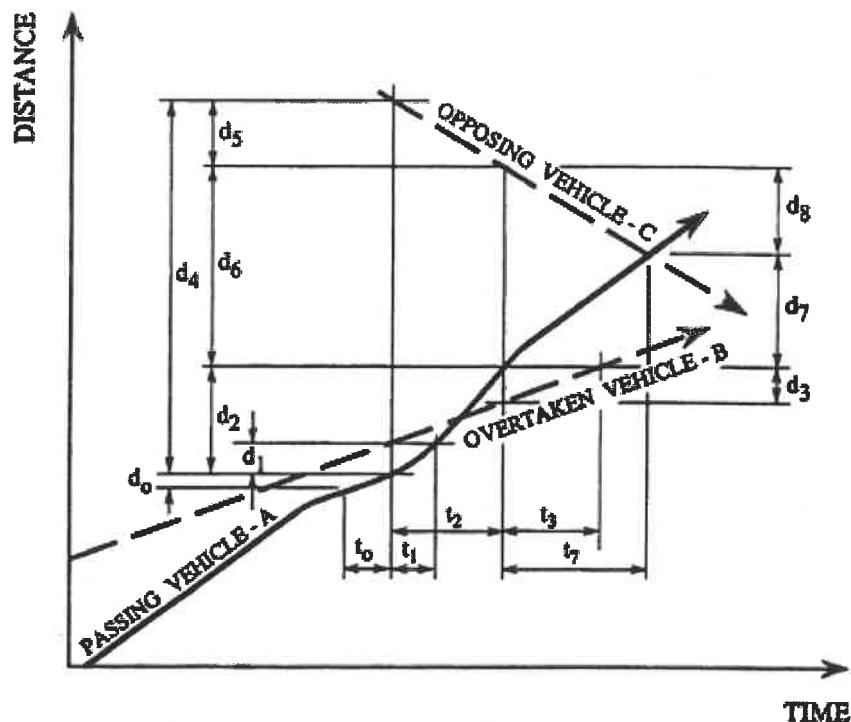
τους. Το πρότυπο που προτάθηκε από τους Herman και Lam (1972), επεκτάθηκε στη συνέχεια από τους Liu και Herman (1996), λαμβάνοντας υπόψιν μεταβλητές που εμπλέκονται στη διαδικασία της προσπέρασης, όπως η επιτάχυνση και η επιβράδυνση του οχήματος, ο συντελεστής τριβής του οδοστρώματος, οι αντιδράσεις των οδηγών, καθώς και η σχετική ταχύτητα του προσπεραζόμενου αυτοκινήτου με το όχημα της αντίθετης κατεύθυνσης. Εισήχθη από αυτούς, ένα γενικό πλαίσιο για την προσπέραση σε συνδυασμό με αναλυτικές εκφράσεις για τις απαιτούμενες αποστάσεις ορατότητας, τόσο για τις επιτυχημένες, όσο και για τις αποτυχημένες προσπεράσεις. Το πρότυπό τους επεκτάθηκε περαιτέρω και σε άλλες καταστάσεις, δηλαδή σε προσπεράσεις που τα συμμετέχοντα οχήματα ήταν ένα επιβατικό και ένα βαρέο, η ακόμα και δύο βαρέα οχήματα (Heavy Vehicles).

Οι Polus *et al* (2000), προσπάθησαν να δημιουργήσουν πρότυπα που να ποσοτικοποιούν τα βασικά μεγέθη που υπεισέρχονται στον ελιγμό της προσπέρασης. Ένας δεύτερος στόχος της έρευνάς τους ήταν η σύγκριση των αποτελεσμάτων τους με ήδη υπάρχοντα πρότυπα κυκλοφορίας και βασικότερα με αυτό που προτείνει ο AASHTO και να βγάλουν συμπεράσματα για τη δυνατότητα εφαρμογής των προτύπων αυτών. Πρόσθετα μελέτησαν χρονικά στοιχεία της προσπέρασης όπως είναι ο χρόνος απόκρισης των οδηγών από τη στιγμή εμφάνισης ενός κενού στην επερχόμενη κυκλοφορία, μέχρι στιγμή έναρξης της προσπέρασης. Οι μετρήσεις που έλαβαν εξήχθησαν από τη βιντεοσκόπηση οδικών τμημάτων από 5 υπεραστικές οδούς σε σταθερά σημεία σε συνδυασμό με βιντεοσκόπηση από ελικόπτερο, χωρίς να γίνει καμία επέμβαση στη συμπεριφορά των οδηγών κατά τη διάρκεια συλλογής των στοιχείων. Από τα στοιχεία που συνέλλεξαν, βγήκαν σημαντικά πορίσματα σε θέματα οδικής ασφάλειας, όπως η μικρή απόσταση που αφήνει το εκάστωτε εξεταζόμενο όχημα από το προπορευόμενο του ακριβώς πριν την προσπέραση καθώς και πολύ μικροί χρόνοι αντίδρασης των οδηγών. Τα κύρια αποτελέσματα της ανάλυσής τους έδωσαν τη δυνατότητα προσδιορισμού της απαιτούμενης απόστασης για προσπέραση, και βάσει αυτής των απαιτούμενων αποστάσεων ορατότητας για διάφορες ταχύτητες σχεδιασμού και κυκλοφοριακές συνθήκες. Οι απαιτούμενες αποστάσεις ορατότητας που προέκυψαν από την ανάλυσή τους συγκρίθηκαν με αυτές που προτείνει ήδη ο AASHTO (1994), οι οποίες θεωρήθηκαν γενικά ικανοποιητικές σε ό,τι αφορά τις προσπεράσεις επιβατικών αυτοκινήτων. Στο Σχήμα 2.1 παρουσιάζονται τα στάδια του ελιγμού της προσπέρασης και το διάγραμμα του χρόνου-απόστασης της τροχιάς οχήματος που προσπερνά, όπως αυτά προτείνονται από τον AASHTO.



Stages of the passing process:

1 - Before passing ; 2 - Start of passing ; 3 - End of passing ; 4 - Meeting oncoming vehicle



ΣΧΗΜΑ 2.1: Στάδια του ελιγμού της προσπέρασης και διάγραμμα χρόνου-απόστασης της τροχιάς οχήματος (πηγή: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. AASHTO, 1994)

Στα ίδια πλαίσια κινήθηκαν και ο Glennon (1988) ο οποίος πρότεινε ένα καινούριο πρότυπο που εξηγεί την απαιτούμενη απόσταση ορατότητας και λίγο αργότερα οι Brown και Hummer (2000) χρησιμοποίησαν τις εξισώσεις κίνησης μελετώντας τις προσπεράσεις σε ζώνες απαγορευμένης προσπέρασης.

2.2.2 Έρευνες με μετρήσεις πεδίου

Οι πρώτες έρευνες πάνω στον ελιγμό της προσπέρασης έγιναν από Αμερικανούς, Σουηδούς και Αυστραλούς. Η πρώτη μελέτη έγινε από τους Lauer και Forbes το 1930. Στην έρευνά τους δημιούργησαν έναν “μικροσκοπικό αυτοκινητόδρομο” ως προσομοιωτή οδήγησης. Αυτός ο προσομοιωτής έγινε από μία ζώνη από καμβά, περίπου 6,5m 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 της αντίθετης κατεύθυνσης των μικροσκοπικών αυτοκινήτων. Αυτός ο προσομοιωτής βοήθησε στο να υπολογιστεί η ταχύτητα των αυτοκινήτων που είχαν προσπεραστεί, καθώς επίσης και η χρονική διάρκεια της κάθε προσπέρασης (Forbes, 1932). Καθότι το αποτέλεσμα της δοκιμαστικής προσομοίωσης απέτυχε, αποφασίστηκε υλοποιηθεί ένα πραγματικό πείραμα σε δρόμο με μήκος 1,6km. Γι' αυτό το πείραμα χρειάστηκε ένα αυτοκίνητο με έναν παρατηρητή που κινούταν με μια σταθερή ταχύτητα σε όλη τη δοκιμή και επίσης ένα αυτοκίνητο «στόχο» που πλησίαζε από απέναντι το αυτοκίνητο του παρατηρητή. Το αποτέλεσμα από το πείραμα αυτό έδειξε ένα πολύ μεγάλο λάθος στην εκτίμηση ταχύτητας σε σύγκριση με το αποτέλεσμα που έδωσε ο προσομοιωτής. Οι Matson και Forbes (1938) ήταν πρωτοπόροι στο ότι αυτοί πρώτοι χρησιμοποίησαν ένα κινούμενο όχημα παρατήρησης για να μελετήσουν την συμπεριφορά του οδηγού που προσπερνά. Το όχημα παρατήρησης οδηγείται μέσα στο κυκλοφοριακό ρεύμα με προκαθορισμένη ταχύτητα και καταγράφει τη συμπεριφορά των οδηγών που το προσπερνούν. Εκτός από το όχημα παρατήρησης, χρησιμοποίησαν επίσης μια οπτική μέθοδο καταγραφής της συμπεριφοράς των οδηγών ενώ εκτελούσαν την προσπέραση. Αυτή η μέθοδος βοήθησε στην ανάλυση των στοιχείων στο εργαστήριο. Αναλύθηκαν 709 προσπεράσεις και μέσω της χρήσης πρόσθετων οργάνων παρατήρησης στο εξεταζόμενο όχημα, μια νέα ερευνητική μέθοδος εφαρμόστηκε για τη διερεύνηση της συμπεριφοράς των οδηγών κατά την προσπέραση.

Άλλοι ερευνητές που χρησιμοποίησαν επίσης όχημα με όργανα παρατήρησης ήταν οι Lerner *et al* (2000), οι οποίοι επαλήθευσαν το αποτέλεσμα που εξήγαγαν, τόσο εργαστηριακά όσο και μέσω των μετρήσεων που συνέλλεξαν από το όχημα με τα όργανα παρατήρησης. Το πείραμά τους έδειξε ότι το ένα τρίτο των οδηγών υπερεκτίμησε τον επιτρεπόμενο χρόνο για την προσπέραση και υποτίμησε το απαιτούμενο χρόνο προσπέρασης άλλων οχημάτων και κυρίως φορτηγών. Ο Hegeman (2005), εισήγαγε μια μέθοδο χρησιμοποιώντας ένα όχημα με όργανα για

την παρατήρηση του δρόμου. Στα οχήματα των οδηγών εγκαταστάθηκε ένα συγκεκριμένο όργανο που θα βοηθούσε τους οδηγούς κατά τη διάρκεια της προσπέρασης. Οι δοκιμές έγιναν σε νεαρούς αρχάριους οδηγούς και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ούτε οι μισοί από αυτούς δεν χρησιμοποίησαν το προσαρμοσμένο όργανο ενώ προσπερνούσαν. Αυτό δείχνει ότι κάποιες συμπεριφορές των οδηγών όπως, η έλλειψη σεβασμού και ευθύνης προς τους άλλους οδηγούς στο δρόμο, οδηγεί σε αυξανόμενο αριθμό ατυχημάτων εξαιτίας της προσπέρασης. Αυτό συμβαίνει διότι κάποιοι οδηγοί δεν αντιλαμβάνονται ότι σε μια προσπέραση δεν επηρεάζεται μόνο το δικό τους όχημα, αλλά επηρεάζονται έμμεσα το όχημα που προσπερνιέται και το όχημα της αντίθετης κατεύθυνσης, τα οποία πρέπει να προσαρμόσουν αναλόγως τις ταχύτητές τους.

Από τους παρατηρητές Hegeman *et al* (2005) καταγράφονται άλλες μέθοδοι για την συλλογή στοιχείων σχετικά με τη συμπεριφορά των οδηγών κατά την προσπέραση, συμπεριλαμβανομένης και της ανάλυσης ατυχημάτων. Η πρακτική μέθοδος που χρησιμοποίησαν ήταν η διεξαγωγή μιας δοκιμής με τη χρήση βιντεοκάμερας, η οποία ήταν τοποθετημένη σε ένα επίπεδο υψηλό που κάλυπτε την περιοχή της προσπέρασης. Μερικοί από τους ερευνητές που χρησιμοποίησαν αυτήν την μέθοδο στις έρευνές τους είναι οι Mahdi (1991), Hassan (2005), Bar Gera και Shinar (2005).

Ο Mahdi (1991) όρισε ότι ο ελιγμός της προσπέρασης αρχίζει όταν το όχημα που προσπερνά βρεθεί στην αντίθετη κατεύθυνση κυκλοφορίας, προσπεράσει το όχημα εμπρός του και επιστρέψει πίσω στην αρχική λωρίδα του. Η Hassan (2005) διαπίστωσε πειραματικά ότι η ταχύτητα του οχήματος που προσπερνά εξαρτάται από την ταχύτητα του οχήματος που πρόκειται να προσπεράσει, από τον χρόνο που διαθέτει όταν αποφασίζει να πραγματοποιήσει την προσπέραση, από την απόσταση προσπέρασης και την επιτάχυνση. Οι Bar-Gera και Shinar (2005), που χρησιμοποίησαν επίσης τη μέθοδο της βιντεοκάμερας, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ανάγκη να προσπεράσει κάποιος ένα άλλο όχημα ήταν λόγω της μεταβλητότητας της ταχύτητας του οδηγού. Όσο περισσότερο μεταβάλλεται η ταχύτητα του οδηγού, τόσο πιθανότερο είναι ο οδηγός να προσπεράσει το μπροστινό του όχημα, ακόμα κι αν η ταχύτητά του είναι μεγαλύτερη από τη μέση ταχύτητα διαδρομής.

2.2.3 Έρευνες με προσομοιωτή οδήγησης

Αρκετές έρευνες για τις προσπεράσεις 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 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).

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 κατά την προσπέραση (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. 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. Οι Farah *et al* (2009), χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές, διεξήγαγαν ένα πείραμα σε προσομοιωτή οδήγησης με σκοπό τη δημιουργία ενός προτύπου που επεξηγεί αυτές τις ελάχιστες τιμές σε συνδυασμό με το αποδεκτό κενό προσπέρασης. Οι ίδιοι (2007) ασχολήθηκαν και με αυτή την αποδεκτή απόσταση προσπέρασης σε σχέση με τη συμπεριφορά του οδηγού, κατηγοριοποιώντας τη σε τύπους οδήγησης (απερίσκεπτη, αγχώδης, επιθετική, υπομονετική) μέσω ερωτηματολογίων και στη συνέχεια, μέσω πειραμάτων προσομοίωσης της προσπέρασης, δημιούργησαν ένα πρότυπο που ενισχύει στην κατανόηση της οδικής συμπεριφοράς σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας και στους παράγοντες που επηρεάζουν τις αποφάσεις των οδηγών για να προσπερνούν οχήματα που κινούνται με χαμηλότερες ταχύτητες από τους ίδιους.

Οι Farah *et al* (2010), παρουσίασαν ένα μαθηματικό πρότυπο που συμπεριλαμβάνει την επιθυμία του οδηγού να προσπεράσει και την τελική του

απόφαση στον αν αποδέχεται ή όχι το κενό που διατίθεται. Αυτή η επιθυμία βοηθάει εξαιρετικά στην κατανόηση και στη μελέτη της συμπεριφοράς του οδηγού. Οι Bar-Gera και Shinar (2005) μέσω πειραμάτων προσομοίωσης προσπάθησαν να διαμορφώσουν το όριο διαφοράς ταχύτητας δύο οχημάτων, με βάση το οποίο ένας οδηγός είναι διατεθειμένος να προσπεράσει ένα προπορευόμενο όχημα. Οι Matthews *et al* (1998), απέδειξαν ότι οι συχνότητες των προσπεράσεων γενικότερα, αλλά ιδίως των επικίνδυνων, είναι υψηλότερες τόσο για τους νέους, όσο και για οδηγούς που η οδήγησή τους θεωρείται σχετικά επικίνδυνη. Οι Zhang *et al* (1998), κατέληξαν σε πρόσθετα αποδεικτικά στοιχεία για την αυξημένη συχνότητα προσπεράσεων στους νέους οδηγούς. Οι Jenkins και Rilett (2005), πραγματοποίησαν πειράματα σε προσομοιωτή οδήγησης και από τα δεδομένα που εξήγαγαν επιβεβαίωσαν τις ακόλουθες υποθέσεις: πρώτον, ότι η αύξηση της ταχύτητας του οχήματος που προσπερνά κατά τη διάρκεια του ελιγμού είναι μικρότερη όταν η διαφορά ταχυτήτων του προπορευόμενου και του προσπερνόντος οχήματος είναι μεγαλύτερη και δεύτερον, ότι η μείωση της ταχύτητας του προσπερνόντος οχήματος στο τελευταίο στάδιο της προσπέρασης, ακριβώς πριν επιστρέψει στη δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας, αυξάνεται όταν ο χρόνος σύγκρουσης (TTC) με το επικείμενο όχημα μεγαλώνει.

2.3 Συμπεράσματα βιβλιογραφίας

Βάσει των παραπάνω, φαίνεται ότι οι νεότεροι και πιο αρχάριοι οδηγοί αποτελούν ένα πολύ ευπαθές δείγμα του συνολικού πληθυσμού των οδηγών σε ό,τι αφορά στη διαδικασία της προσπέρασης. Η συμπεριφορά αυτής της ηλικιακής ομάδας που εμπλέκεται περισσότερο στα οδικά ατυχήματα είναι ιδιαίτερα σημαντική και έχει μεγάλη αξία διερεύνησης. Έτσι επιλέχθηκε το δείγμα των οδηγών που θα συμμετάσχουν στο πείραμα να είναι μεταξύ 18-28 ετών, έτσι ώστε να είναι δυνατή η παρατήρηση αυτής της ομάδας, όντας επικινδυνότερη σε μια από τις απαιτητικότερες οδηγικές διαδικασίες, αυτή της προσπέρασης.

Οι περισσότερες έρευνες στην παγκόσμια βιβλιογραφία που αφορούν σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας ασχολούνται κυρίως με θέματα όπως η απαιτούμενη απόσταση ορατότητας, με το πώς επηρεάζει η ταχύτητα, τόσο του οχήματος που προσπερνά όσο και του οχήματος που προσπερνιέται τον αριθμό των πραγματοποιούμενων προσπεράσεων, με τον αντίκτυπο που έχει η ανυπομονησία του οδηγού στο ελάχιστο αποδεκτό κενό, με την κατηγοριοποίηση

των προσπεράσεων και με τις συχνότητες αυτών. Οι έρευνες που βασίστηκαν στην ανάλυση μετρήσεων από προσομοιωτές οδήγησης επικεντρώνονταν μόνο στις επιτυχημένες προσπεράσεις, τις οποίες και προσπάθησαν να προτυποποιήσουν. Συνήθως εξεταζόταν ένα μέγεθος κάθε φορά, διατηρώντας τις υπόλοιπες κυκλοφοριακές συνθήκες σταθερές. Στη συγκεκριμένα έρευνα θα κωδικοποιηθούν όλες οι ευκαιρίες για προσπέραση, που ορίζονται από τα δημιουργούμενα κενά της απέναντι κυκλοφορίας. Βάσει αυτού θα κατηγοριοποιηθούν σε αποδεκτές και μη αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης και θα αναλυθούν οι κυκλοφοριακές συνθήκες που οδήγησαν τους οδηγούς στο να αποδεχτούν ή να απορρίψουν μια ευκαιρία.

Επιπλέον, η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται στη δημιουργία ενός ρεαλιστικού πειράματος οδήγησης σε προσομοιωτή οδήγησης. Αυτό που παρατηρήθηκε από τις έρευνες που χρησιμοποίησαν προσομοιωτές οδήγησης για τη διεξαγωγή των πειραμάτων είναι ότι οι ταχύτητες των οχημάτων που συμμετείχαν στη διαμόρφωση των κυκλοφοριακών συνθηκών παρέμεναν σταθερές, χωρίς να υπακούουν στην κανονική κατανομή. Το μέγεθος που συνήθως μεταβαλλόταν ήταν ο χρονικός διαχωρισμός των οχημάτων, ο οποίος είχε οριστεί με τρόπο τέτοιο ώστε να υπακούει σε μια από τις κατανομές αφίξεων των οχημάτων (συνήθως στην αρνητική εκθετική κατανομή). Αυτό οδηγεί σε μεροληπτικά αποτελέσματα τα οποία δεν μπορούν να γενικευτούν, γιατί για να παραμείνουν σταθεροί οι χρονικοί διαχωρισμοί των οχημάτων έπρεπε όλα τα οχήματα να έχουν την ίδια ταχύτητα καθόλη τη διάρκεια της εξεταζόμενης διαδρομής. Για να εντοπίσουν οι ερευνητές διαφορές στη συμπεριφορά των οδηγών κατά τη διάρκεια της προσπέρασης βάσει της ταχύτητας του προπορευόμενου οχήματος, συνήθως διεξήγαγαν δύο πειράματα, ένα για χαμηλές και ένα για υψηλές ταχύτητες. Δεν εντοπίστηκαν όμως έρευνες για την προσπέραση που να εξετάζουν εύρη ταχυτήτων σε ένα πείραμα. Στην παρούσα έρευνα οι ταχύτητες όλων των οχημάτων που συμμετέχουν θα υπακούουν στην κανονική κατανομή, λαμβάνοντας υπόψη την τυχαιότητα που διέπει την πραγματική κυκλοφορία. Αυτό θα δώσει τη δυνατότητα να εξεταστεί ένα εύρος ταχυτήτων, αντί για μια συγκεκριμένη ταχύτητα. Ταυτόχρονα, λόγω της κατανομής των ταχυτήτων των οχημάτων, δίνεται η δυνατότητα να εξεταστούν και αντίστοιχα εύρη χρονικών διαχωρισμών των οχημάτων.

Κεφάλαιο 3

Ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη διερεύνηση της διαδικασίας της προσπάθειας σε υπεραστική οδό 2 λωρίδων κυκλοφορίας

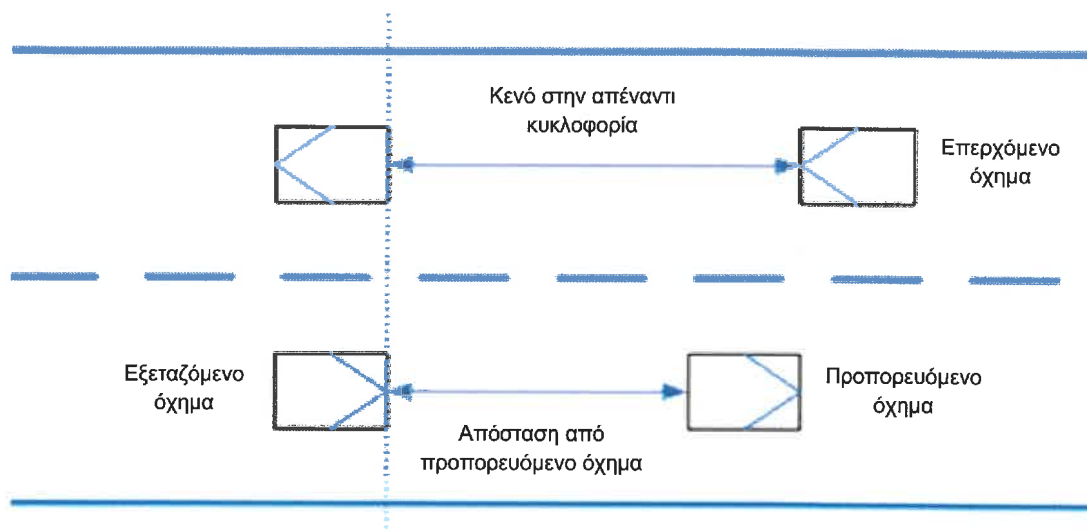
Η διερεύνηση της διαδικασίας της προσπάθειας σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων (μία ανά κατεύθυνση) στην παρούσα διπλωματική εργασία επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί μέσω πειραμάτων σε προσομοιωτή οδήγησης σταθερής βάσης. Η επιλογή αυτή έγινε κυρίως λόγω του ασφαλούς περιβάλλοντος διεκπεραίωσης του πειράματος, το οποίο μπορεί να εξασφαλιστεί με τη χρήση ενός προσομοιωτή οδήγησης, αφού πρώτα λήφθηκαν υπόψιν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτής της απόφασης. Τελικός σκοπός είναι η εξαγωγή ενός στατιστικού προτύπου, μέσω λογιστικής παλινδρόμησης, το οποίο και θα προβλέπει την πιθανότητα προσπάθειας οχήματος συναρτήσει κυκλοφοριακών συνθηκών της οδού αλλά και δημογραφικών χαρακτηριστικών των χρηστών αυτής. Προς την υλοποίηση του στόχου αυτού ήταν απαραίτητη η δημιουργία ενός σεναρίου μέσω του προγραμματιστικού εργαλείου που παρείχε ο προσομοιωτής, ώστε σε πρώτη φάση να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον προσομοίωσης το οποίο να υπακούει στις ανάγκες του πειράματος και να προσομοιώνει ρεαλιστικές και οικείες συνθήκες οδήγησης, που να συνάδουν με την οδηγική εμπειρία του δείγματος οδηγών που κλήθηκε να συμμετάσχει στο πείραμα. Σε δεύτερη φάση, αφού ορίστηκαν οι ανεξάρτητες και οι εξαρτημένες μεταβλητές που θα περιληφθούν στη στατιστική επεξεργασία των

δεδομένων, το σενάριο έπρεπε να μεταποιηθεί με τρόπο τέτοιο, ώστε να καθίσταται δυνατό να μετριοούνται και να κωδικοποιούνται οι προς μελέτη μεταβλητές. Στο παρόν κεφάλαιο, αρχικά γίνεται μια αξιολόγηση ως προς τη χρήση της προσομοίωσης σε ότι αφορά την αξιοπιστία και την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων που εξάγονται από πειράματα σε προσομοιωτές σε σχέση με αυτά που προκύπτουν από τις έρευνες πεδίου. Εν συνεχεία, γίνεται ανάλυση του κώδικα προγραμματισμού που δημιουργήθηκε και αφορούσε στο σενάριο με βάση το οποίο οδήγησαν τελικά οι συμμετέχοντες στο πείραμα και του τρόπου με τον οποίο μέσω του προγραμματισμού, επιτυγχάνονται ρεαλιστικότερες συνθήκες προσομοίωσης, οι οποίες δεν εξασφαλίζονταν από τα προκατασκευασμένα σενάρια που προσέφερε ο προσομοιωτής οδήγησης. Γίνεται μια επεξήγηση της επιλογής του δείγματος των συμμετεχόντων στο πείραμα οδηγών σε ό,τι αφορά το μέγεθος του δείγματος και της κατανομής των χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων (φύλο, ηλικία κλπ.), έτσι ώστε να παραμένει ανεπηρέαστη και αμερόληπτη η στατιστική επεξεργασία. Γίνεται ανάλυση των μεταβλητών που αρχικά θα ληφθούν υπόψιν στην ανάλυση για να προκύψει μετέπειτα ποιες από αυτές είναι στατιστικά σημαντικές για το πρόβλημα που ερευνάται.

3.1 Μικροσκοπική θεώρηση προσπέρασης

Στα μικροσκοπικά πρότυπα προσομοιώνεται η κυκλοφορία των μονάδων του συστήματος, δηλαδή των οχημάτων. Η περιγραφή δεν εντοπίζεται μόνο στις ίδιες τις μονάδες του συστήματος αλλά και στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών και πραγματοποιείται με μεγάλο βαθμό λεπτομέρειας. Η κίνηση του οχήματος καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά του οδηγού, της αποδοτικότητας του οχήματος και της αλληλεπίδρασης του περιβάλλοντος του οδικού δικτύου με τα διερχόμενα οχήματα. Πιο συγκεκριμένα, η κίνηση κάθε οχήματος του κυκλοφοριακού ρεύματος εξαρτάται από την κίνηση των προπορευόμενων καθώς και της οδικής συμπεριφοράς των οδηγών. Η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί, βασίζεται στη μικροσκοπική θεωρία, καθώς αυτή είναι καταλληλότερη για να περιγράψει τη διαδικασία της προσπέρασης.

Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζεται η σχετική θέση των οχημάτων πριν την έναρξη της προσπέρασης.



ΣΧΗΜΑ 3.1: Θέση οχημάτων πριν την έναρξη της προσπέρασης

Το πείραμα διεξάγεται προκειμένου να μπορέσουν να μετρηθούν και να κωδικοποιηθούν κάποιες μεταβλητές οι οποίες και συνοψίζονται εδώ, αλλά αναλύονται παρακάτω:

1. ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ (κατά την έναρξη της προσπέρασης)

- απόσταση από προπορευόμενο όχημα (H_i)
- απόσταση από όχημα αντίθετης κατεύθυνσης (O_i)

2. ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ

- Μέση ταχύτητα οχήματος κατά τη διάρκεια της διαδρομής
- Στιγμιαία ταχύτητα οχήματος τη στιγμή που αρχίζει η προσπέραση
- Ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος κατά την έναρξη της προσπέρασης
- Ταχύτητα οχήματος αντίθετης κατεύθυνσης τη στιγμή που αρχίζει η προσπέραση

3. ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΙΣ

- Επιτάχυνση οχήματος τη στιγμή που αρχίζει η προσπέραση

4. ΘΕΣΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

- Χιλιομετρική θέση οχήματος για κάθε στιγμή κατά τη διάρκεια της διαδρομής
- Σχετική θέση οχήματος ως προς τον άξονα της οδού

Η απόσταση που έχει ένα όχημα τη στιγμή που αρχίζει να προσπερνά, τόσο από το προπορευόμενο, όσο και από το όχημα της αντίθετης κατεύθυνσης είναι πολύ σημαντική και χρήζει της διερεύνησης. Το γεγονός ότι εν γένει τα οχήματα που

επιθυμούν να πραγματοποιήσουν μια προσπάθεια, πλησιάζουν πολύ τα οχήματα που προπορεύονται, χωρίς να αφήνουν τις απαραίτητες αποστάσεις ασφαλείας, για να μειώσουν το συνολικό χρόνο διάρκειας του ελιγμού, έχει ως αποτέλεσμα την έκθεσή τους σε μια κατάσταση υψηλού κινδύνου σε περίπτωση που ο οδηγός του υπό προσπάθεια οχήματος κάνει μια μη αναμενόμενη κίνηση (π.χ. απότομο φρενάρισμα). Σε περίπτωση που υπάρχει κυκλοφορία στο αντίθετο ρεύμα, ο οδηγός που επιθυμεί να προσπεράσει πρέπει να εκτιμά την απόσταση των οχημάτων του αντίθετου ρεύματος και να σταθμίζει κάθε φορά, αν το κενό που εμφανίζεται ανάμεσα σε δύο διαδοχικά επερχόμενα οχήματα είναι αρκετό για να το αποδεχτεί ή να το απορρίψει. Η λανθασμένη ή βεβιασμένη εκτίμηση αυτής της διαθέσιμης απόστασης, μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρότατα ατυχήματα, είτε λόγω μετωπικών συγκρούσεων με οχήματα του αντίθετου ρεύματος, είτε με πρόσκρουση στο όχημα που βρίσκεται δίπλα τους στο ενδιάμεσο του ελιγμού. Η μέση ταχύτητα διαδρομής είναι ένα ενδεικτικό μέγεθος που δείχνει το πόσο γρήγορος είναι ένας οδηγός και κατ' επέκταση την ανυπομονησία του και επιθυμία του να προσπεράσει ένα όχημα που κινείται με χαμηλότερη μέση ταχύτητα από τον ίδιο. Επίσης είναι σημαντική η σχετική ταχύτητα με το προπορευόμενο και το επερχόμενο όχημα κατά την έναρξη της προσπάθειας. Η επιτάχυνση του οχήματος κατά την εκκίνηση του ελιγμού είναι ένα μέγεθος που περιγράφει την επιθετική ή μη συμπεριφορά του οδηγού. Τέλος, η σχετική θέση του οχήματος σε σχέση με τον άξονα της οδού, δείχνει πόσο εκτεθειμένος είναι ένας οδηγός όταν αρχίζει να σκέφτεται το ενδεχόμενο να προσπεράσει το προπορευόμενο όχημά του, βγαίνοντας αργά στο αντίθετο ρεύμα για να εντοπίσει και να σταθμίσει την πυκνότητα της αντίθετης κυκλοφορίας, αλλά και όταν φυσικά πραγματοποιεί τον ελιγμό, γεγονός που προϋποθέτει να παραμείνει ολόκληρο το όχημά για ένα μικρό χρονικό διάστημα στο ρεύμα της αντίθετης κατεύθυνσης.

3.2 Μεθοδολογία

Αναπτύσσεται στο παρόν εδάφιο η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Πρωταρχικός στόχος κατά την έναρξη της Διπλωματικής Εργασίας, ήταν ο καθορισμός του αντικειμένου στο οποίο θα επικεντρωνόταν η έρευνα, καθώς και ο ορισμός του τελικού στόχου που θα προσεγγίσει αυτή. Για την επίτευξη αυτού, αναγκαία κρίθηκε η **βιβλιογραφική ανασκόπηση**, στην εθνική αλλά βασικότερα

στην παγκόσμια βιβλιογραφία, η οποία ήταν προσφορότερη και ευρύτερη, για να αναζητηθούν έρευνες με παρεμφερές πεδίο εφαρμογής με την παρούσα μελέτη. Στην συνέχεια, αφού μελετήθηκαν αυτές, αναζητηθήκαν τυχόν κενά σε ό,τι αφορά στην έρευνα της διαδικασίας της προσπέρασης, αλλά και θέματα που αναφέρονται από τους ίδιους τους συγγραφείς ότι χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής και περαιτέρω έρευνας και ανάλυσης. Τέλος, η ανασκόπηση αυτή φάνηκε ιδιαίτερα χρήσιμη για την τελική επιλογή του τρόπου διεξαγωγής του πειράματος, αλλά και στη μετέπειτα διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων που εξάχθηκαν από το πείραμα.

Ως βέλτιστος **τρόπος υλοποίησης του πειράματος** κρίθηκε η χρήση της προσομοίωσης αφού σταθμίστηκαν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτής της επιλογής και τα οποία αναλύονται σε επόμενο κεφάλαιο. 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.

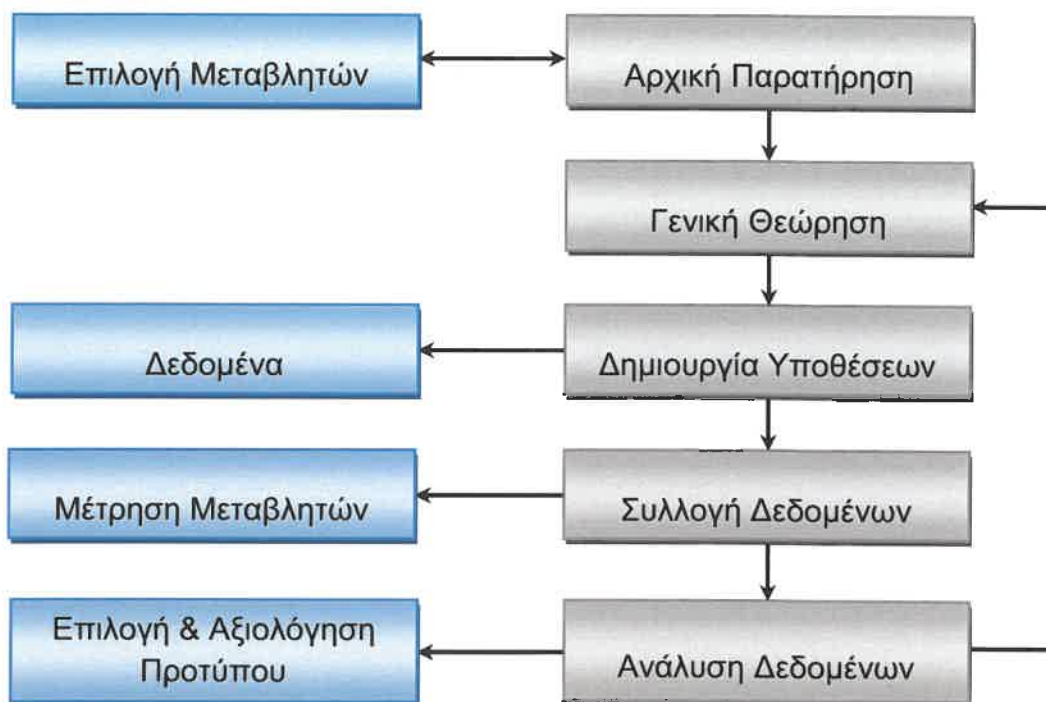
Στη συνέχεια, έπρεπε να γίνει ο **καθορισμός σεναρίου** κατάλληλου για τους στόχους που τέθηκαν για τη συγκεκριμένη έρευνα, πάνω στο οποίο θα βασιζόταν η μετέπειτα ανάλυση. Για το σκοπό αυτό, έπρεπε αρχικά να **καθοριστούν οι μεταβλητές** που θα μετρούνταν και κρίθηκαν απαραίτητες για την ορθή ολοκλήρωση της έρευνας. Τα προκαθορισμένα σενάρια που προσέφερε ο υπολογιστής του προσομοιωτή κρίθηκαν ανεπαρκή για το συγκεκριμένο πείραμα και έτσι αποφασίστηκε να γίνει **εκ νέου προγραμματισμός** σεναρίου που να ικανοποιεί τα κριτήρια που θέσπισε ο ερευνητής. Προς πραγμάτωση αυτού, χρησιμοποιήθηκε το προγραμματιστικό εργαλείο (Programming Tool), του Εργαστηρίου της Κυκλοφοριακής Τεχνικής του τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π που είναι προσαρτημένο στον ήδη υπάρχοντα προσομοιωτή, σε συνδυασμό με αλλά προγράμματα που ήταν αναγκαία και ικανά για την ολοκλήρωση του σεναρίου προσομοίωσης.

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, **δημιουργήθηκε η βάση 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 και **εισήχθησαν τα δεδομένα** στο ειδικό στατιστικό λογισμικό πρόγραμμα. Στη συνέχεια αναπτύχθηκαν τα μαθηματικά πρότυπα και έγινε συγκέντρωση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Τέλος, παρουσιάστηκαν τα σημαντικότερα συμπεράσματα της έρευνας και έγινε η ανασκόπηση για το αν απαντήθηκαν επαρκώς τα ερωτήματα που τέθηκαν εξ αρχής για την έρευνα. Το Σχήμα 3.2 αποτυπώνει τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε.



ΣΧΗΜΑ 3.2: Διάγραμμα ροής για την επιλογή και την επεξεργασία των μεταβλητών

3.3 Προσομοιωτές οδήγησης

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 άλλων παραγόντων που επηρεάζουν την οδηγική ικανότητα (π.χ. κατανάλωση αλκοόλ, χρήση κινητών τηλεφώνων και άλλων ψηφιακών συσκευών), για την οδική ασφάλεια (π.χ. πιθανότητα αύξησης ατυχημάτων σε αλλαγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού), για την αξιολόγηση των οδικών υποδομών, για τη μελέτη «ευφυών μεταφορικών συστημάτων» ("Intelligent Transportation Systems") καθώς και για 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, a).

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 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 απαγορεύονται οι έρευνες στο πραγματικό οδικό δίκτυο που σχετίζονται με την επιρροή του οινοπνεύματος ή των ναρκωτικών ουσιών στην οδήγηση.

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.

3.4 Εγκυρότητα και 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. Δεν έχει νόημα να αναφέρεται κανείς γενικά στην εγκυρότητα των αποτελεσμάτων ενός ερευνητικού μέσου καθώς η εγκυρότητα έχει νόημα μόνο όταν 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 χρησιμοποιούσαν 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 διαθέσιμους τύπους πληροφοριών 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 τότε υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις ότι ο προσομοιωτής είναι έγκυρος για την έρευνα του υπό μελέτη έργου. Η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των προσομοιωτών, καθώς επίσης και η δυνατότητα μεταφοράς των αποτελεσμάτων από τον προσομοιωτή στην πραγματικότητα, μεταβάλλεται ανάλογα με το σκοπό που καλούνται να εξυπηρετήσουν (Espie *et al*, 2005). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η έρευνα αφορά στη μελέτη της οδικής συμπεριφοράς, οπότε η εγκυρότητα του προσομοιωτή έχει να κάνει με το «αντικείμενο», δηλαδή τον οδηγό, ενώ το μηχάνημα θεωρείται απλώς μέσο διεξαγωγής του πειράματος. Ο προσομοιωτής θεωρείται έγκυρος για μια δεδομένη «ψηφιακή» κατάσταση, όσο αυτή αναπαριστά καλύτερα την κατάσταση που λαμβάνει χώρα στην πραγματικότητα (Boer, 2000), (Courage *et al*, 2000). Πρέπει επομένως να ληφθούν υπόψη πολύ σοβαρά τα κριτήρια που σχετίζονται με την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των προσομοιωτών βάσει των οποίων θα σχεδιαστεί και θα μελετηθεί το πείραμα.

Ο προσομοιωτής οδήγησης που βρίσκεται στο Εργαστήριο Κυκλοφοριακής τεχνικής ικανοποιεί σε μεγάλο βαθμό τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη σε ό,τι αφορά το ψηφιακό περιβάλλον (ήχος, εικόνα). Για το σκοπό αυτό, όλοι οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο (Παράρτημα Ι) μετά το τέλος του πειράματος το οποίο εκτός από δημογραφικά στοιχεία περιλαμβάνει και αξιολόγηση του προσομοιωτή καθώς και της οδικής συμπεριφοράς τους σε αυτόν.

Επειδή το μέσο διεξαγωγής του πειράματος ήταν ο προσομοιωτής οδήγησης, κρίθηκε ως πολύ σημαντικό ζήτημα η αξιοπιστία αναπαράστασης των πραγματικών συνθηκών, με τις οποίες θα βρεθεί αντιμέτωπος ένας οδηγός στην πραγματικότητα. Γι αυτό το λόγο, ένα μεγάλο χρονικό διάστημα αφιερώθηκε για τη διεξοδική εξέταση όλων των προκατασκευασμένων σεναρίων που παρείχε ο προσομοιωτής. Το συμπέρασμα που προέκυψε ήταν κανένα από αυτά δεν ικανοποιούσε τις υποθέσεις που είχαν γίνει για το πείραμα. Πιο συγκεκριμένα:

- Κανένα προκαθορισμένο σενάριο που λάμβανε χώρα σε υπεραστική οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας (μία ανά κατεύθυνση) δεν προσομοίωνε ρεαλιστικά τις κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν σε οδικά τμήματα με παρόμοια χαρακτηριστικά με το μελετώμενο.
- Τα οχήματα που συμμετείχαν στα σενάρια προσομοίωσης είχαν όλα την ίδια ταχύτητα με αποτέλεσμα η κατανομή ταχυτήτων και κατ' επέκταση οι

κατανομές αφίξεων, χρονικών και χωρικών διαχωρισμών να μην υπακούουν σε πρότυπα που χαρακτηρίζουν και προσομοιώνουν την πραγματικότητα.

- Επιπλέον δεν μπορούσε να γίνει επέμβαση στη σύνθεση και την ανάλυση της κατά κατεύθυνση κυκλοφορίας, σε ότι αφορά τα ποσοστά φορτηγών (%HV), αλλά και στην κατανομή της κυκλοφορίας σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας κατηγορίας I, η οποία κυμαίνεται από 50/50 σε 70/30, με ελάχιστες εξαιρέσεις σε περιπτώσεις οδών αναψυχής που η κατανομή μπορεί να θεωρηθεί 80/20 (Φραντζεσκάκης *et al*, 2009).

Για αυτούς τους λόγους, κρίθηκε απαραίτητη η χρήση του προγραμματιστικού εργαλείου (Programming Tool) του προσομοιωτή για τον σχεδιασμό και προγραμματισμό ενός σεναρίου που να καλύπτει επαρκώς τις ανάγκες του πειράματος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Στο επόμενο εδάφιο γίνεται πλήρης ανάλυση των υποθέσεων και του προγραμματισμού που έγιναν προς την κατεύθυνση της ολοκλήρωσης του σεναρίου, σύμφωνα με το οποίο οι υποψήφιοι οδηγοί κλήθηκαν τελικά να οδηγήσουν, ώστε να επιτευχθεί η εξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων.

3.5 Προσομοιωτής οδήγησης (Driving Simulator FPF)



ΕΙΚΟΝΑ 3.1: Φωτογραφία του προσομοιωτή οδήγησης (Driving Simulator FPF)

Ο προσομοιωτής οδήγησης που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή του πειράματος (Εικόνα 3.1), βρίσκεται στο Εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής του τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π.. 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. Ο συγκεκριμένος προσομοιωτής χρησιμοποιείται για ερευνητικούς σκοπούς από Πανεπιστήμια 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 αναπαριστά επαρκώς πραγματικά όργανα ενός Ι.Χ. αυτοκινήτου (Εικόνες 3.2-3.5). Επιπλέον, 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 καθρέφτων, 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.



ΕΙΚΟΝΑ 3.2, 3.3, 3.4, 3.5: Φωτογραφίες των οργάνων του προσομοιωτή

3.6 Πειραματικό δείγμα

Ήδη, στο Κεφάλαιο 2, μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης έχει αναλυθεί γιατί η ομάδα των νέων οδηγών, αποτελεί την πιο ευαίσθητη και πιο ευπαθή ομάδα που εμπλέκεται στα οδικά ατυχήματα. Άλλωστε είναι γνωστό πως η πιθανότητα εμπλοκής οδηγού σε ατύχημα σχετίζεται και με την ηλικία του. Γι αυτό το λόγο, οι συμμετέχοντες στο πείραμα αποφασίστηκε να είναι μεταξύ 18-28 ετών. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε όμως και μια αντίστοιχη μελλοντική έρευνα σε όλο το ηλικιακό εύρος των οδηγών, από την οποία θα μπορούσαν να βγουν και συγκριτικά συμπεράσματα. Το δείγμα που επιλέχθηκε είναι συμπαγές και παρουσιάζει ομοιογένεια στα χαρακτηριστικά του (ηλικία, οδηγική εμπειρία, αντανακλαστικά κλπ.) για να μπορέσει να είναι μικρό στον αριθμό, ώστε να εξυπηρετεί τις ανάγκες και το εύρος μιας Διπλωματικής Εργασίας. Όπως συμβαίνει με όλες τις μεταβλητές που συμμετέχουν σε μια στατιστική επεξεργασία, τόσο στο εύρος των τιμών που παίρνουν αυτές, όσο και στο πλήθος τους πρέπει να τίθενται συγκεκριμένα όρια, έτσι ώστε τα αποτελέσματα που εξάγονται από την επεξεργασία να είναι στατιστικά σημαντικά. Αυτό που επιδιώκεται είναι να υπάρχουν πολλές μετρήσεις για κάθε τιμή της εκάστοτε εξεταζόμενης μεταβλητής

3.7 Προγραμματισμός σεναρίου

Ο προσομοιωτής οδήγησης προσφέρει μια μεγάλη ποικιλία από ήδη υπάρχοντα σενάρια οδήγησης. Τα σενάρια αποθηκεύονται στον υπολογιστή και φορτώνονται από το πρόγραμμα του προσομοιωτή κατά την εκκίνησή του. Κάθε τέτοιο αρχείο ορίζει και παραμετροποιεί έναν εικονικό κόσμο μέσα στον οποίο καλείται να οδηγήσει ο οδηγός. Κατά την διάρκεια της οδήγησης αποθηκεύονται μεταβλητές που περιγράφουν την οδική συμπεριφορά του οδηγού. Αυτές αποθηκεύονται σε αρχεία στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή και αποτελούν ένα πολύ δυνατό εργαλείο στα χέρια ενός ερευνητή επιτρέποντας την ανάλυση πολλών φαινομένων. Όπως ήδη αναφέρθηκε, παρά την πληθώρα σεναρίων που προσφέρονται έτοιμα στον προσομοιωτή, δεν υπήρχε κάποιο σενάριο που να εξετάζει την διαδικασία της προσπέρασης. Αυτό δημιούργησε άμεσα την ανάγκη προγραμματισμού κάποιου σεναρίου που να καλύπτει τις ανάγκες της συγκεκριμένης έρευνας. Η κατασκευάστρια εταιρία παρέχει ένα προγραμματιστικό περιβάλλον που επιτρέπει τη δημιουργία νέων σεναρίων. Παρέχει δηλαδή μία εξειδικευμένη γλώσσα προγραμματισμού με το δικό της συντακτικό που επιτρέπει στον προγραμματιστή

να ορίσει κάθε τι που συμβαίνει μέσα στον εικονικό κόσμο. Έτσι οι δυνατότητες του προσομοιωτή και η ευελιξία που έχει πλέον ο ερευνητής είναι πολύ μεγαλύτερες. Αυτή η διπλωματική εργασία έχει την πρωτοτυπία ότι αποτελεί την πρώτη έρευνα που πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του προγραμματιστικού περιβάλλοντος.

3.7.1 Μεθοδολογία Ανάπτυξης Λογισμικού

Με την ανάπτυξη της πληροφορικής και του προγραμματισμού μέσα στα χρόνια έχει επεκταθεί αντίστοιχα και η πολυπλοκότητα και η ποσότητα προγραμμάτων που παράγονται παγκοσμίως. Πολύ σύντομα προέκυψε η ανάγκη οργάνωσης της δουλειάς των προγραμματιστών καθώς και του τρόπου με τον οποίο δουλεύουν και συνεργάζονται. Δημιουργήθηκαν πολλά πρότυπα ανάπτυξης λογισμικού που αποσκοπούν στο να μειώσουν τον χρόνο ανάπτυξης, να φέρουν το τελικό προϊόν όσο το δυνατόν κοντύτερα στις αρχικές προδιαγραφές, και στο να εξασφαλίσουν τη σωστή επικοινωνία μεταξύ των εργαζομένων. Για τις ανάγκες αυτής της έρευνας η μεθοδολογία ανάπτυξης λογισμικού ακολούθησε το σπειροειδές πρότυπο (spiral model) ανάπτυξης. Το πρότυπο αυτό αποτελείται από τέσσερα πάρα πολύ σημαντικά βήματα που επαναλαμβάνονται καθ' όλη την ανάπτυξη του λογισμικού. Τα τέσσερα βήματα είναι τα εξής:

- **Ανάλυση:** Εδώ τίθενται στόχοι που πρέπει να υλοποιηθούν στο πρόγραμμα. Η επέκταση δυνατοτήτων του λογισμικού γίνεται σταδιακά και κάθε φορά που επαναλαμβάνεται ο κύκλος ανάπτυξης προστίθεται και μία καινούργια δυνατότητα. Σε αυτή τη φάση αποφασίζεται ποιο θα είναι το επόμενο λογικό βήμα. Η επιλογή αυτή ξεκίνησε από τα πιο σημαντικά και δύσκολα στην υλοποίηση βήματα και στη συνέχεια προστέθηκαν τα πιο δευτερεύοντα στοιχεία.
- **Προσχεδιασμός Υλοποίησης:** Σε αυτό το βήμα έχει ήδη αποφασιστεί ποιο κομμάτι του λογισμικού θα αναπτυχθεί από το προηγούμενη φάση της Ανάλυσης. Αυτό το βήμα αποσκοπεί στο πως θα υλοποιηθεί το πρόγραμμα. Ξεκινάει με την μελέτη του εγχειριδίου προγραμματισμού και την εύρεση σχετικών συναρτήσεων (functions) που θα ήταν βοηθητικές στην υλοποίηση. Οι συναρτήσεις αυτές αποτελούν έτοιμα κομμάτια κώδικα που διατίθενται αυτούσια στον προγραμματιστή. Μια συνάρτηση είναι ένα παράδειγμα της αφαιρετικής λογικής ενός «μαύρου κουτιού» (Black Box Abstraction). Ο προγραμματιστής δεν βλέπει τι υπάρχει μέσα σε αυτό το «μαύρο κουτί» ή

ποιος είναι ο εσωτερικός τρόπος λειτουργίας του. Παρέχει όμως σε αυτό κάποιες μεταβλητές εισόδου (input variables) και δέχεται από αυτό κάποιες μεταβλητές εξόδου (output variables). Οι συναρτήσεις που δίνονται έχουν συγκεκριμένο αριθμό (που μπορεί να είναι και μηδενικός) και τύπο μεταβλητών που περιμένουν. Απαιτείται λοιπόν σε αυτό το βήμα να μελετηθεί και η σύνταξη των έτοιμων συναρτήσεων που θα χρησιμοποιηθούν. Στο τέλος αυτού, πρέπει να έχει καθοριστεί ένας αλγόριθμος με τον οποίο θα υλοποιηθεί η συγκεκριμένη δυνατότητα του λογισμικού. Ο αλγόριθμος αυτός γράφεται σε ψευδοκώδικα (Pseudo code) για ευκολία και ταχύτητα ανάπτυξης αλλά συγχρόνως έχει γίνει και η μελέτη του πως συντάσσεται αυτός εντός της γλώσσας προγραμματισμού.

- **Υλοποίηση:** Σε αυτό το βήμα υλοποιείται στη πράξη ο αλγόριθμος που έχει ήδη προσχεδιαστεί. Όλα τα παραπάνω, γίνονται για να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος που απαιτεί αυτή η φάση. Η υλοποίηση περιλαμβάνει δύο στάδια για την ολοκλήρωση του προγράμματος. Το πρώτο είναι να γραφτεί ο κώδικας και το δεύτερο είναι να περάσει από τον compiler της γλώσσας προγραμματισμού. Στο δεύτερο στάδιο ελέγχεται η συντακτική ορθότητα του κώδικα χωρίς όμως να γίνεται έλεγχος της λογικής του προγράμματος. Τα συντακτικά λάθη διορθώνονται σε αυτό το βήμα αλλά για να ελεγχθεί ο αλγόριθμος προαπαιτούνται δοκιμές, οι οποίες πραγματοποιούνται στο επόμενο βήμα.
- **Δοκιμές:** Η δοκιμή του κώδικα είναι ένα από το πιο καίρια στάδια της ανάπτυξης του λογισμικού. Είναι ένα από τα δυσκολότερα βήματα καθώς και τα πιο χρονοβόρα και δυστυχώς συχνά υποτιμάται. Η δυσκολία έγκειται στο ότι όταν εμπεριέχεται ένα λάθος στο πρόγραμμα, είναι συχνά πολύ δύσκολο να γίνει η εύρεσή του. Αυτός είναι και ο λόγος που ακολουθήθηκε αυτή η σταδιακή ανάπτυξη του λογισμικού. Με την ανάπτυξη ενός μικρού κομματιού κώδικα κάθε φορά, η εύρεση ενός λάθους γίνεται σαφέστατα πιο εύκολη. Έτσι μειώνεται ο χρόνος δοκιμών και βελτιστοποιείται η αποδοτικότητα τους. Οι δοκιμές γίνονται πάντα από δύο σκοπιές. Χρησιμοποιώντας και πάλι την προαναφερθείσα αφαιρετική λογική του «άσπρου» και «μαύρου κουτιού». Οι δοκιμές γίνονται δηλαδή από τη σκοπιά κάποιου που βλέπει το πρόγραμμα χωρίς να γνωρίζει την εσωτερική λειτουργία του, που αντιλαμβάνεται το πρόγραμμα σαν ένα γενικό σύνολο (black box testing). Και επιπρόσθετα από τη σκοπιά κάποιου που γνωρίζει την εσωτερική λειτουργία των προγραμμάτων (white box testing). Το τελευταίο είναι απαραίτητο σε κάθε επανάληψη του κύκλου ανάπτυξης του λογισμικού και για κάθε ένα από τα προγράμματα που

γράφτηκαν για αυτή τη μελέτη. Κάποια από αυτά είναι φτιαγμένα σαν εργαλεία για τον ερευνητή και άλλα προορίζονται για χρήση από τους συμμετέχοντες στο πείραμα. Για την πρώτη κατηγορία δεν απαιτείται ιδιαίτερη έμφαση σε πράγματα όπως το περιβάλλον εργασίας χρήστη (user interface) ή την ευκολία στη χρήση του προγράμματος. Στην δεύτερη κατηγορία όμως είναι σημαντικό το black box testing έτσι ώστε ο κώδικας που γράφεται να είναι απτός, κατανοητός και άμεσα χρησιμοποιήσιμος από τρίτους.

3.7.2 Ανάλυση παραδοχών

3.7.2.1 Χάρτης Διαδρομής

Ο προσομοιωτής προσφέρει κάποιους έτοιμους χάρτες διαδρομών. Ο προγραμματιστής δεν μπορεί να επέμβει στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού. Έχοντας αυτό υπόψη ως βέλτιστη διαδρομή για τις ανάγκες του πειράματος επιλέχθηκε η διαδρομή WORLD_SEGMENTS (Εικόνα 3.6). Ο λόγος που επιλέχθηκε αυτός ο χάρτης διαδρομής είναι ότι προσομοιώνει υπεραστικό οδικό τμήμα με μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση χωρίς διαχωριστική νησίδα στη μέση. Επιπλέον προσφέρει μεγάλες ευθυγραμμίες ακολουθούμενες από καμπύλες με μεγάλες τιμές ακτινών κυκλικού τόξου για τη μεγιστοποίηση της ορατότητας, καθώς και το μεγαλύτερο πλάτος λωρίδας που διατίθεται από τα προκατασκευασμένα σενάρια του προσομοιωτή. Αν και οι ιδανικές συνθήκες για να λάβει χώρα μια προσπέραση θα ήταν μία απόλυτα ευθύγραμμη οδός, αυτό δεν κρίθηκε ρεαλιστικό καθώς δεν συνάδει με τις πραγματικές συνθήκες που απαντώνται στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Ο χάρτης αυτός προσφέρει καλές συνθήκες για προσπέραση αλλά συγχρόνως αποτελεί μια ρεαλιστική διαδρομή.



ΕΙΚΟΝΑ 3.6: Διαδρομή σεναρίου οδήγησης

3.7.2.2 Καιρικές συνθήκες

Το προγραμματιστικό περιβάλλον επιτρέπει τον καθορισμό καιρικών συνθηκών. Λόγω της γεωγραφικής τοποθεσίας της χώρας στην οποία παρατηρείται ηλιοφάνεια κατά τη μεγαλύτερη περίοδο του έτους επιλέχθηκε αντίστοιχα ηλιοφάνεια για το εξεταζόμενο σενάριο (Εικόνα 3.7). Προσφέροντας γνώριμες συνθήκες στους οδηγούς υποβοηθούνται στο να μην μεταβάλλουν την οδηγική τους συμπεριφορά στον προσομοιωτή

1 Weather Constants

Name	Value
WEATHER_SUN	0
WEATHER_NICE	0
WEATHER_FOG	1
WEATHER_RAIN	2
WEATHER_SNOW	3
WEATHER_TWILIGHT	4
WEATHER_NIGHT	5

Functions: [World_GetWeather](#), [World_SetWeather](#)

EIKONA 3.7: Επιλογή καιρικών συνθηκών σεναρίου οδήγησης

3.7.2.3 Διαδρομή

Η διαδρομή που ακολουθεί κάποιος μέσα στο χάρτη ορίζεται από ένα σημείο εκκίνησης και ένα σημείο τερματισμού. Η διαδρομή επιλέχθηκε έτσι ώστε να καλύπτει τις προδιαγραφές που έχουν προαναφερθεί. Συγχρόνως όμως η απόφαση για το σημείο εκκίνησης και τερματισμού του σεναρίου επηρεάζεται και από άλλους περιορισμούς. Ένας από αυτούς είναι ο χρόνος που διαρκεί το κάθε πείραμα. Ο χρόνος των ανθρώπων που συμμετέχουν στο πείραμα είναι πολύτιμος και θα ήταν παράλογο το πείραμα να είναι ιδιαίτερα χρονοβόρο για αυτούς. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί από προγενέστερες μελέτες για την αξιολόγηση των προσομοιωτών ότι η συμπεριφορά των οδηγών επηρεάζεται μετά από μεγάλη παραμονή μπροστά από τις οθόνες προσομοίωσης, κυρίως λόγω κούρασης των ματιών, αλλά και ζάλης. Έτσι η διαδρομή και κατ' επέκταση ο συνολικός χρόνος οδήγησης του πειράματος κρατήθηκε σχετικά μικρή, στα 3 km. Σημειώνεται ότι το συνολικό πείραμα περιλαμβάνει και τη διαδρομή εξοικείωσης του κάθε συμμετέχοντα με το περιβάλλον προσομοίωσης, όπου οδηγεί σε μια ουδέτερη διαδρομή περίπου για 5 km.

Ένας άλλος πολύ σημαντικός περιορισμός είναι το ότι προγραμματιστικό περιβάλλον θέτει ανώτατο όριο στο πόσα συνολικά οχήματα επιτρέπονται στον προγραμματιστή να τοποθετήσει σε ένα πείραμα. Το όριο αυτό είναι 43 οχήματα. Έτσι το μέγεθος της διαδρομής περιορίζεται και από αυτή την παράμετρο έτσι ώστε ο οδηγός να μην βρεθεί σε κάποιο τμήμα της διαδρομής χωρίς κινούμενα οχήματα.

3.7.2.4 Εισαγωγή οχημάτων

Είναι προφανές ότι για να μελετηθεί η διαδικασία της προσπέρασης απαιτείται να υπάρχουν και άλλα οχήματα μέσα στο οδικό δίκτυο. Οι προδιαγραφές του προγραμματισμού αυτού του προβλήματος ήταν από τις πιο απαιτητικές και δύσκολες διαδικασίες σε όλο τα στάδια ολοκλήρωσής του.

Όσον αφορά τη γλώσσα προγραμματισμού, τα πράγματα ήταν ξεκάθαρα. Το πρόγραμμα βάσει του οποίου θα προσομοιώνόταν το σενάριο οδήγησης της παρούσας έρευνας, έπρεπε να καθορίζει τον τύπο οχήματος, τη θέση στην οποία θα τοποθετηθεί και το πώς θα κινείται.

Η γλώσσα προγραμματισμού που είχε στη διάθεσή του ο ερευνητής πρακτικά δημιούργησε δύο πολύ μεγάλα προβλήματα σε αυτόν τον τομέα.

Το πρώτο ήταν ότι στο πραγματικό οδικό δίκτυο μεταβλητές όπως η ταχύτητα και οι χρονικοί διαχωρισμοί αφίξεων των οχημάτων υπακούουν στην τυχαιότητα και περιγράφονται από στατιστικές κατανομές. Το προγραμματιστικό περιβάλλον δεν περιελάμβανε την προαπαιτούμενη υποδομή για να προσφέρει στον προγραμματιστή τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει οποιουδήποτε είδους κατανομή για να προβλέψει την τυχαιότητα των κινούμενων μονάδων στο σύστημα. Λείπει δηλαδή ένας αλγόριθμος δημιουργίας τυχαίων αριθμών που να μπορεί να εισάγει την τυχαιότητα στα σενάρια. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό, δημιουργήθηκε ένα ολόκληρο λογισμικό γένεσης τυχαίων αριθμών. Το πρόγραμμα γένεσης τυχαίων αριθμών έχει τη δυνατότητα μετά-επεξεργασίας των σεναρίων προσθέτοντας τυχαίους αριθμούς που ακολουθούν προκαθορισμένες κατανομές όπως την κανονική ή την αρνητική εκθετική κατανομή που ακολουθούν μεγέθη της κυκλοφορίας, όπως η ταχύτητα των οχημάτων, οι χρονικοί διαχωρισμοί τους κλπ.. Η αναλυτική εξήγηση αυτού του προγράμματος επακολουθεί στο κεφάλαιο: "Πρόγραμμα Γένεσης Τυχαίων Αριθμών".

Ο δεύτερος περιορισμός από το προγραμματιστικό περιβάλλον ήταν ότι απαιτούσε πολλές γραμμές προγραμματιστικού κώδικα για να οριστεί ένα καινούριο όχημα με τα χαρακτηριστικά του, δεδομένου ότι αυτό το πείραμα απαιτεί τη μεγιστοποίηση του αριθμού των εισαγόμενων οχημάτων. Αυτό το πρόβλημα μεταφράζεται σε εκατοντάδες γραμμές προγραμματιστικού κώδικα για να δοκιμαστεί ένα ολοκληρωμένο σενάριο. Οποιαδήποτε αλλαγή θα απαιτούσε να ξαναγραφτούν όλες αυτές οι γραμμές κώδικα από την αρχή. Αυτή η πολυτέλεια χρόνου όμως δεν υπήρχε. Όταν ένας προγραμματιστής αντιμετωπίζει αυτό το πρόβλημα συνήθως η λύση βρίσκεται με τη χρήση βρόχων. Ένα απλοϊκό παράδειγμα στην πράξη είναι το εξής: Έστω ότι επιδιώκεται να γραφεί ένα πρόγραμμα που να τυπώνει στην οθόνη κάποιο κομμάτι κειμένου που να αποθηκεύει τη μεταβλητή TEXT δέκα φορές. Έχοντας διαθέσιμους επαναληπτικούς βρόχους ο προγραμματιστικός κώδικας θα έμοιαζε ως εξής:

```
FOR I = 1 TO 10
    PRINT TEXT
NEXT I
```

Όμως το προγραμματιστικό περιβάλλον αναγκάζει τον προγραμματιστή να γράψει τον προγραμματιστικό κώδικα στην παρακάτω μορφή:

```
PRINT TEXT
PRINT TEXT
PRINT TEXT
PRINT TEXT
PRINT TEXT
PRINT TEXT
PRINT TEXT
PRINT TEXT
PRINT TEXT
PRINT TEXT
```

Στην πραγματικότητα το περιβάλλον προγραμματισμού υποστηρίζει την πιο πρώιμη μορφή βρόχων, αλλά αυτό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δήλωση καινούριων μεταβλητών ή τη δημιουργία καινούριων μονάδων μέσα στο πρόγραμμα.

Το πρόβλημα αυτό έγινε πιο σημαντικό καθώς προσθέτονταν περισσότερα αυτοκίνητα. Για τον λόγο αυτό γράφτηκε ένα δεύτερο λογισμικό ονόματι Code Writer. Το πρόγραμμα αυτό είναι ένα πρόγραμμα που γράφει σενάρια. Στο παραπάνω παράδειγμα εάν χρειαζόταν η μεταβλητή TEXT να τυπωθεί 1.000 φορές στη μία περίπτωση αυτό θα γινόταν με την αλλαγή του 10 σε 1.000, ενώ στην άλλη,

θα έπρεπε να γραφτούν 990 γραμμές προγραμματιστικού κώδικα ακόμα. Εκεί βρίσκεται η δύναμη του Code Writer. Επιτρέπει στον ερευνητή να αλλάζει τις παραμέτρους του σεναρίου αλλάζοντας μια γραμμή κώδικα αντί να μεταβάλλει όλο το πρόγραμμα από την αρχή. Αφού τρέξει το πρόγραμμα παράγει ένα ολοκληρωμένο σενάριο έτοιμο για τον προσομοιωτή. Περαιτέρω πληροφορίες για το Code Writer αναφέρονται στο σχετικό κεφάλαιο καθώς και η επεξήγηση αυτού.

3.7.2.5 Μετρήσεις

Ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της υιοθετηθείσας διαδικασίας σε αυτή τη διπλωματική εργασία είναι τα ξεκάθαρα φύλλα επεξεργασίας δεδομένων και γενικότερα ο τρόπος που γίνονται οι μετρήσεις στα πειράματα. Αυτό προκύπτει από καλό σχεδιασμό των προδιαγραφών μετρήσεων και της αυξημένης ευελιξίας που προσφέρει το προγραμματιστικό περιβάλλον.

Τα ήδη υπάρχοντα σενάρια αποθηκεύουν τις τιμές κάποιων συγκεκριμένων προεπιλεγμένων μεταβλητών. Ο ερευνητής είναι ιδιαίτερα περιορισμένος από αυτό επειδή δεν είναι απαραίτητο ότι αυτές οι προεπιλεγμένες μεταβλητές είναι χρήσιμες στο αντικείμενο μελέτης (Πίνακας 3.1). Ακόμη και εάν είναι σχετικές, η επεξεργασία των σχετικών αρχείων μετά τα πειράματα είναι πολύ απαιτητική.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: Προκαθορισμένες μεταβλητές υπολογισμού του προσομοιωτή

1	Time	πραγματικός χρόνος (ms) από την έναρξη της διαδρομής
2	x-pos	θέση οχήματος κατά τον x άξονα (m)
3	y-pos	θέση οχήματος κατά τον y άξονα (m)
4	z-pos	θέση οχήματος κατά τον z άξονα (m)
5	road	αριθμός του δρόμου που βρίσκεται το όχημα
6	richt	φορά κίνησης του οχήματος στο δρόμο
7	rdist	διανυθείσα απόσταση οχήματος από την έναρξη της διαδρομής (m)
8	rspur	απόσταση οχήματος από τον άξονα της οδού
9	ralpha	κατεύθυνση οχήματος σε σχέση με προσανατολισμό του δρόμου (μοίρες)
10	Dist	διανυθείσα απόσταση οχήματος από την έναρξη της διαδρομής (m)
11	Speed	πραγματική ταχύτητα (km/h)
12	Brk	θέση του πεντάλ φρένου (%)
13	Acc	θέση του πεντάλ για το γκάζι (%)
14	Clutch	θέση του συμπλέκτη (%)
15	Gear	επιλεγμένη ταχύτητα στο κιβώτιο ταχυτήτων
16	RPM	στροφές του κινητήρα (1/min)
17	Hway	απόσταση από προπορευόμενο όχημα (m)

18	Dleft	απόσταση από το αριστερό όριο του δρόμου (m)
19	Dright	απόσταση από το δεξιό όριο του δρόμου (m)
20	Wheel	θέση του τιμονιού (μοίρες)
21	THead	χρόνος σύγκρουσης με προπορευόμενο όχημα (sec)
22	TTL	χρόνος διάσχισης της διαχωριστικής γραμμής
23	TTC	χρόνος σύγκρουσης (με όλα τα εμπόδια) (sec)
24	AccLat	πλευρική επιτάχυνση (m/s^2)
25	AccLon	κατά μήκος επιτάχυνση (m/s^2)
26	EvVis	ορατό εμπόδιο (0,1)
27	EvDist	απόσταση εμποδίου (m)
28	ErrlNo	αριθμός πρώτου οδηγικού λάθους
29	ErrlVal	ημερομηνία πρώτου οδηγικού λάθους
30	Err2No	αριθμός δεύτερου οδηγικού λάθους
31	Err2Val	ημερομηνία δεύτερου οδηγικού λάθους
32	Err3No	αριθμός τρίτου οδηγικού λάθους
33	Err3Val	ημερομηνία τρίτου οδηγικού λάθους

Το προγραμματιστικό περιβάλλον δίνει πολύ περισσότερες δυνατότητες στον προγραμματιστή να ορίσει ποιες μεταβλητές θα καταγράφονται στα αρχεία αποθήκευσης. Έτσι επιλέχθηκαν μόνο οι μεταβλητές που είναι σχετικές με το αντικείμενο έρευνας. Οι μεταβλητές αυτές συνοψίζονται στον Πίνακα 3.2:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: Μεταβλητές που υπολογίζονται από το νέο σενάριο προσομοίωσης

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

3.7.3 Πρόγραμμα γένεσης τυχαίων αριθμών

Το πρόγραμμα γένεσης τυχαίων αριθμών δημιουργήθηκε για να καλύψει ορισμένα κενά στο προγραμματιστικό περιβάλλον του προσομοιωτή. Το προγραμματιστικό περιβάλλον, όπως έχει αναφερθεί, δεν προσφέρει τις απαιτούμενες δυνατότητες για τη δημιουργία τυχαίων αριθμών. Αυτό το κενό συμπληρώθηκε από αυτό το λογισμικό.

Το πρόγραμμα γένεσης τυχαίων αριθμών έχει γραφτεί στη γλώσσα προγραμματισμού C# στο Visual Studio 2008. Το πρόγραμμα αποτελείται από δύο βασικά κομμάτια. Το πρώτο είναι αυτό που παράγει τους τυχαίους αριθμούς και το δεύτερο, αυτό που τους τοποθετεί στο σενάριο. Το πρώτο κομμάτι έχει προγραμματιστεί από τον John D. Cook (2008) ο οποίος δημοσίευσε τον κώδικα υπό τους όρους ανοιχτού λογισμικού που αναφέρονται στο Παράρτημα III. Υπό τους ίδιους όρους το δεύτερο κομμάτι του προγράμματος προγραμματίστηκε με τη βοήθεια προγραμματιστή.

3.7.3.1 Εισαγωγή στους τυχαίους αριθμούς

Η παραγωγή τυχαίων αριθμών αναφέρεται σε έναν μηχανισμό που παράγει αριθμούς ή σύμβολα που δεν έχουν κάποιο συνδετικό στοιχείο μεταξύ τους. Οι τυχαίοι αριθμοί είναι σημαντικοί στον κλάδο της στατιστικής. Τα αποτελέσματα τέτοιων τυχαίων φαινομένων συντάσσονταν σε πίνακες για χρήση στην ανάλυση. Με τη δημιουργία των ηλεκτρονικών υπολογιστών όμως, οι πίνακες αντικαταστάθηκαν με λογισμικό που παράγει τυχαίους αριθμούς.

Οι αλγόριθμοι που παράγουν τέτοιους αριθμούς είναι πολλοί, και επίσης η ανάπτυξη της στατιστικής έθεσε πολλές προδιαγραφές στην τυχειότητα. Ένα τέλειο ζάρι, για παράδειγμα, για έναν μεγάλο αριθμό μετρήσεων θα έπρεπε να δίνει ίσο αριθμό από άσσους, δυάρια, τριάρια, κλπ, σχηματίζοντας έτσι μία ενιαία κατανομή αυτών των τυχαίων αριθμών. Με τη μελέτη διαφόρων φαινομένων έχει παρατηρηθεί ότι πολλά φυσικά φαινόμενα ακολουθούν προκαθορισμένες κατανομές. Για παράδειγμα, οι ταχύτητες των οχημάτων στο οδικό δίκτυο ακολουθεί κανονική κατανομή (normal distribution), ενώ έχει παρατηρηθεί επίσης μία από τις κατανομές που ακολουθούν οι χρονικοί διαχωρισμοί μεταξύ των οχημάτων είναι η αρνητική εκθετική κατανομή (negative exponential distribution). Η εξασφάλιση αυτής της τυχειότητας στα σενάρια οδήγησης ήταν ένα καίριο βήμα στη μεγιστοποίηση της

ποιότητας των αποτελεσμάτων και της ρεαλιστικότητας των σεναρίων.

Ένας υπολογιστής ακολουθεί πιστά συγκεκριμένες οδηγίες και κάνει ακριβώς ό,τι ορίζουν οι αλγόριθμοι που εκτελούνται. Τα αποτελέσματα του αλγόριθμου ελέγχονται για να εξακριβωθεί αν παράγονται τυχαίοι αριθμοί με ικανοποιητικό τρόπο.

3.7.3.2 Δημιουργία τυχαίων αριθμών

Ο αλγόριθμος που υλοποιείται είναι ένας πολύ δοκιμασμένος αλγόριθμος γραμμένος από τον George Marsaglia (1968). Ο αλγόριθμος λέγεται «multiply with carry» και παράγει αριθμούς με περίοδο από 2^{60} στη χειρότερη περίπτωση έως και $2^{20000000}$. Είναι προφανές ότι υπερκαλύπτει όλες τις ανάγκες αυτής της διπλωματικής εργασίας. Ο αλγόριθμος έχει υποβληθεί σε μια σειρά από τεστ για να ελεγχθεί η τυχαιότητα των αριθμών που παράγει. Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα χρησιμοποιείται ο έλεγχος Kolmogorov-Smirnov και έτσι επιβεβαιώνεται ότι οι αριθμοί που παράγονται είναι αποδεκτοί για τον πειραματισμό. Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να παράγει αριθμούς που ακολουθούν συγκεκριμένες κατανομές. Έτσι για μια κανονική κατανομή, για παράδειγμα, ορίζεται μία μέση τιμή και μία τυπική απόκλιση και το πρόγραμμα παράγει αριθμούς που ακολουθούν αυτή την κατανομή.

3.7.3.3 Μετεπεξεργασία

Έχοντας έναν αλγόριθμο που παράγει τυχαίους αριθμούς προέκυψε το πρόβλημα του πώς θα ενσωματωθούν μέσα στα σενάρια. Ο τρόπος με τον οποίο έγινε αυτό είναι ο εξής. Μέσα στον κώδικα του σεναρίου που διαβάζει ο προσομοιωτής στο σημείο που ορίζονται οι ταχύτητες των οχημάτων, αντί να γραφτεί η τιμή της ζητούμενης ταχύτητας, γράφεται ο χαρακτήρας '~'. Αυτός ο χαρακτήρας σηματοδοτεί ότι αυτή είναι μία θέση στην οποία πρέπει να εισαχθεί ένας τυχαίος αριθμός. Πριν φτάσει να μπορεί να εκτελεστεί το σενάριο από τον προσομοιωτή πρέπει οι χαρακτήρες αυτοί να αντικατασταθούν από αριθμούς.

Κατά την εκτέλεση του προγράμματος διαβάζεται το σενάριο και αποθηκεύεται σε μια μεταβλητή τύπου κειμένου (string). Το κείμενο αυτό χωρίζεται σε περαιτέρω τμήματα που αποθηκεύονται σε έναν πίνακα κειμένου (string array). Για

παράδειγμα:

Έστω:

```
String A = "This is ~ a test"
```

Αυτό χωρίζεται σε δύο τμήματα γύρω από το character '~' και τα δύο επιμέρους τμήματα αποθηκεύονται στον πίνακα από κείμενα B.

```
String [] B  
B[0] = "This is"  
B[1] = "a test"
```

Ο πίνακας κειμένου ανασυντίθεται με τους τυχαίους αριθμούς ενδιάμεσα σε κάθε κενό.

```
A = B[0] + Random Number + B[1]
```

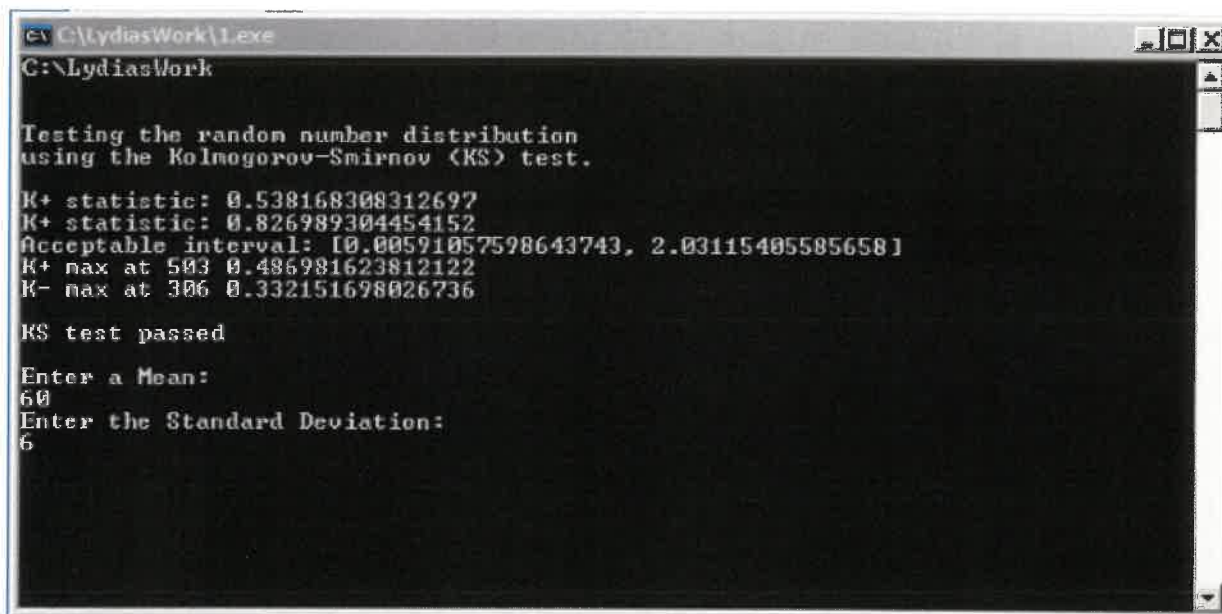
Κατ' αυτόν τον τρόπο προσθέτονται μέσα στο κείμενο τα τυχαία νούμερα. Εν συνεχεία, το κείμενο που περιέχει τον τελειωμένο κώδικα αποθηκεύεται στο δίσκο.

3.7.3.4 Κατανομές κυκλοφοριακών μεγεθών

Όταν ξεκινά το πείραμα όλα τα αυτοκίνητα είναι στάσιμα. Όταν ο οδηγός ξεκινά την οδήγηση ο κόσμος (ως «κόσμος» ορίζεται το ψηφιακό περιβάλλον του προσομοιωτή, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα οχήματα και τις κινήσεις τους, το χάρτη της διαδρομής, το περιβάλλον οδήγησης, τη σηματοδότηση κλπ.) τίθεται σε κίνηση και αρχικοποιείται με κάποιες τιμές. Τη στιγμή αυτή χρησιμοποιούνται οι τιμές του προγράμματος γένεσης τυχαίων αριθμών. Αυτές οι τιμές ακολουθούν κανονική κατανομή με μέση ταχύτητα 60 χλμ/ώρα και τυπική απόκλιση 6 χλμ/ώρα. Όσον αφορά τις χρονικές αποστάσεις των αυτοκινήτων οι σχετικές μετρήσεις έχουν δείξει ότι ακολουθούν αρνητική εκθετική κατανομή. Αυτές οι αποστάσεις όμως είναι απόρροια της κίνησης των αυτοκινήτων και δεν χρειάζεται να δοθούν τιμές για να αρχικοποιηθεί το σύστημα. Οι αποστάσεις μεταξύ των αυτοκινήτων προκύπτουν καθώς εκτελείται το πείραμα. Έτσι παρά τις δυνατότητες του προγράμματος χρησιμοποιείται μόνο η κανονική κατανομή.

3.7.3.5 Περιβάλλον εργασίας χρήστη (User Interface)

Το περιβάλλον εργασίας του χρήστη του προγράμματος είναι πολύ απλό. Ξεκινά με το να ζητά από το χρήστη δύο τιμές για τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση. Εν συνεχεία ενημερώνει το χρήστη για το εάν οι αριθμοί που παρήχθησαν πέτυχαν το Kolmogorov-Smirnov τεστ και μετά τερματίζει τη λειτουργία του. Η Εικόνα 3.8 απεικονίζει το περιβάλλον εργασίας του χρήστη του προγράμματος.



```
C:\LydiasWork\1.exe
C:\LydiasWork

Testing the random number distribution
using the Kolmogorov-Smirnov (KS) test.

K+ statistic: 0.538168308312697
K+ statistic: 0.826989304454152
Acceptable interval: [0.00591057598643743, 2.03115405585658]
K+ max at 503 0.486981623812122
K- max at 306 0.332151698026736

KS test passed

Enter a Mean:
60
Enter the Standard Deviation:
6
```

ΕΙΚΟΝΑ 3.8: Εισαγωγή μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης της ταχύτητας στο πρόγραμμα γένεσης τυχαίων αριθμών

3.7.3.6 Διαχείριση αρχείων

Ένα πολύ χρήσιμο στάδιο για τη διευκόλυνση της μετέπειτα επεξεργασίας είναι η διαχείριση των αρχείων που αποθηκεύονται αυτόματα από το πρόγραμμα. Κατά την εκτέλεσή του, διαβάζει το αρχείο «Template.sce» το οποίο περιέχει τον βασικό προγραμματιστικό κώδικα του ίδιου του προσομοιωτή. Το αρχείο αυτό είναι τυποποιημένο και δεν μπορεί να μεταβληθεί από την προσάρτηση του νέου προγράμματος. Μετά την εκτέλεση του προγράμματος και αφού οι χαρακτήρες “~” έχουν αντικατασταθεί με τυχαίους αριθμούς αποθηκεύεται το επεξεργασμένο αρχείο κατ' ευθείαν στο directory C:\PKW-DEV\ που είναι ο προεπιλεγμένος φάκελος που διαβάζει ο μεταγλωττιστής (compiler) του προγραμματιστικού περιβάλλοντος του προσομοιωτή. Έτσι το αρχείο είναι έτοιμο να ελεγχθεί συντακτικά και να ετοιμαστεί για να τρέξει από τον προσομοιωτή.

Σε αυτήν τη διπλωματική εργασία προγραμματίστηκε ένα πείραμα για τον προσομοιωτή, με τέτοιο τρόπο ώστε να αλλάζουν κάθε φορά οι αρχικές συνθήκες των οχημάτων, δηλαδή η τιμή της ταχύτητας και κατ' επέκταση οι χρονικοί διαχωρισμοί των οχημάτων. Αυτό πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος γένεσης τυχαίων αριθμών, το οποίο παραμετροποιεί τον εικονικό κόσμο με μια νέα σειρά υποθέσεων κάθε φορά (σενάριο). Αυτή είναι μια λειτουργία που είναι αδύνατη μέσα από το προγραμματιστικό περιβάλλον που παρέχεται από τον κατασκευαστή του προσομοιωτή. Παρά τον επιπρόσθετο προγραμματισμό παραμένει ένα καίριο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της έρευνας αυτής. Είναι ένα επαναχρησιμοποιήσιμο εργαλείο για τους ερευνητές που ασχολούνται με την προσομοίωση της οδήγησης. Προσφέρει άκρως αυξημένα επίπεδα ρεαλισμού και επιτυγχάνει την προσομοίωση πραγματικών κατανομών ταχύτητας και απόστασης μεταξύ των αυτοκινήτων. Η μετεπεξεργασία των σεναρίων πρακτικά γίνεται εύκολα, γρήγορα και με τρομερή πιστότητα στις προεπιλεγμένες κατανομές σε καινούργιους εικονικούς κόσμους.

3.7.4 Πρόγραμμα δημιουργίας προγραμματιστικού κώδικα (Code Writer)

Ο προσομοιωτής οδήγησης δεν είναι παρά ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής, ο οποίος στο χαμηλότερο του επίπεδο καταλαβαίνει τις εντολές που τρέχει σαν μια σειρά από 0 και 1. Κάθε γλώσσα προγραμματισμού μεταφράζει τις εντολές που γράφει ο προγραμματιστής σε τεράστιες αλληλουχίες από δυαδικά ψηφία έτσι ώστε να είναι εκτελέσιμο ένα αρχείο. Με τον καιρό, για τη διευκόλυνση των προγραμματιστών, το δυαδικό σύστημα αντικαταστάθηκε από ισοδύναμες συμβολικές αναπαραστάσεις. Πάνω σε αυτή την ιδέα έχει χτιστεί όλη η μοντέρνα πληροφορική. Γεννήθηκαν πολλές γενιές από γλώσσες προγραμματισμού και κάθε μια απέιχε όλο και περισσότερο από το δυαδικό σύστημα που καταλαβαίνει ο υπολογιστής. Όλη η πρόοδος στον τομέα προέκυψε από το γεγονός ότι οι προγραμματιστές γράφοντας μια γραμμή μπορούσαν να παράγουν αυτόματα χιλιάδες σελίδες δυαδικού κώδικα. Αυτή η εξέλιξη έχει έναν και μόνο στόχο: να αυξήσει την παραγωγικότητα των προγραμματιστών με το να μειώνει τη ποσότητα προγραμματιστικού κώδικα που απαιτείται να γραφτεί. Με λιγότερο κώδικα μειώνονται επίσης αισθητά και τα λάθη που γίνονται κατά τον προγραμματισμό.

Η παραπάνω ιδέα χρησιμοποιήθηκε για να αυξήσει την παραγωγικότητα του προγραμματισμού σεναρίων και να μειώσει το χρόνο υλοποίησης τους όπως αναφέρεται και στο σπειροειδές αναπτυξιακό πρότυπο που ακολουθήθηκε. Το

Λογισμικό Code Writer είναι ένα πρόγραμμα γραμμένο σε μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου (high level) που παράγει κώδικα χαμηλότερου επιπέδου που καταλαβαίνει το προγραμματιστικό περιβάλλον του προσομοιωτή. Είναι πρακτικά ένα πρόγραμμα που κατά την εκτέλεση του προγραμματίζει σενάρια.

Το Code Writer ξεκίνησε σαν ένα μικρό βοήθημα στον προγραμματισμό ικανό να παράγει συγκεκριμένα κομμάτια κώδικα που μετά αντιγράφονταν στο σενάριο. Αυτό έγινε επειδή μερικές γραμμές C# αρκούσαν για να παράγουν σελίδες από κώδικα που καταλαβαίνει το προγραμματιστικό περιβάλλον του προσομοιωτή. Με την εξέλιξη όμως του σεναρίου, το Code Writer έγινε αναπόσπαστο κομμάτι της διαδικασίας του προγραμματισμού. Αναπτύχθηκε έτσι ώστε να παράγει ένα ολοκληρωμένο σενάριο και όχι μόνο κάποια επιμέρους κομμάτια.

Η μεγαλύτερη συμβολή του προγράμματος είναι η προσθαφαίρεση των οχημάτων μέσα στον εικονικό κόσμο. Το Code Writer προσφέρει ευελιξία αντίστοιχη με αυτή του προγράμματος γένεσης τυχαίων αριθμών στον τομέα της αρχικοποίησης της θέσης των οχημάτων, στον αριθμό τους και στην πορεία που ακολουθούν. Με την αλλαγή δύο μεταβλητών μπορεί κανείς να αλλάξει τον αριθμό οχημάτων που βρίσκονται σε κάθε λωρίδα.

Το Code Writer πιέζει τον προσομοιωτή στα απόλυτα όριά του όντας ικανό να συνθέσει συνδυασμούς με χιλιάδες οχήματα το καθένα με τη δική του αυτόνομη συμπεριφορά. Παρά τον μικρό αριθμό των μέγιστων επιτρεπτών οχημάτων, το πρόγραμμα παραμένει χρήσιμο.

Κάθε αυτοκίνητο απαιτεί 6 γραμμές προγραμματιστικού κώδικα για να εισαχθεί στον εικονικό κόσμο. Αυτές εξηγούνται ως εξής:

```
VAR CAR  
VEC StartPosition 1,180,0  
VEC EndPosition 1,3000,0  
FUNC  
CAR=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,  
StartPosition)  
FUNC Traffic_SetSpeed(CAR,0,2)  
FUNC Traffic_SetRoute(CAR,ENDROUTE_REMOVE,EndPosition)
```

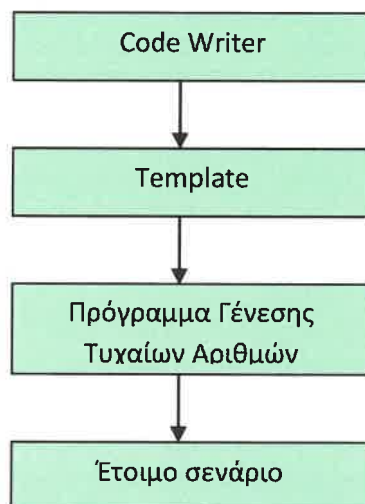
Η πρώτη γραμμή κώδικα ορίζει μια μεταβλητή που κρατάει μια αναφορά στο συγκεκριμένο όχημα. Ορίζονται στη συνέχεια δύο σημεία που καθορίζουν την αρχική και την τελική θέση του οχήματος αυτού. Κατά αυτόν τον τρόπο ορίζεται η

πορεία που θα ακολουθήσει το όχημα. Η συνάρτηση `Traffic_InsertVehicle` καθορίζει τον τύπο οχήματος που θα εισαχθεί. Το `Traffic_SetSpeed` ορίζει την ταχύτητα του και τέλος το `Traffic_SetRoute` τη διαδρομή που θα ακολουθήσει το όχημα μέσα στον ψηφιακό κόσμο.

Για τα 43 επιτρεπτά οχήματα απαιτούνται 216 γραμμές κώδικα δεδομένου του ότι τυχαίνει να έχουν κοινή θέση τερματισμού (`EndPosition`). Η δοκιμή λοιπόν ενός τέτοιου σεναρίου απαιτεί πολύ χρόνο και ενέχει μεγάλο κίνδυνο να γίνει κάποιιο λάθος. Αυτή ακριβώς η λειτουργία αντικαταστάθηκε από την εκτέλεση του προγράμματος `Code Writer`. Τρέχοντας το πρόγραμμα εξάγεται ένα αρχείο κειμένου που περιέχει τον απαιτούμενο κώδικα. Να σημειωθεί ότι στο προγραμματιστικό περιβάλλον δεν μπορεί να γίνει εισαγωγή των αυτοκινήτων στα πλαίσια ενός βρόχου (`loop`) γιατί δεν υποστηρίζεται η δυναμική εισαγωγή αντικειμένων μέσα στο πρόγραμμα.

3.7.5 Δημιουργία ενός σεναρίου

Η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου σεναρίου απαρτίζεται από τα ακόλουθα βήματα, τα οποία φαίνονται στο Σχήμα 3.3:



ΣΧΗΜΑ 3.3: Διαδικασία παραγωγής σεναρίων

Το `Code Writer` συντάσσει το μεγαλύτερο κομμάτι του κώδικα και το αποθηκεύει σε ένα πρότυπο (`template`). Το πρότυπο αυτό υπολείπεται μόνο των τιμών για τη ταχύτητα που σηματοδοτούνται από το χαρακτήρα «~». Εν συνεχεία αυτοί οι

χαρακτήρες αντικαθίστανται με τυχαίους αριθμούς από το πρόγραμμα γένεσης τυχαίων αριθμών και το πείραμα είναι έτοιμο για να εισαχθεί στο προγραμματιστικό περιβάλλον του προσομοιωτή. Το έτοιμο πείραμα που παράγεται θα μελετηθεί στο επόμενο εδάφιο ενώ ο κώδικας του Code Writer εμπεριέχεται στο Παράρτημα II.

Εν κατακλείδι το λογισμικό αυτό πρακτικά αυξάνει δραστικά την αποδοτικότητα του προγραμματισμού και μειώνει στο ελάχιστο τα λάθη καθώς επιτρέπει την αυτόματη παραμετρική τοποθέτηση οχημάτων εντός του εικονικού κόσμου. Ένα από τα πιο περιορισμένα αγαθά σε μια έρευνα είναι ο χρόνος. Το ενδιαφέρον αυτού του προγράμματος έγκειται στο ότι τα οφέλη στην εξοικονόμηση χρόνου είναι μετρήσιμα, επιτρέποντας μια ταχύτητα προγραμματισμού 216 φορές γρηγορότερη από αυτή του προγραμματιστικού περιβάλλοντος του προσομοιωτή. Είναι ένα πρόγραμμα ικανό να ξεπεράσει τα όρια του προσομοιωτή και να επιτρέψει την πολυπλοκότητα του πειράματος.

3.7.6 Σενάριο οδήγησης

Το πείραμα οδήγησης που δημιουργήθηκε έχει φτιαχτεί για τη μέτρηση κάποιων μεταβλητών για τη διαδικασία της προσπέρασης. Το πείραμα αποσκοπεί στο να μελετήσει τη πραγματική συμπεριφορά των οδηγών στους δρόμους και όχι να τους επιβάλλει κάποια συγκεκριμένη συμπεριφορά. Οι συμμετέχοντες στο πείραμα αφήνονται ελεύθεροι να οδηγήσουν όπως κρίνουν και δεν τους δίνεται η οδηγία να προσπεράσουν εσκεμμένα. Αυτό γίνεται για να είναι όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστική η οδηγική συμπεριφορά των οδηγών και για τη σωστότερη ανάπτυξη ενός πρότυπου που περιγράφει αυτή ακριβώς τη συμπεριφορά.

Το σενάριο ξεκινάει με το προς μελέτη όχημα στάσιμο. Τα υπόλοιπα αυτοκίνητα στη διαδρομή είναι επίσης ακινητοποιημένα και δίνεται χρόνος στο συμμετέχοντα να προσαρμόσει τον προσομοιωτή (π.χ. το κάθισμα, τους καθρέφτες και τη ζώνη) στις προτιμήσεις του. Στη συνέχεια ο συμμετέχων είναι έτοιμος να ανάψει τη μηχανή του αυτοκινήτου και να ξεκινήσει τη διαδρομή. Όταν το αυτοκίνητο ξεπεράσει την ταχύτητα των 5χλμ/ώρα, ο κόσμος τίθεται σε κίνηση και όλα τα άλλα οχ μέσα στο χάρτη επιταχύνουν σταδιακά μέχρι να φτάσουν την τελική τους ταχύτητα που έχει οριστεί.

Όπως έχει αναφερθεί, οι μεταβλητές που μετρώνται κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος είναι αυτές που παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 3.3 και οι

οποίες θα χρησιμοποιηθούν για την τελική διαμόρφωση της βάσης δεδομένων. Ο τρόπος κωδικοποίησης όλων των μετρήσεων περιγράφεται σε επόμενο εδάφιο της εργασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3: Μεταβλητές που μετρώνται κατά τη διάρκεια του σεναρίου οδήγησης

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

Αυτές οι μεταβλητές μετρώνται καθ' όλη τη διάρκεια οδήγησης του σεναρίου ανά 33ms και αποθηκεύονται σε ένα αρχείο αποθήκευσης (logfile) που δημιουργείται μετά το πέρας του πειράματος οδήγησης.

Η λογική του πειράματος είναι η εξής: η διαδικασία της προσπέρασης σε μία υπεραστική οδό με μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση χωρίς διαχωριστική νησίδα, αναγκάζει τον οδηγό να εισέλθει στο αντίθετο ρεύμα προκειμένου να πραγματοποιήσει τον ελιγμό και να βρεθεί μπροστά από το προπορευόμενο όχημα του. Το εμπόδιο, καθώς και η πηγή του κινδύνου στο να προσπεράσει κανείς σε ένα τέτοιο οδικό τμήμα είναι η ύπαρξη της επερχόμενης κυκλοφορίας. Έτσι, το να ολοκληρωθεί επιτυχώς μια προσπέραση απαιτεί ένα επαρκές κενό, δημιουργούμενο από τα αυτοκίνητα του αντίθετου ρεύματος. Για αυτό το πείραμα κάθε κενό θεωρείται και μια ευκαιρία για προσπέραση. Κάθε τέτοια ευκαιρία αρχίζει όταν ένα επερχόμενο όχημα βρίσκεται δίπλα από το υπό εξέταση όχημα. Τη στιγμή που θα περάσει το επόμενο όχημα της αντίθετης κατεύθυνσης η ευκαιρία τελειώνει και αρχίζει η επόμενη. Η στιγμή που το εξεταζόμενο όχημα βρίσκεται δίπλα στο επερχόμενο είναι εξαιρετικά σημαντική για την παρούσα έρευνα και για αυτό το

λόγο έχει δημιουργηθεί η μεταβλητή «NextToOncomingCar». Αυτή η μεταβλητή είναι διακριτή και παίρνει την τιμή 1 τη στιγμή που τα δύο αυτοκίνητα βρίσκονται δίπλα το ένα στο άλλο. Η μεταβλητή αυτή ανήκει σε μια ομάδα μεταβλητών που έχουν δημιουργηθεί για τη διευκόλυνση της στατιστικής επεξεργασίας που θα ακολουθήσει την ολοκλήρωση των πειραμάτων. Αυτές οι μεταβλητές θα αναλυθούν κατά τη διάρκεια της επεξήγησης του σεναρίου και συνοψίζονται στον Πίνακα 3.4.

Έχοντας ορίσει την έννοια της ευκαιρίας για προσπέραση δημιουργούνται διαφορετικές υποπεριπτώσεις που μπορούν να παρατηρηθούν. Ο οδηγός του σεναρίου μην έχοντας συγκεκριμένες οδηγίες μπορεί να μην προσπεράσει καθόλου ή αντιθέτως να προσπεράσει πολλά περισσότερα οχήματα από ένα.

Το σενάριο είναι απολύτως ικανό να χειριστεί όλες αυτές τις υποπεριπτώσεις. Χρειάστηκε όμως να οριστεί καλύτερα η έννοια της προσπέρασης. Αυτή υλοποιήθηκε με τη σύγκριση της θέσης του υπό εξέταση οχήματος με το προπορευόμενο του. Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του σεναρίου μέσα στα 33ms που παίρνει ένας βρόχος του σεναρίου, υπολογίζονται όλες οι θέσεις των προπορευόμενων οχημάτων. Η θέση του εξεταζόμενου συγκρίνεται με τις θέσεις των υπόλοιπων οχημάτων και ορίζεται ένας μετρητής που δηλώνει πόσα αυτοκίνητα έχουν ήδη προσπεραστεί. Αυτή η μεταβλητή έχει ονομαστεί «CarsOvertaken» και παίρνει ακέραιες τιμές.

Συνδυάζοντας τις πληροφορίες του πότε ξεκινάει ένα κενό και του πόσα αυτοκίνητα έχουν προσπεραστεί επιτρέπεται εύκολα η ανάλυση του σεναρίου. Δίνουν στον ερευνητή καθαρά μια γενική εικόνα του τι έγινε μέσα σε 1s ευκαιρία προσπέρασης. Μια καίρια πληροφορία που συγκεκριμενοποιεί την εικόνα που σχηματίζουν οι μεταβλητές είναι το πότε ο οδηγός του υπό εξέταση οχήματος περνάει στο απέναντι ρεύμα. Αυτό είναι μια απαραίτητη προϋπόθεση για να προσπεράσει κάποιος μέσα στον εικονικό κόσμο αλλά και να μπορεί κάποιος να βγει στο αντίθετο ρεύμα χωρίς να προσπεράσει είτε από απροσεξία, είτε από μια αποτυχημένη προσπάθεια προσπέρασης. Έτσι δημιουργήθηκε η μεταβλητή «MoveIntoOppositeLane». Είναι πάλι δυαδική στη φύση της και παίρνει την τιμή 1 όταν ο μπροστινός αριστερός τροχός περάσει τη διαχωριστική γραμμή.

Προς στιγμή οι τρεις αυτές επιπλέον μεταβλητές («NextToOncoming», «CarsOvertaken», «MoveIntoOppositeLane») βοηθούν στον προσδιορισμό της ευκαιρίας προσπέρασης, δείχνουν το κατά πόσο το υπό εξέταση όχημα βγήκε στο αντίθετο ρεύμα και επίσης το πόσα αυτοκίνητα έχουν προσπεραστεί. Αυτό καλύπτει

τις περισσότερες υποπεριπτώσεις αλλά το ενδεχόμενο των πολλαπλών προσπεράσεων εντός μια ευκαιρίας προσπέραση χρειάζεται μεγαλύτερο βαθμό ανάλυσης.

Για παράδειγμα, όταν ο οδηγός επιλέγει να προσπεράσει δύο συνεχόμενα οχήματα εντός της ίδιας ευκαιρίας προσπέρασης χωρίς να επιστρέψει στη λωρίδα του ενδιάμεσα παρατηρείται η ακόλουθη διαδικασία. Αρχικά πλησιάζει ένα επερχόμενο όχημα. Μόλις περάσει δίπλα από το εξεταζόμενο αρχίζει η ευκαιρία του να προσπεράσει. Ο οδηγός σταθμίζει την ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος καθώς και το διαθέσιμο κενό στην επερχόμενη κυκλοφορία και παίρνει την απόφαση να προσπεράσει. Το όχημα έχει μπει λοιπόν στο αντίθετο ρεύμα. Όταν φτάσει δίπλα στο υπό προσπέραση αυτοκίνητο ο οδηγός έχει ορατότητα του επόμενου προπορευόμενου οχήματος και ξανασταθμίζει την καινούρια του ευκαιρία. Το νέο κενό που δημιουργείται με το επερχόμενο όχημα είναι μικρότερο από πριν και παράλληλα το νέο υπό προσπέραση όχημα κινείται με διαφορετική ταχύτητα από αυτό που μόλις προσπεράστηκε. Έτσι σε αυτό το σενάριο λαμβάνονται δύο αποφάσεις προσπέρασης. Μια όταν το υπό εξέταση όχημα βγήκε στο αντίθετο ρεύμα, γεγονός που μετριέται με τη μεταβλητή «MoveIntoOppositeLane» και μία όταν βρέθηκε δίπλα στο πρώτο υπό προσπέραση αυτοκίνητο. Αυτό το σενάριο αναλύεται σαν δύο μετρήσεις και αντίστοιχα φυσικά ο αριθμός των αυτοκινήτων που προσπεράστηκαν εντός μιας ευκαιρίας προσπέρασης αντιστοιχεί στον ίδιο αριθμό μετρήσεων.

Το παραπάνω σενάριο παρουσιάζει την ανάγκη μιας δεύτερης μέτρησης την καίρια στιγμή που το υπό εξέταση όχημα βρίσκεται δίπλα στο υπό προσπέραση όχημα. Αυτή η στιγμή είναι διακριτή επειδή η μεταβλητή «CarsOvertaken» αλλάζει τιμή. Όμως για την καλύτερη αναγνωσιμότητα των αρχείων αποθήκευσης δημιουργήθηκε μια τέταρτη μεταβλητή ονόματι «NextToHeadwayCar» που παίρνει την τιμή 1 μόνο όταν τα δύο αυτοκίνητα βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο.

Για να ολοκληρωθεί το θέμα των βοηθητικών μεταβλητών υπολείπεται η εξήγηση δύο ακόμα μεταβλητών: το «H_REF» και το «O_REF». Οι μεταβλητές αυτές είναι πολύ χρήσιμες στην ανάγνωση των αρχείων αποθήκευσης. Και οι δύο μεταβλητές είναι ακέραιοι μετρητές που αντιστοιχούν στα δύο ρεύματα κυκλοφορίας και ορίζουν σε ποιο αυτοκίνητο αντιστοιχούν οι μετρήσεις. Όταν δηλαδή καταγράφεται στο αρχείο μια απόσταση από κάποιο όχημα, είναι σαφές σε ποιο όχημα αναφέρεται. Το H_REF αναφέρεται στη λωρίδα του υπό εξέταση οχήματος και το O_REF αντίστοιχα στην απέναντι. Παραδείγματος χάρη, στο αρχείο καταγράφεται το

«HeadwayDistance» (απόσταση από το προπορευόμενο όχημα) κάθε 33 ms οδηγώντας σε ένα τυπικό αρχείο αποθήκευσης μήκους 5.500 γραμμών. Όταν απομονώνεται μία από αυτές τις γραμμές, η μεταβλητή H_REF υποδηλώνει σε ποιο όχημα αναφέρεται αυτή η μέτρηση. Αντίστοιχα θα συνέβαινε και με μία μέτρηση στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας με τη μεταβλητή O_REF.

3.7.7 Αρχεία αποθήκευσης δεδομένων (Logfiles)

Έχοντας αναλύσει όλες τις μεταβλητές, ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει ακριβώς πως αποθηκεύονται οι μεταβλητές στο αρχείο αποθήκευσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4: Μεταβλητές που αποθηκεύονται στα αρχεία δεδομένων

A/A	Μεταβλητές	Επεξήγηση
0	Time	Ο αριθμός από millisecond που έχουν περάσει από την αρχή του σεναρίου
1	x-pos	Οι καρτεσιανές συντεταγμένες της θέσης του υπό εξέταση οχήματος
2	y-pos	
3	z-pos	
4	Speed	Η ταχύτητα του υπό εξέταση οχήματος
5	Acceleration	Η επιτάχυνση του υπό εξέταση οχήματος
6	Dist	Η απόσταση του υπό εξέταση οχήματος από την αφετηρία
7	Track	Η απόσταση από το κέντρο του υπό εξέταση οχήματος μέχρι την διαχωριστική γραμμή του δρόμου
8	MovedIntoOpositeLane	Σηματοδοτεί την μετακίνηση του υπό εξέταση αυτοκινήτου στο αντίθετο ρεύμα
9	H_REF	Μετρητής αντικειμένου αναφοράς για τις μετρήσεις της προς μελέτη λωρίδας
10	NextToHeadwayCar	Σηματοδοτεί τη στιγμή που το υπό μελέτη όχημα

		είναι δίπλα στο προπορευόμενο όχημα
11	CorrectedHeadwaySpeed	Η ταχύτητα του προπορευόμενου αυτοκινήτου
12	CorrectedHeadwayDistance	Η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα
13	Th	Ο χρονικός διαχωρισμός από το προπορευόμενο όχημα
14	O_REF	Μετρητής αντικειμένου αναφοράς για τις μετρήσεις της αντίθετης λωρίδας
15	NextToOncommingCar	Σηματοδοτεί τη στιγμή που το υπό μελέτη όχημα είναι δίπλα στο επερχόμενο όχημα
16	CorrectedOncomingSpeed	Η ταχύτητα του επερχόμενου αυτοκινήτου
17	OncomingDistance	Η απόσταση από το επερχόμενο όχημα
18	To	Ο χρονικός διαχωρισμός από το επερχόμενο όχημα
19	CarsOvertaken	Μετρητής των αυτοκινήτων που έχουν προσπεραστεί

Η σειρά με την οποία τοποθετούνται στο αρχείο αποθήκευσης οι μεταβλητές έχει σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπουν την εύκολη ανάγνωση των αρχείων. Οι μεταβλητές έχουν κατηγοριοποιηθεί σε τρεις βασικές κατηγορίες. Η πρώτη ομάδα από μεταβλητές αναφέρεται στο υπό εξέταση όχημα. Η επόμενη ομάδα από μεταβλητές αναφέρεται στη λωρίδα του υπό εξέταση οχήματος. Και τέλος, η τρίτη κατηγορία είναι οι μεταβλητές που περιγράφουν την λωρίδα επερχόμενων οχημάτων. Η μεταβλητή «CarsOvertaken» όντας η πιο σημαντική έχει τοποθετηθεί στο τέλος για να εμφανίζεται στην τελευταία στήλη του αρχείου.

3.7.8 Ανάλυση του προγραμματιστικού κώδικα του σεναρίου

Ο κώδικας του σεναρίου παράγεται από το CodeWriter. Ο κώδικας είναι χωρισμένος σε διακριτά τμήματα που θα αναλυθούν σε αυτό το εδάφιο.

Τα πειράματα του προσομοιωτή απαιτούν μια μικρή επικεφαλίδα που ονομάζει το πείραμα, ώστε να εμφανίζεται μέσα στο πρόγραμμα προσομοίωσης. Έτσι ο προγραμματιστικός κώδικας ξεκινάει με τις γραμμές:

```
Name: OVERTAKING  
BEGIN
```

Το «Name» ονομάζει το σενάριο OVERTAKING και το «BEGIN» ορίζει το τέλος της επικεφαλίδας του κώδικα και την αρχή του πειράματος.

3.7.8.1 Δήλωση μεταβλητών

Στη συνέχεια δηλώνονται οι μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν (Πίνακας 3.5). Αυτές οι μεταβλητές είναι κατηγοριοποιημένες σε τρεις βασικές κατηγορίες. Η πρώτη είναι μια γενική κατηγορία που μπαίνει η πληθώρα των μεταβλητών. Οι υπόλοιπες δύο κατηγορίες δηλώνουν τις μεταβλητές που σχετίζονται με κάθε μία από τις δύο λωρίδες του δρόμου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στον προγραμματισμό του σεναρίου οδήγησης

Γενικές Μεταβλητές	Περιγραφή
VAR minspeed 10	Η ταχύτητα που πρέπει να αναπτύξει ο οδηγός για να ενεργοποιηθεί το σενάριο
VAR myobjid 0	Η ταυτότητα του υπό εξέταση οχήματος
VEC startpos 1,180,0	Η θέση που ξεκινάει το υπό εξέταση όχημα. Δρόμος 1 στη θέση 180 σε γωνία 0 μοιρών.
VEC endpos 1,3000,0	Η θέση που τελειώνει το υπό εξέταση όχημα. Δρόμος 1 στη θέση 3.000 σε γωνία 0 μοιρών.
VEC OCARStartPosition 1,180,180	Αρχική θέση από την οποία ξεκινάνε τα επερχόμενα οχήματα.
VEC OCAREndPosition 112,10,0	Τελική θέση στην οποία τερματίζεται η

	διαδρομή των επερχόμενων αυτοκινήτων.
VEC HCAREndPosition 70,40,180	Τελική θέση στην οποία τερματίζεται η διαδρομή των προπορευόμενων αυτοκινήτων.
VAR DummyVar 0	Προσωρινή μεταβλητή ανούσια ως προς τη λειτουργία του σεναρίου. Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με μια συνάρτηση που επιστρέφει δύο αποτελέσματα αλλά χρησιμοποιείται μόνο το ένα.
VAR MyAcceleration 0	Η επιτάχυνση του υπό εξέταση οχήματος.
VAR MySpeed 0	Η ταχύτητα του υπό εξέταση οχήματος.
VAR Headway	Προσωρινή μεταβλητή για την απόσταση από το προπορευόμενο όχημα.
VAR AheadDistance	Προσωρινή μεταβλητή για την απόσταση από το προπορευόμενο όχημα.
VAR AheadSpeed	Προσωρινή μεταβλητή για την ταχύτητα από το προπορευόμενο όχημα.
VAR OncomeDistance	Προσωρινή μεταβλητή για την απόσταση από το επερχόμενο όχημα.
VAR OncomeSpeed	Προσωρινή μεταβλητή για την ταχύτητα από το επερχόμενο όχημα.
VAR MovedIntoOpositeLane 0	Σηματοδοτεί την μετακίνηση του υπό εξέταση αυτοκινήτου στο αντίθετο ρεύμα.
VAR NextToHeadwayCar 0	Σηματοδοτεί τη στιγμή που το υπό μελέτη όχημα είναι δίπλα στο προπορευόμενο όχημα.
VAR NextToOncomingCar 0	Σηματοδοτεί τη στιγμή που το υπό μελέτη όχημα είναι δίπλα στο επερχόμενο όχημα.
VAR CarsOvertaken 0	Ο αριθμός των οχημάτων που έχουν προσπεραστεί.
VAR HistoryOfCarsOvertaken 0	Η προηγούμενη τιμή που είχε το CarsOvertaken στον προηγούμενο βρόγχο.
VAR Th	Ο χρονικός διαχωρισμός από το προπορευόμενο όχημα.
VAR To	Ο χρονικός διαχωρισμός από το επερχόμενο όχημα.
VAR CorrectedHeadwayDistance	Τελική τιμή της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα.
VAR CorrectedHeadwaySpeed	Τελική τιμή της ταχύτητας του

	προπορευόμενου οχήματος.
VAR CorrectedOncomingSpeed	Τελική τιμή της ταχύτητας του επερχόμενου οχήματος.
VAR H_REF 1	Μετρητής αντικειμένου αναφοράς για τις μετρήσεις της προς μελέτη λωρίδας.
VAR O_REF 1	Μετρητής αντικειμένου αναφοράς για τις μετρήσεις της αντίθετης λωρίδας.
VAR OncomeDistanceHistory	Η προηγούμενη τιμή που είχε η απόσταση από το επερχόμενο όχημα στον προηγούμενο βρόγχο.
Μεταβλητές Επερχόμενου Οχήματος	Περιγραφή
VAR OCAR1	Κάθε αυτοκίνητο μέσα στο χάρτη απαιτεί μια ταυτότητα. Αυτές οι μεταβλητές ορίζουν τις ταυτότητες όλων των επερχόμενων αυτοκινήτων.
VAR OCAR2	
...	
VAR OCAR20	
VEC OCARStartPosition1 1,280,180	Η θέση από τις οποίες ξεκινάνε τα επερχόμενα αυτοκίνητα.
VEC OCARStartPosition2 1,530,180	
...	
VEC OCARStartPosition201,5030,180	
Μεταβλητές Προπορευόμενου Οχήματος	Περιγραφή
VAR HCAR1	Κάθε αυτοκίνητο μέσα στο χάρτη απαιτεί μια ταυτότητα. Αυτές οι μεταβλητές ορίζουν τις ταυτότητες όλων των προπορευόμενων αυτοκινήτων.
VAR HCAR2	
...	
VAR HCAR10	
VEC HCARStartPosition11,280,0	Η θέση από τις οποίες ξεκινάνε τα προπορευόμενα αυτοκίνητα.
VEC HCARStartPosition21,380,0	
...	
VEC HCARStartPosition10 1,1180,0	
	Περιγραφή
VEC PosOfHCar1	Οι μεταβλητές αυτές μετράνε τη θέση στην

VEC PosOfHCar2	οποία βρίσκεται κάθε αυτοκίνητο στη λωρίδα του υπό εξέταση αυτοκινήτου έτσι ώστε να μπορεί να υπολογιστεί ο αριθμός των οχημάτων που έχουν προσπεραστεί.
...	
VEC PosOfHCar10	

3.7.8.2 Οργάνωση αρχείων δεδομένων (Logfile Setup)

```

FUNC Logfile_Reset(4)
FUNC Logfile_SetRate(33)
SLEEP 0
FUNC Logfile_AddScriptVariable(3,"MySpeed","Speed",0)
FUNC Logfile_AddScriptVariable(4,"MyAcceleration","Acceleration",0)
FUNC
Logfile_AddScriptVariable(7,"MovedIntoOpositeLane","MovedIntoOpositeLane",0)
FUNC Logfile_AddScriptVariable(8,"H_REF","H_REF",0)
FUNC
Logfile_AddScriptVariable(9,"NextToHeadwayCar","NextToHeadwayCar",0)
FUNC
Logfile_AddScriptVariable(10,"CorrectedHeadwaySpeed","CorrectedHeadwaySpeed",0)
FUNC
Logfile_AddScriptVariable(11,"CorrectedHeadwayDistance","CorrectedHeadwayDistance",0)
FUNC Logfile_AddScriptVariable(12,"Th","Th",0)
FUNC Logfile_AddScriptVariable(13,"O_REF","O_REF",0)
FUNC
Logfile_AddScriptVariable(14,"NextToOncomingCar","NextToOncomingCar",0)
FUNC
Logfile_AddScriptVariable(15,"CorrectedOncomingSpeed","CorrectedOncomingSpeed",0)
FUNC
Logfile_AddScriptVariable(16,"OncomeDistance","OncomeDistance",0)
FUNC Logfile_AddScriptVariable(17,"To","To",0)
FUNC Logfile_AddScriptVariable(18,"CarsOvertaken","CarsOvertaken",0)
FUNC Logfile_Reset(1)
SLEEP 0

```

Το παραπάνω τμήμα του προγραμματιστικού κώδικα ορίζει στο πρόγραμμα πως θα εμφανίζονται οι μεταβλητές στο αρχείο δεδομένων. Η εντολή «LogfileReset(4)» επαναφέρει το αρχείο δεδομένων στις εργοστασιακές του ρυθμίσεις. Οι μεταβλητές που προσθέτονται αντικαθιστούν κάποιες από τις εργοστασιακές μεταβλητές που δεν χρησιμοποιούνται στα πλαίσια αυτής της μελέτης. Η εντολή «Logfile_SetRate(33)» θέτει τον ρυθμό με τον οποίο αποθηκεύονται οι τιμές στο αρχείο δεδομένων ορίζοντας ότι θα γράφεται μια γραμμή κάθε 33ms. Η εντολή «Logfile_AddScriptVariable» ορίζει τη θέση μιας στήλης, το όνομα της και μια

μεταβλητή που θα καταγράφεται σε αυτή. Αφού οριστούν όλες οι μεταβλητές δίνεται η εντολή «Logfile_Reset(1)» που σβήνει το παλαιό αρχείο δεδομένων και ξεκινάει ένα καινούριο.

Το «SLEEP 0» είναι μια εντολή που χρησιμοποιείται συχνά μέσα στον προγραμματιστικό κώδικα. Συναντάται στο εγχειρίδιο προγραμματισμού και τοποθετείται μετά από μεγάλες ενότητες κώδικα για να αναγκάζει τον προσομοιωτή να εκτελέσει τις εντολές εσωτερικά πριν από οποιαδήποτε αναβάθμιση της εικόνας που βλέπει ο χρήστης. Σε αυτή την περίπτωση είναι σημαντικό να έχουν οριστεί πρώτα τα αρχεία αποθήκευσης δεδομένων.

3.7.8.3 Διαχείριση σφαλμάτων

```
FUNC Error_SetErrorMode(ERR_TOO_FAST, ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(ERR_BLINKER_NOT_SET, ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(ERR_BELT_NOT_FASTENED, ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(ERR_OVERTAKING_RIGHT, ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(ERR_OVERTAKING, ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(ERR_HEADWAY, ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(ERR_SIDE_WRONG, ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(ERR_OVERTAKING_DANGEROUS, ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(ERR_ENGINE_STALLED, ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(2, ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(3, ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(4, ERRMODE_IGNORE)
...
FUNC Error_SetErrorMode(124, ERRMODE_IGNORE)
```

Ο παραπάνω κώδικας κάνει διαχείριση των μηνυμάτων που εμφανίζονται στον χρήστη κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Όλα τα error messages έχουν απενεργοποιηθεί έτσι ώστε να μην εμφανίζεται κανένα μήνυμα στον πειραματιζόμενο όπως έχει τεθεί στις προδιαγραφές του σεναρίου. Εδώ φαίνεται και η αδυναμία του προγραμματιστικού περιβάλλοντος καθώς χρειάζονται 133 γραμμές κώδικα για να απενεργοποιηθούν όλα τα μηνύματα. Όμως με την συμβολή του Code Writer τέτοιου τύπου προγραμματισμός γίνεται ακαριαία.

3.7.8.4 Ορισμός εικονικού κόσμου

Το επόμενο βήμα που απαιτείται είναι να οριστεί ο εικονικός κόσμος. Αυτό περιλαμβάνει την επιλογή του χάρτη και την τοποθέτηση όλων των οχημάτων μέσα σε αυτόν.

```
FUNC Driver_SetWorld (WORLD_SEGMENTS)
FUNC Driver_SetPositionDirect (startpos)
SLEEP 0
```

Αρχικά επιλέγεται ο χάρτης WORLD_SEGMENTS και ορίζεται η θέση του υπό μελέτη οχήματος από την μεταβλητή «startpos». Εν συνεχεία τοποθετούνται τα οχήματα στη λωρίδα του προς μελέτη αυτοκινήτου. Ορίζεται η ταυτότητα του κάθε οχήματος, η θέση του και η κατεύθυνση στην οποία κοιτά. Επίσης ορίζεται η διαδρομή που θα ακολουθήσει. Μέσω του Traffic_ResetSigns(2) εξαφανίζονται οι φωτεινοί σηματοδότες από τον εικονικό κόσμο.

```
FUNC Traffic_ResetSigns (2)

FUNC HCAR1=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
HCARStartPosition1)
FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR1,0,2)
FUNC Traffic_SetRoute(HCAR1,ENDROUTE_REMOVE,HCAREndPosition)

FUNC HCAR2=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
HCARStartPosition2)
FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR2,0,2)
FUNC Traffic_SetRoute(HCAR2,ENDROUTE_REMOVE,HCAREndPosition)

FUNC HCAR10=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
HCARStartPosition10)
FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR10,0,2)
FUNC Traffic_SetRoute(HCAR10,ENDROUTE_REMOVE,HCAREndPosition)
```

Στη συνέχεια με τον ίδιο τρόπο τοποθετούνται στον εικονικό κόσμο και τα επερχόμενα αυτοκίνητα.

```
FUNC OCAR1=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
OCARStartPosition1)
FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR1,0,2)
FUNC Traffic_SetRoute(OCAR1,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

FUNC OCAR2=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
OCARStartPosition2)
FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR2,0,2)
FUNC Traffic_SetRoute(OCAR2,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)
```

```

FUNC OCAR20=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
OCARStartPosition20)
FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR20,0,2)
FUNC Traffic_SetRoute(OCAR20,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

SLEEP 0

```

Οι θέσεις των αυτοκινήτων ορίζονται μέσα από το Code Writer παραμετρικά. Τα αυτοκίνητα στην λωρίδα του υπό εξέταση οχήματος τοποθετούνται κάθε 100 μέτρα και τα αυτοκίνητα στην απέναντι λωρίδα κάθε 250 μέτρα. Αυτές οι τιμές καθορίστηκαν δοκιμαστικά από ένα μικρό πιλοτικό πρόγραμμα δοκιμών. Οι αποστάσεις αυτές αποτελούν την αρχικοποίηση του κόσμου και όχι τις τελικές τιμές. Εξαιτίας των τυχαίων ταχυτήτων των οχημάτων, οι αποστάσεις μεταξύ των οχημάτων αλλάζουν δυναμικά κατά την εκτέλεση του σεναρίου και ακολουθούν αρνητική εκθετική κατανομή. Επειδή όπως αναφέρθηκε όλα τα αυτοκίνητα ξεκινούν στάσιμα η ταχύτητα τους τίθεται στο 0 από την εντολή «Traffic_SetSpeed».

3.7.8.5 Προετοιμασία πειράματος

```

LABEL prepare
VAR v 0
FUNC v = Driver_GetSpeed()
IF v > minspeed
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR1,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR2,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR3,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR4,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR5,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR6,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR7,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR8,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR9,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR10,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR11,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR12,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR13,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR14,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR15,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR16,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR17,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR18,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR19,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR20,~,1)

    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR1,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR2,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR3,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR4,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR5,~,1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR6,~,1)

```

```

FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR7,~,1)
FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR8,~,1)
FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR9,~,1)
FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR10,~,1)

SLEEP 0
GOTO go
ENDIF
SLEEP 0
GOTO prepare
LABEL go

```

Ο παραπάνω βρόχος κλειδώνει το πρόγραμμα μέσα σε έναν επαναληπτικό βρόχο (GOTO loop) έτσι ώστε ο συμμετέχων στο πείραμα να έχει τη δυνατότητα να προσαρμοστεί και να κάνει όλους τους απαραίτητους ελέγχους του καθίσματος, των καθρεφτών και της ζώνης ασφαλείας πριν από την προσομοίωση. Καθ' όλη αυτή τη διάρκεια το σενάριο εξετάζει την ταχύτητα του υπό εξέταση αυτοκινήτου. Όταν αυτό υπερβεί την τιμή της μεταβλητής «*minspped*» το σενάριο τίθεται σε κίνηση και όλα τα οχήματα μέσα στον κόσμο αρχίζουν να κινούνται. Η συνάρτηση «*Traffic_SetSpeed*» θέτει την ταχύτητα σε κάποια προεπιλεγμένη τιμή. Η τιμή αυτή δεν είναι συμπληρωμένη σε αυτό το κομμάτι κώδικα. Στη θέση της ταχύτητας βρίσκεται ο χαρακτήρας “~” ο οποίος υποδηλώνει στο πρόγραμμα γένεσης τυχαίων αριθμών ότι πρέπει να συμπληρωθεί κάποια τιμή στη θέση αυτού του χαρακτήρα.

3.7.8.6 Βασικός βρόχος (*Main Loop*)

Στη συνέχεια το πρόγραμμα εισάγεται στον βασικό βρόχο που είναι υπεύθυνος για την υλοποίησης της λογικής του σεναρίου. Ο παρακάτω κώδικας επαναλαμβάνεται μέχρι τη λήξη του σεναρίου. Η αρχή του βρόχου ορίζεται από την ετικέτα «*mainloop*» και στο τέλος του προγράμματος ελέγχεται η θέση του υπό εξέταση οχήματος σε σχέση με την θέση που έχει ορίσει ως το τέλος του σεναρίου. Εάν είναι μικρότερη ένας επαναληπτικός βρόχος επιστρέφει την εκτέλεση του προγράμματος πίσω στην ετικέτα *mainloop*. Εάν είναι μεγαλύτερη το σενάριο λήγει.

```

LABEL mainloop

IF mypos.track < 1
    LET MovedIntoOppositeLane 1
ELSE
    LET MovedIntoOppositeLane 0
ENDIF

```


Το παραπάνω κομμάτι κώδικα ελέγχει κατά πόσο ο οδηγός έχει βγει στο αντίθετο ρεύμα. Ανάλογα με τη θέση του οδηγού η μεταβλητή «MovedIntoOppositeLane» τίθεται στις τιμές 1 εάν είναι στο αντίθετο ρεύμα και 0 εάν όχι.

```
LET CarsOvertaken 0
LET CorrectedHeadwaySpeed 0
  FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR1)
  FUNC PosOfHCar1 = Traffic_GetPosition(HCAR1)
  IF mypos > PosOfHCar1
    LET CarsOvertaken 1
    LET H_REF 2
    FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR2)
  ENDIF
  FUNC PosOfHCar2 = Traffic_GetPosition(HCAR2)
  IF mypos > PosOfHCar2
    LET CarsOvertaken 2
    LET H_REF 3
    FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR3)
  ENDIF
  FUNC PosOfHCar3 = Traffic_GetPosition(HCAR3)
  IF mypos > PosOfHCar3
    LET CarsOvertaken 3
    LET H_REF 4
    FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR4)
  ENDIF
  FUNC PosOfHCar4 = Traffic_GetPosition(HCAR4)
  IF mypos > PosOfHCar4
    LET CarsOvertaken 4
    LET H_REF 5
    FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR5)
  ENDIF
  FUNC PosOfHCar5 = Traffic_GetPosition(HCAR5)
  IF mypos > PosOfHCar5
    LET CarsOvertaken 5
    LET H_REF 6
    FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR6)
  ENDIF
  FUNC PosOfHCar6 = Traffic_GetPosition(HCAR6)
  IF mypos > PosOfHCar6
    LET CarsOvertaken 6
    LET H_REF 7
    FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR7)
  ENDIF
  FUNC PosOfHCar7 = Traffic_GetPosition(HCAR7)
  IF mypos > PosOfHCar7
    LET CarsOvertaken 7
    LET H_REF 8
    FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR8)
  ENDIF
  FUNC PosOfHCar8 = Traffic_GetPosition(HCAR8)
```

```

    IF mypos > PosOfHCar8
        LET CarsOvertaken 8
        LET H_REF 9
        FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR9)
    ENDIF
    FUNC PosOfHCar9 = Traffic_GetPosition(HCAR9)
    IF mypos > PosOfHCar9
        LET CarsOvertaken 9
        LET H_REF 10
        FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR10)
    ENDIF
    FUNC PosOfHCar10 = Traffic_GetPosition(HCAR10)
    IF mypos > PosOfHCar10
        LET CarsOvertaken 10
    ENDIF

SLEEP 0

```

Σε αυτό το κομμάτι κώδικα ελέγχονται οι θέσεις όλων των αυτοκινήτων στην λωρίδα του υπό εξέταση οχήματος. Ανάλογα με το πόσα αυτοκίνητα βρίσκονται μπροστά ή πίσω από το υπό εξέταση όχημα καθορίζεται το «CarsOvertaken», δηλαδή ο αριθμός των αυτοκινήτων που έχουν προσπεραστεί. Αντίστοιχα αλλάζει και η τιμή του H_REF που ισούται με το «CarsOvertaken» + 1. Ο λόγος για αυτό είναι ότι αφού προσπεραστεί το πέμπτο αυτοκίνητο «CarsOvertaken» = 5 αλλά οι μεταβλητές που μετρώνται στο ρεύμα του υπό μελέτη οχήματος αναφέρονται πλέον στο όχημα 6. Άρα το H_REF = «CarsOvertaken» + 1 = 6.

```

FUNC MyAcceleration = Driver_GetAcceleration()
FUNC MySpeed = Driver_GetSpeed()
FUNC Headway = Surround_GetHeadway()
FUNC AheadDistance,AheadSpeed = Surround_GetNextAheadDistAndSpeed()
FUNC OncomeDistance,OncomeSpeed =
Surround_GetNextOncomeDistAndSpeed()
CALC CorrectedOncomingSpeed = OncomeSpeed + 0.1
CALC CorrectedHeadwayDistance = Headway + 8.8
CALC CorrectedHeadwaySpeed = CorrectedHeadwaySpeed + 0.1

```

Οι παραπάνω συναρτήσεις διαβάζουν κάποιες από τις μεταβλητές που χρειάζονται για το πείραμα.

```

IF HistoryOfCarsOvertaken <> CarsOvertaken
    LET NextToHeadwayCar 1
ELSE
    LET NextToHeadwayCar 0
ENDIF
LET HistoryOfCarsOvertaken = CarsOvertaken

```

```

LET NextToOncomingCar 0
IF OncomeDistance < 0
    IF OncomeDistanceHistory > 0
        CALC O_REF = O_REF + 1
        LET NextToOncomingCar 1
    ENDIF
ENDIF
LET OncomeDistanceHistory = OncomeDistance

```

Το γεγονός ότι το αρχείο δεδομένων αποθηκεύει μετρήσεις κάθε 33ms δημιούργησε ένα μικρό πρόβλημα στα αρχεία. Το πρόγραμμα είχε σχεδιαστεί να δίνει στις μεταβλητές NextToOncomingCar και NextToHeadwayCar τις τιμές 1 στιγμιαία όταν το υπό εξέταση όχημα ήταν δίπλα στο επερχόμενο όχημα ή αντίστοιχα δίπλα στο προπορευόμενο όχημα. Όμως ο γρήγορος ρυθμός με τον οποίο αποθηκεύονται οι τιμές στο αρχείο αφήνει αυτή την τιμή να διαιωνίζεται για πάνω από μια γραμμή. Έτσι υλοποιήθηκε ο παραπάνω αλγόριθμος που ελέγχει την προηγούμενη ακριβώς τιμή που είχε η μεταβλητή. Κάθε φορά που επαναλαμβάνεται αυτό το κομμάτι του προγραμματιστικού κώδικα η τρέχουσα τιμή αποθηκεύεται στο «HistoryOfCarsOvertaken» και στο «OncomeDistanceHistory» αντίστοιχα. Πριν γίνει αυτό ελέγχεται το κατά πόσο η καινούρια τιμή είναι επανάληψη της παλαιάς και έτσι τα αποτελέσματα στο αρχείο δεδομένων αποτυπώνονται σαν στιγμιαία γεγονότα.

```

VAR TEMP 0
IF MySpeed > 0
    CALC TEMP = MySpeed * 0.27778
    CALC Th = CorrectedHeadwayDistance / TEMP
    CALC To = OncomeDistance / TEMP
ENDIF

```

Στο κομμάτι αυτό υπολογίζονται οι χρονικοί διαχωρισμοί μεταξύ των αυτοκινήτων. Η ταχύτητα του υπό εξέταση οχήματος αποθηκεύεται στην μεταβλητή «TEMP». Η ταχύτητα αυτή είναι σε μονάδες χλμ/ώρα και πρέπει να μετατραπεί σε μέτρα/δευτερόλεπτα. Ο αριθμός που χρησιμοποιήθηκε για τη μετατροπή αυτή είναι 0.27778, ο οποίος αντιπροσωπεύει το κλάσμα 1.000 μέτρα / 3.600 δευτερόλεπτα. Σν συνέχεια με βάση τον τύπο $V = S/T \rightarrow T = S/V$ υπολογίζεται ότι ο χρονικός διαχωρισμός βγαίνει διαιρώντας την απόσταση με την ταχύτητα. *Σημείωση:* Πριν από αυτή την διαίρεση το πρόγραμμα ελέγχει ότι η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη του μηδενός για να αποφευχθεί το σφάλμα της διαίρεσης με το μηδέν.

```

//FUNC System_SetText(MySpeed)
//FUNC System_SetText(MyAcceleration)
//FUNC System_SetText(MovedIntoOpositeLane)

```

```

//FUNC System_SetText(H_REF)
//FUNC System_SetText(NextToHeadwayCar)
//FUNC System_SetText(CorrectedHeadwaySpeed)
//FUNC System_SetText(CorrectedHeadwayDistance)
//FUNC System_SetText(Th)
//FUNC System_SetText(O_REF)
//FUNC System_SetText(NextToOncomingCar)
//FUNC System_SetText(CorrectedOncomingSpeed)
//FUNC System_SetText(CorrectedOncomingDistance)
//FUNC System_SetText(To)
//FUNC System_SetText(CarsOvertaken)
//FUNC System_SetText()
//FUNC System_SetText()

```

Στην υλοποίηση ενός σεναρίου μήκους 800 περίπου γραμμών κώδικα ο εντοπισμός κάποιου λάθους είναι πολύ δύσκολος. Για αυτό τον λόγο δημιουργήθηκε ένα υποπρόγραμμα εντοπισμού σφαλμάτων που απεικονίζει τις τιμές των μεταβλητών στην οθόνη κατά την εκτέλεση του σεναρίου. Αυτό επιτρέπει τον εντοπισμό ανωμαλιών στις τιμές των μεταβλητών και παραπέμπει στο σημείο που εντοπίζεται το πιθανό σφάλμα. Οι παραπάνω συναρτήσεις ξεκινούν με τους χαρακτήρες «//» που πρακτικά τις απενεργοποιεί έτσι ώστε να μην εμφανίζονται στην τελική έκδοση του σεναρίου.

```

IFONCE mypos > endpos
    GOTO ends
ENDIF

GOTO mainloop

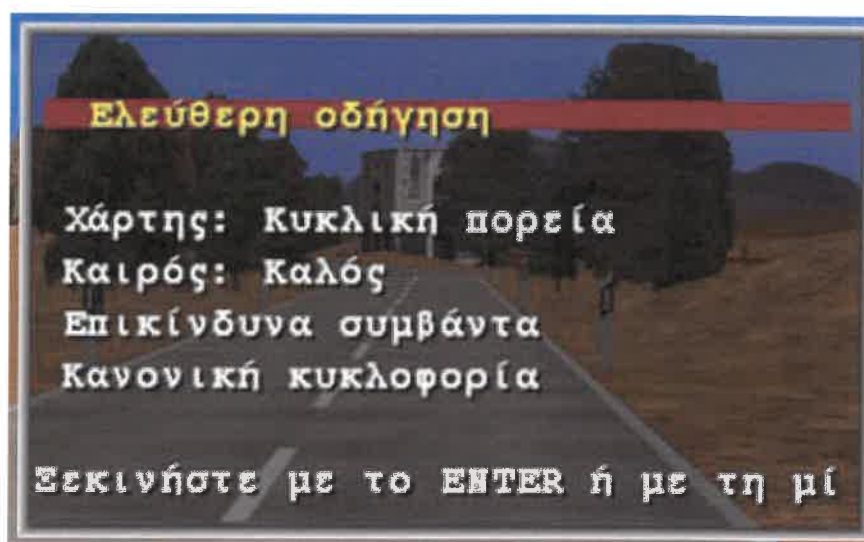
LABEL ends
    FUNC System_Stop()
END

```

Ο τελικός έλεγχος που γίνεται από το πρόγραμμα είναι το κατά πόσο το υπό εξέταση όχημα έχει περάσει το σημείο τερματισμού. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω αυτό το κομμάτι κώδικα σπάει τον βασικό βρόγχο και το σενάριο σταματάει.

3.8 Εφαρμογή του πειράματος

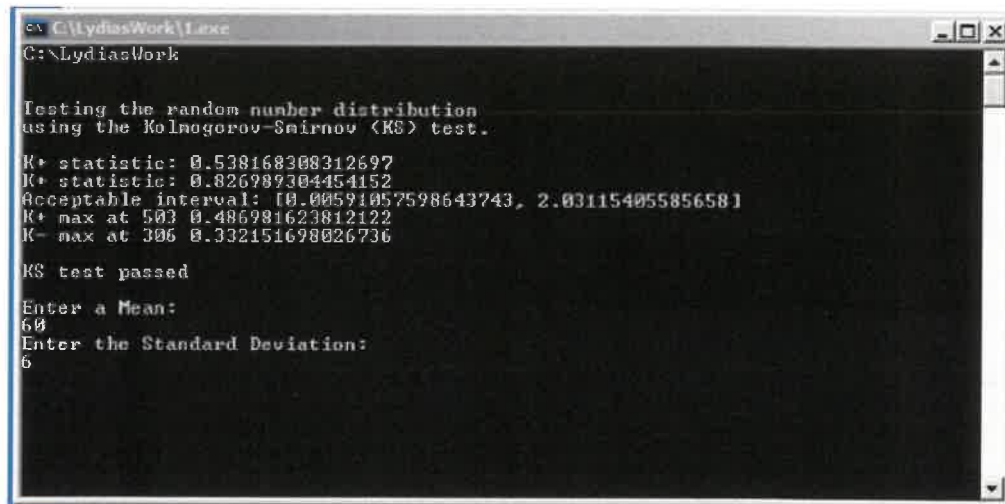
Τα πειράματα έλαβαν χώρα στο εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου μεταξύ μέσα Απριλίου και αρχές Μαΐου του 2010. Μετά το τέλος του κάθε πειράματος, οι συνολικά 57 συμμετέχοντες, κλήθηκαν να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο. Ο συντονιστής του πειράματος παρέμεινε παρών στην αίθουσα καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Με την άφιξη του κάθε συμμετέχοντα, στο εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής, αρχικά γινόταν μία συνοπτική παρουσίαση του προσομοιωτή. Για την ὀρθή ολοκλήρωση της διαδικασίας, ζητήθηκε από όλους τους συμμετέχοντες να διατηρήσουν την πραγματική οδηγική συμπεριφορά τους και να μην επηρεαστούν, στο βαθμό που αυτό είναι δυνατό, από το περιβάλλον προσομοίωσης. Στη συνέχεια, λάμβαναν θέση στον προσομοιωτή και αφού έκαναν τις απαραίτητες ρυθμίσεις (θέση καθίσματος, ζώνη ασφαλείας κλπ.) ξεκινούσαν να οδηγούν το σενάριο «ελεύθερη οδήγηση» (Εικόνα 3.9) έτσι ώστε να τους δοθεί η ευκαιρία να συνηθίσουν τον προσομοιωτή (κιβώτιο ταχυτήτων, πεντάλ, τιμόνι, προσομοιωμένο περιβάλλον οδήγησης κλπ.).



ΕΙΚΟΝΑ 3.9: Επιλογή σεναρίου «ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΟΔΗΓΗΣΗ»

Όταν οι οδηγοί ένιωθαν αρκετή εξοικείωση και αυτοπεποίθηση με το μηχανήμα, ενημέρωναν τον συντονιστή για να γίνει η έναρξη του κανονικού πειράματος. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι οι συμμετέχοντες είχαν την ευκαιρία να θέσουν τυχόν απορίες που είχαν σχετικά με το τι πρέπει να κάνουν, τον προσομοιωτή κλπ. Ο συντονιστής στη συνέχεια έθετε τις κατάλληλες τιμές για τη

ταχύτητα, την οποία θα είχαν τα οχήματα του οδικού δικτύου που συμμετείχαν στο τμήμα της διαδρομής που θα οδηγούσε ο συμμετέχων. Έθετε τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση της ταχύτητας (Εικόνα 3.10). Αυτό το βήμα είναι σημαντικό για το ρεαλισμό του πειράματος για να παίρνουν τα οχήματα τυχαίες τιμές για την ταχύτητά τους, οι οποίες ακολουθούν την κανονική κατανομή, όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο του προγραμματισμού του προσομοιωτή.



```
C:\LydiasWork\Lexa
C:\LydiasWork

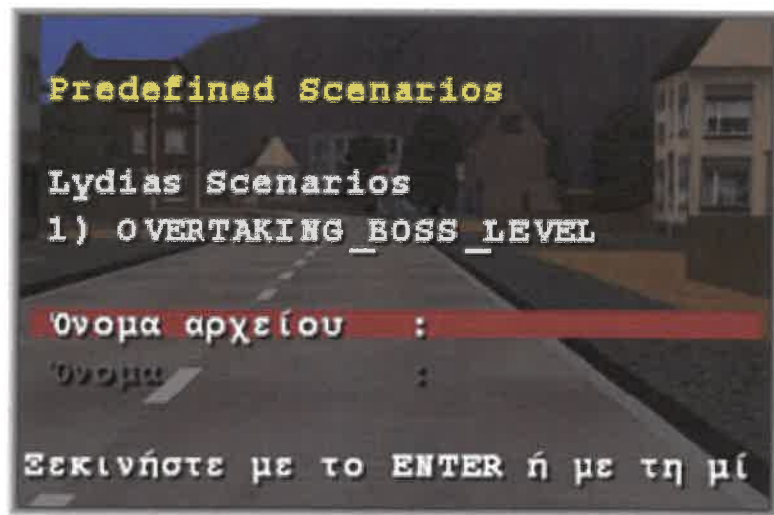
Testing the random number distribution
using the Kolmogorov-Smirnov (KS) test.

K+ statistic: 0.538168308312697
K+ statistic: 0.826989304454152
Acceptable interval: [0.00591057598643743, 2.031154055856581]
K+ max at 503 0.486981623812122
K- max at 306 0.332151698026736

KS test passed

Enter a Mean:
60
Enter the Standard Deviation:
6
```

ΕΙΚΟΝΑ 3.10: Οθόνη εισαγωγής μέσης τιμής ταχύτητας και τυπικής απόκλισης
Τέλος, επιλεγόταν το σενάριο οδήγησης (Εικόνα 3.11) που σχεδιάστηκε από τον ερευνητή και ξεκινούσε το κανονικό πείραμα.



ΕΙΚΟΝΑ 3.11: Επιλογή σεναρίου οδήγησης

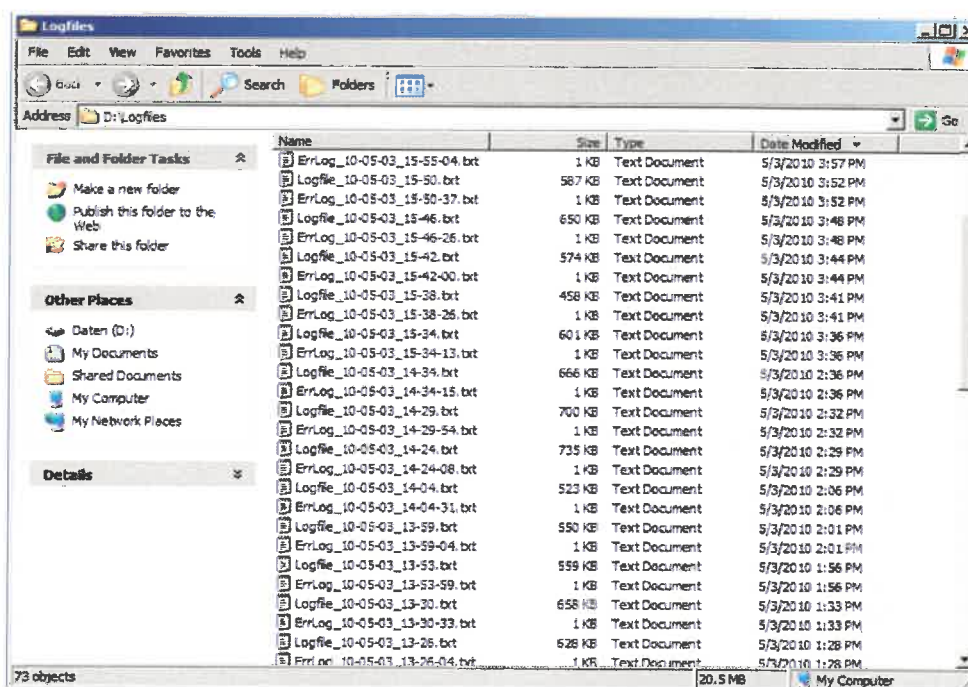
Ο κάθε οδηγός, ολοκλήρωνε μια διαδρομή 3 km σε υπεραστική οδό και αποφάσιζε για το αν η ταχύτητα των προπορευόμενων οχημάτων του ήταν ικανοποιητική ή

επιθυμούσε να πραγματοποιήσει προσπεράσεις προκειμένου να προσεγγίσει την επιθυμητή σε αυτόν ταχύτητα.

Μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του πειράματος, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να απαντήσουν ένα ερωτηματολόγιο (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι) που αφορούσε στα δημογραφικά στοιχεία του οδηγού, στην αξιολόγηση του προσομοιωτή αλλά και στην αξιολόγηση της πραγματικής οδηγικής συμπεριφοράς του οδηγού στο πραγματικό οδικό δίκτυο.

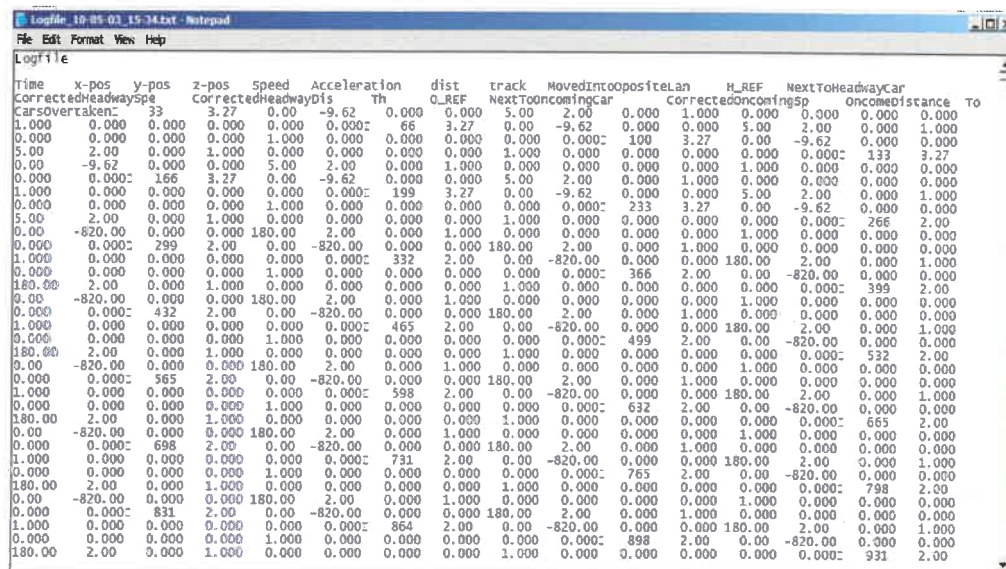
3.9 Αποθήκευση δεδομένων

Μετά το πέρας κάθε πειράματος, η αποθήκευση των αριθμητικών δεδομένων που εξάγονταν από αυτό, γινόταν αυτόματα από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή του προσομοιωτή. Τα δεδομένα αποθηκεύονταν στο φάκελο «D:/Logfiles» σε μορφή κειμένου (*.txt) και από εκεί αντιγράφονταν και μεταφέρονταν σε φορητή μονάδα αποθήκευσης (USB stick) για να γίνει η επεξεργασία του από τον ερευνητή. Επισημαίνεται ότι ο ερευνητής σημείωνε την ώρα έναρξης του κάθε πειράματος σε ειδική βάση δεδομένων μαζί με τον κωδικό αριθμό κάθε συμμετέχοντα, για να είναι ευκολότερος ο εντοπισμός των κατάλληλων αρχείων ανάμεσα σε όλα όσα αποθήκευε συνολικά ο ηλεκτρονικός υπολογιστής του προσομοιωτή (Εικόνα 3.12).



ΕΙΚΟΝΑ 3.12: Αποθήκευση εισαχθέντων δεδομένων από τον προσομοιωτή

Αρχικά καταγράφονταν, οι είκοσι προγραμματισμένες μεταβλητές, όπως αυτές αναλύθηκαν στο κεφάλαιο που αφορούσε στον προγραμματισμό του σεναρίου και η τελική τους μορφή στο αρχείο των εξαγόμενων δεδομένων ήταν αυτή που φαίνεται στην Εικόνα 3.13.

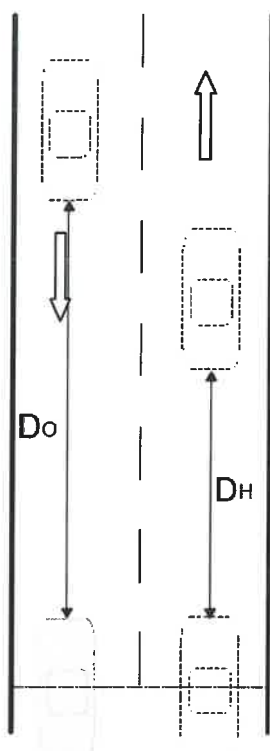


Time	x-pos	y-pos	z-pos	Speed	Acceleration	dist	track	Moved into	opposite	lan	H_REF	Next to	Headway	Car	On	come	distance	To
corrected	headway	sp	corrected	headway	dis	th	0_REF	Next to	on	coming	sp	Next to	Headway	Car	On	come	distance	To
Carsoveraken:	33	3.27	0.00	-9.62	0.000	0.000	5.00	-9.62	0.000	1.000	0.000	5.00	2.00	0.000	0.000	0.000	1.000	
1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	66	3.27	0.00	0.000	0.000	5.00	2.00	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.00	2.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
5.00	2.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.00	-9.62	0.000	0.000	5.00	2.00	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.000	0.000	166	3.27	0.00	-9.62	0.000	0.000	5.00	2.00	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	199	3.27	0.00	-9.62	0.000	0.000	5.00	2.00	0.000	0.000	0.000	1.000	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	233	3.27	0.00	-9.62	0.000	0.000	0.000	
5.00	2.00	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.00	
0.00	-820.00	0.000	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.000	0.000	299	2.00	0.00	-820.00	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	332	2.00	0.00	-820.00	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
180.00	2.00	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.00	
0.00	-820.00	0.000	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.000	0.000	432	2.00	0.00	-820.00	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	465	2.00	0.00	-820.00	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	0.000	0.000	1.000	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
180.00	2.00	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.00	
0.00	-820.00	0.000	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.000	0.000	565	2.00	0.00	-820.00	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	598	2.00	0.00	-820.00	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	0.000	0.000	1.000	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
180.00	2.00	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.00	-820.00	0.000	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.000	0.000	698	2.00	0.00	-820.00	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	731	2.00	0.00	-820.00	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	0.000	0.000	1.000	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
180.00	2.00	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	2.00	
0.00	-820.00	0.000	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.000	0.000	831	2.00	0.00	-820.00	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	
1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	864	2.00	0.00	-820.00	0.000	0.000	180.00	2.00	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
180.00	2.00	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.00	

ΕΙΚΟΝΑ 3.13: Αποθήκευση εξαγόμενων δεδομένων από τον προσομοιωτή

3.10 Προετοιμασία βάσης δεδομένων για περαιτέρω ανάλυση

Τα αρχεία με τις μετρήσεις του προσομοιωτή όπως αναφέρθηκε ήδη, εξάγονται σε αρχεία κειμένου μορφής *.txt. Για να γίνει η επεξεργασία τους προτού εισαχθούν στη τελική τους μορφή στο επιλεγμένο στατιστικό λογισμικό πρόγραμμα, έγινε η εισαγωγή τους σε φύλλα επεξεργασίας Excel. Τα αρχεία που προέκυπταν, περιελάμβαναν όλες τις μετρήσεις που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος και είχαν αρχικά τη μορφή της Εικόνας 3.14.



Περίπτωση 3

Οι δύο προαναφερθείσες περιπτώσεις, καλύπτουν το μεγαλύτερο εύρος των παρατηρήσεων, αδυνατούν όμως να κωδικοποιήσουν την περίπτωση που ένα όχημα έχει ολοκληρώσει μία προσπέραση και επιθυμεί να υλοποιήσει και δεύτερη στο ίδιο προσφερόμενο κενό της επερχόμενης κυκλοφορίας. Έτσι στην περίπτωση 3, λαμβάνονται μετρήσεις τη στιγμή που το εξεταζόμενο όχημα βρίσκεται ακριβώς δίπλα στο όχημα που προσπερνιέται και αυτή τη δεδομένη στιγμή λαμβάνονται υπόψη τα D_H , D_O , V_x , V_h , V_o (Εικόνα 3.17).

ΕΙΚΟΝΑ 3.17: Περίπτωση 3 εμφάνισης ευκαιρίας προσπέρασης

Αφού συγκεντρώθηκαν όλα τα φύλλα επεξεργασίας Excel από όλους τους συμμετέχοντες, έγινε ο εντοπισμός και η απομόνωση των περιπτώσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω και αυτές φαίνονται υπογραμμισμένες στην Εικόνα 3.18 και δημιουργήθηκε μια καινούρια στήλη στο Excel με την ονομασία «DONE» (Εικόνα 3.19).

	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
4008	3,000	0	58,048	8,663	0,528	18,000	0	63,799	14,202	0,864	2
4009	3,000	0	58,048	8,663	0,528	18,000	0	63,799	14,202	0,864	2
4010	3,000	0	58,148	8,661	0,521	18,000	0	63,799	9,078	0,548	2
4011	3,000	0	58,038	8,631	0,521	18,000	0	63,799	9,078	0,548	2
4012	3,000	0	58,038	8,661	0,521	18,000	0	63,799	9,078	0,548	2
4013	3,000	0	58,138	8,556	0,511	18,000	0	63,799	9,965	0,237	2
4014	3,000	0	58,018	8,556	0,511	18,000	0	63,799	9,965	0,237	2
4015	3,000	0	58,018	8,556	0,511	18,000	0	63,799	9,965	0,237	2
4016	3,000	0	58,118	8,456	0,511	19,000	1,000	63,799	-1,206	0,237	2
4017	3,000	0	58,200	8,456	0,5	19,000	1,000	63,799	-1,206	-0,071	2
4018	3,000	0	57,897	8,456	0,5	19,000	1,000	63,799	-1,206	-0,071	2
4019	3,000	0	58,097	8,328	0,487	19,000	0	51,200	659,873	38,613	2
4020	3,000	0	57,984	8,328	0,487	19,000	0	51,200	659,873	38,613	2
4021	3,000	0	57,984	8,328	0,487	19,000	0	51,200	655,222	37,948	2
4022	3,000	0	58,084	8,175	0,478	19,000	0	51,200	655,222	37,948	2
4023	3,000	0	57,968	8,175	0,478	19,000	0	51,200	655,222	37,948	2

ΕΙΚΟΝΑ 3.18: Παράδειγμα κωδικοποίησης φύλλου επεξεργασίας

R	S	T	U	V
			Done	
-1,813	0,043	0	0	
-0,958	0,159	0	0	
-0,71	0,17	0	0	
-0,588	0,158	0	0	
-2,359	0,09	0	0	
-0,706	0,15	0	0	
-3,593	0,007	0	1	
178,468	8,383	1,000	0	
-1,442	0,142	1,000	0	
-3,095	0,031	1,000	0	
-0,827	0,151	1,000	0	
-1,064	0,14	1,000	0	
-0,665	0,155	1,000	1	
309,119	11,931	2,000	0	
-3,725	0,005	2,000	0	
-0,355	0,166	2,000	0	
-2,082	0,087	2,000	0	
-2,492	0,075	2,000	0	
-3,605	0,009	2,000	0	
189,921	11,418	2,000	0	
-1,206	0,237	2,000	1	

Η στήλη αυτή λάμβανε τιμές μόνο 0 και 1, όπου το 0 αντιστοιχούσε σε μια ευκαιρία προσπέρασης που απέρριψε ο οδηγός και το 1 σε μία που αποδέχτηκε. Η συμπλήρωση της στήλης «DONE» έγινε με τη βοήθεια μεταβλητών που είχαν προστεθεί στο αρχείο δεδομένων κατά την διάρκεια του προγραμματισμού για να διευκολυνθεί στη συνέχεια η επεξεργασία των μετρήσεων καθώς από κάθε συμμετέχοντα λήφθηκαν κατά μέσο όρο 5.500 γραμμές μετρήσεων. Ο εντοπισμός των επιτυχημένων και αποτυχημένων προσπεράσεων έγινε με τη βοήθεια των μεταβλητών H_REF, NextToHeadwayCar, O_REF, NextToOncomeCar και του CarsOvertaken.

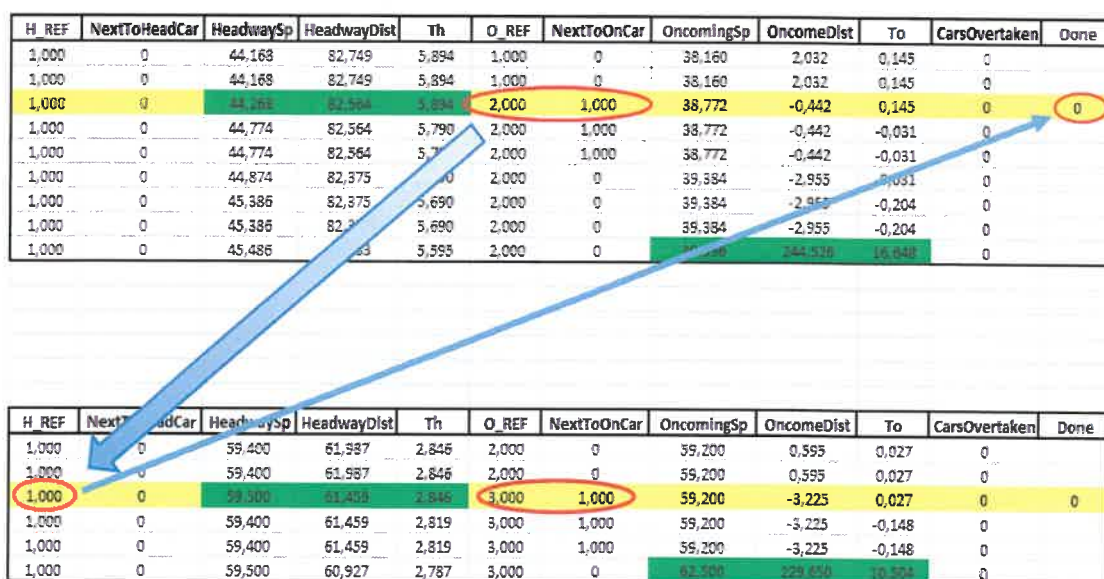
ΕΙΚΟΝΑ 3.19: Δημιουργία νέας στήλης για την κωδικοποίηση των προσπεράσεων

3.10.1 Κωδικοποίηση φύλλων επεξεργασίας

Παρακάτω φαίνεται πώς έγινε η κωδικοποίηση των φύλλων επεξεργασίας Excel που εξήχθησαν από τον προσομοιωτή για εισαχθεί το τελικό αρχείο δεδομένων που προέκυψε από τα πειράματα στο επιλεγμένο στατιστικό λογισμικό.

Ο εντοπισμός των χρήσιμων προς την έρευνα παρατηρήσεων έγινε αρχικά στα φύλλα επεξεργασίας Excel για κάθε συμμετέχοντα στο πείραμα ξεχωριστά. Βάσει των τριών περιπτώσεων που αναπτύχθηκαν προηγουμένως αναζητήθηκαν αυτά τα γεγονότα αριθμητικά. Σε πρώτη φάση έπρεπε να εντοπιστεί η θέση του εξεταζόμενου οχήματος σε σχέση με τα προπορευόμενα και τα επερχόμενα. Πρώτα δημιουργήθηκαν οι στήλες H_REF και O_REF για να είναι σε κάθε χρονική στιγμή γνωστό σε ποια οχήματα γίνεται η αναφορά του εξεταζόμενου, δηλαδή ποιο όχημα βρίσκεται μπροστά του και ποιο βλέπει απέναντί του. Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν οι στήλες NextToHeadCar και NextToOnCar αντίστοιχα. Η στήλες αυτές κατ' αρχήν είχαν την τιμή 0. Όταν όμως η χιλιομετρική θέση του εξεταζόμενου οχήματος ταυτιζόταν με αυτή του προπορευόμενου ή του οχήματος της αντίθετης

κατεύθυνσης, οι αντίστοιχες στήλες έπαιρναν την τιμή 1, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.19. Σε αυτήν την περίπτωση η συγκεκριμένη μέτρηση ήταν σημαντική γιατί μετέπειτα επεξεργασία, γιατί δηλώνει ότι το εξεταζόμενο όχημα βρισκόταν δίπλα στο όχημα της αντίθετης κατεύθυνσης (O), είχε δηλαδή ένα διατιθέμενο κενό στην επερχόμενη κυκλοφορία που ο οδηγός επέλεγε αν θα αποδεχόταν ή θα απέρριπτε προκειμένου να προσπεράσει το προπορευόμενο όχημά του (H). Τα δεδομένα αυτής της στιγμής αποθηκεύονται και υπογραμμίζονται οι μεταβλητές ενδιαφέροντος, οι οποίες είναι το HeadwaySp (Στιγμιαία ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος), το HeadwayDist (Χωρικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα), το Th (Χρονικός διαχωρισμός προπορευόμενου οχήματος), το OncomingSp (Ταχύτητα επερχόμενου οχήματος), OncomeDist (Χωρικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα) και το To (Χρονικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα). Αυτό που απέμενε ήταν να εντοπιστεί αν ο οδηγός αποδέχτηκε ή όχι αυτό το κενό και βάσει αυτού να συμπληρωθεί η στήλη Done με 0 ή 1 αντίστοιχα. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, έπρεπε να εντοπιστεί η χρονική στιγμή που το εξεταζόμενο όχημα βρίσκεται δίπλα στο O+1 επερχόμενο και να ελεγχθεί αν έχει μεταβληθεί η σχέση του εξεταζόμενου με το προπορευόμενο και από H στη στήλη H_REF έχει πάρει την τιμή H+1. Αν το H_REF έχει παραμείνει σταθερό, τότε ο οδηγός απέρριψε το κενό και επαναλαμβάνεται εκ νέου η διαδικασία με το διαδεχόμενο κενό της κυκλοφορίας του αντίθετου ρεύματος. Η Εικόνα 3.20 δείχνει μια περίπτωση απορρίπτουσας προσπέρασης ενώ η Εικόνα 3.21 μια περίπτωση επιτυχημένης.



H_REF	NextToHeadCar	HeadwaySp	HeadwayDist	Th	O_REF	NextToOnCar	OncomingSp	OncomeDist	To	CarsOvertaken	Done
1,000	0	44,168	82,749	5,894	1,000	0	38,160	2,032	0,145	0	
1,000	0	44,168	82,749	5,894	1,000	0	38,160	2,032	0,145	0	
1,000	0	44,255	82,564	5,894	2,000	1,000	38,772	-0,442	0,145	0	0
1,000	0	44,774	82,564	5,790	2,000	1,000	38,772	-0,442	-0,031	0	
1,000	0	44,774	82,564	5,790	2,000	1,000	38,772	-0,442	-0,031	0	
1,000	0	44,874	82,375	5,790	2,000	0	39,384	-2,955	-0,031	0	
1,000	0	45,386	82,375	5,690	2,000	0	39,384	-2,955	-0,204	0	
1,000	0	45,386	82,375	5,690	2,000	0	39,384	-2,955	-0,204	0	
1,000	0	45,486	82,375	5,595	2,000	0	39,384	-2,955	-0,204	0	

H_REF	NextToHeadCar	HeadwaySp	HeadwayDist	Th	O_REF	NextToOnCar	OncomingSp	OncomeDist	To	CarsOvertaken	Done
1,000	0	59,400	61,987	2,846	2,000	0	59,200	0,595	0,027	0	
1,000	0	59,400	61,987	2,846	2,000	0	59,200	0,595	0,027	0	
1,000	0	59,300	61,459	2,846	3,000	1,000	59,200	-3,225	0,027	0	0
1,000	0	59,400	61,459	2,819	3,000	1,000	59,200	-3,225	-0,148	0	
1,000	0	59,400	61,459	2,819	3,000	1,000	59,200	-3,225	-0,148	0	
1,000	0	59,500	60,927	2,787	3,000	0	63,300	229,630	16,564	0	

ΕΙΚΟΝΑ 3.20: Παράδειγμα κωδικοποίησης αποδεκτής ευκαιρίας προσπέρασης

H_REF	NextToHeadCar	HeadwaySp	HeadwayDis	Th	O_REF	NextToOnCar	OncomingSp	OncomeDist	To	CarsOvertaken	Done
1.000	0	59.400	16.476	0,604	3.000	0	62.500	2.909	0,107	0	
1.000	0	59.400	16.476	0,604	3.000	0	62.500	2.909	0,107	0	
1.000	0	59.500	15.398	0,604	4.000	1.000	62.500	-1.552	0,107	0	1
1.000	0	59.400	15.398	0,567	4.000	1.000	62.500	-1.552	-0,057	0	
1.000	0	59.400	15.398		4.000	1.000	62.500	-1.552	-0,057	0	
1.000	0	59.500	14.324	0,523	4.000	0	54.200	276.647	0,093	0	

H_REF	NextToHeadCar	HeadwaySp	HeadwayDis	Th	O_REF	NextToOnCar	OncomingSp	OncomeDist	To	CarsOvertaken	Done
2.000	0	63.600	113.297	4.012	4.000	0	54.200	221.107	7.830	1.000	
2.000	0	63.600	113.297	4.012	4.000	0	54.200	221.107	7.830	1.000	
2.000	1.000	63.700	112.239	3.967	4.000	0	54.200	216.780	7.661	1.000	0
2.000	1.000	63.600	112.239	3.967	4.000	0	54.200	216.780	7.661	1.000	
2.000	1.000	63.600	112.239	3.967	4.000	0	54.200	216.780	7.661	1.000	

ΕΙΚΟΝΑ 3.21: Παράδειγμα κωδικοποίησης μη αποδεκτής ευκαιρίας προσπέρασης

3.10.2 Υπολογισμός επιπλέον μεταβλητών

Αφού ολοκληρώθηκε η κωδικοποίηση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τον προσομοιωτή, για να αρχίσει η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων, έπρεπε να υπολογιστούν κάποιες επιπλέον μεταβλητές που κρίθηκαν απαραίτητες για τη διερεύνηση των προϋποθέσεων υπό τις οποίες έλαβαν χώρα οι προσπεράσεις.

Σε πρώτη φάση, ήταν απαραίτητο να υπολογιστεί ο **συνολικός χρόνος** που διήρκεσε η κάθε προσπέραση που έλαβε χώρα στα πειράματα. Όπως έχει αναφερθεί ήδη από το εδάφιο ανάλυσης των μεταβλητών στον προγραμματισμό του σεναρίου η μεταβλητή *Track*, δείχνει τη θέση του εξεταζόμενου οχήματος σε σχέση με τον άξονα της οδού. Ο άξονας θεωρείται ως αρχή των μετρήσεων, όποτε όταν ένα όχημα κινείται στη δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας, η μεταβλητή *Track* λαμβάνει θετικές τιμές, ενώ όταν το όχημα περνάει τη διαχωριστική γραμμή και βγαίνει στο αντίθετο ρεύμα, λαμβάνει αρνητικές. Για να υπολογιστεί αυτός ο χρόνος, αρχικά τοποθετήθηκε ένα φίλτρο που να διατηρεί μόνο τις αρνητικές τιμές της μεταβλητής και το οποίο επεκτεινόταν σε όλο το φύλλο επεξεργασίας. Με αυτόν τον τρόπο συγκεντρώθηκαν όλες πρακτικά οι χρονικές στιγμές που το εξεταζόμενο όχημα είχε ξεπεράσει τα όρια της λωρίδας κυκλοφορίας του. Δημιουργούνταν όμως δύο βασικά προβλήματα με αυτό το φιλτράρισμα των δεδομένων. Το πρώτο ήταν ότι δεν γινόταν σαφής διαχωρισμός κάθε μιας από τις πραγματοποιημένες προσπεράσεις. Το δεύτερο ήταν ότι υπήρχαν δεδομένα από τις στιγμές που ο οδηγός του εξεταζόμενου οχήματος όταν ακολουθούσε ένα προπορευόμενο αυτοκίνητο και άρχιζε να σκέφτεται το ενδεχόμενο να το προσπεράσει για να διατηρήσει την επιθυμητή ταχύτητα που επιθυμούσε, άρχιζε να παρεκκλίνει από την πορεία του για

να σταθμίσει την πυκνότητα της κυκλοφορίας του αντίθετου ρεύματος και κατ' επέκταση τα προσφερόμενα κενά.

Το πρώτο πρόβλημα επιλύθηκε με τρόπο παρόμοιο με αυτόν που αναπτύχθηκε προηγουμένως με την κωδικοποίηση της στήλης Done. Σε όλες τις επιτυχημένες προσπεράσεις εντοπίστηκαν οι χρονικές στιγμές που η μεταβλητή Track γινόταν μικρότερη του μηδενός για πρώτη φορά, πράγμα το οποίο σήμαινε έναρξη της προσπέρασης αφού ο αριστερός μπροστινός τροχός βρισκόταν πάνω στη διαχωριστική γραμμή και μετρούνταν οι χρονικές στιγμές (ανά 33 msec), μέχρις ότου το Track ξαναγίνει θετικό, δηλαδή τη στιγμή που ο αριστερός πίσω τροχός βρισκόταν και πάλι στο κανονικό ρεύμα κυκλοφορίας. Όσον αφορά στο δεύτερο πρόβλημα, ό,τι αρνητικές τιμές του Track εντοπίστηκαν μέσα σε κενά που δεν έλαβε χώρα κανένας ελιγμός προσπέρασης, αποκλείστηκαν από τα φιλτραρισμένα δεδομένα.

Κεφάλαιο 4

Στατιστική Επεξεργασία

4.1 Βασικές έννοιες στατιστικής

Κρίνεται αναγκαίο στην αρχή του συγκεκριμένου κεφαλαίου να αναφερθούν κάποιες στοιχειώδεις στατιστικές έννοιες, καίριες για τη μετέπειτα στατιστική επεξεργασία των στοιχείων που συλλέχθηκαν κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων.

Ο όρος **πληθυσμός** αναφέρεται σε ένα σύνολο, τα στοιχεία του οποίου εξετάζονται ως προς ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά τους. Ένας πληθυσμός μπορεί να διακριθεί σε θεωρητικό ή πραγματικό.

Η **μεταβλητή** ενός πληθυσμού είναι το χαρακτηριστικό ως προς το οποίο εξετάζεται ο πληθυσμός. Οι μεταβλητές διακρίνονται σε δύο είδη, ποιοτικές και ποσοτικές. Με τη σειρά τους οι ποσοτικές διακρίνονται σε συνεχείς και διακριτές.

Ποσοτικές: είναι μεταβλητές που μετρώνται σε αριθμητική κλίμακα.

Συνεχείς: μεταβλητές που για κάθε αποτέλεσμα ενός τυχαίου πειράματος μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή σε ένα δεδομένο διάστημα (π.χ. ηλικία, χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης κλπ.)

Διακριτές μεταβλητές που για κάθε αποτέλεσμα ενός τυχαίου πειράματος παίρνουν μια ορισμένη τιμή από ένα πεπερασμένο ή άπειρο υποσύνολο των πραγματικών αριθμών.

4.1.1 Μέτρα κεντρικής τάσης

Μέση τιμή

Είναι η μέτρηση της κεντρικής τάσης που παρουσιάζουν οι τιμές που παίρνει μια μεταβλητή x . Σε περίπτωση ανάλυσης ενός δείγματος με n παρατηρήσεις η μέση τιμή υπολογίζεται βάση της σχέσης:

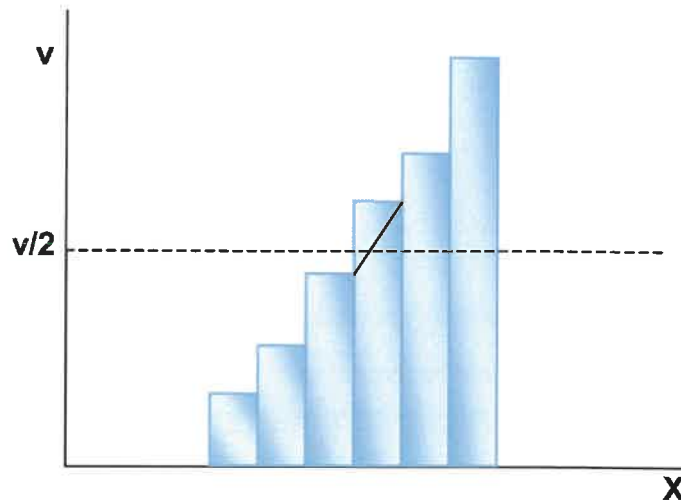
$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

Διάμεσος

Ενός δείγματος n παρατηρήσεων, οι οποίες έχουν διαταχθεί κατά αύξουσα τάξη, είναι η μεσαία παρατήρηση εάν το πλήθος των παρατηρήσεων είναι περιττό ή ο μέσος όρος των δύο μεσαίων παρατηρήσεων εάν το πλήθος είναι άρτιο. Στη περίπτωση ομαδοποιημένων μεταβλητών, η διάμεσος βρίσκεται από το ιστόγραμμα των αθροιστικών συχνοτήτων. Αλγεβρικά υπολογίζεται:

$$\delta = l_i + \frac{\frac{n}{2} - N_{i-1}}{n_i} \cdot c_i$$

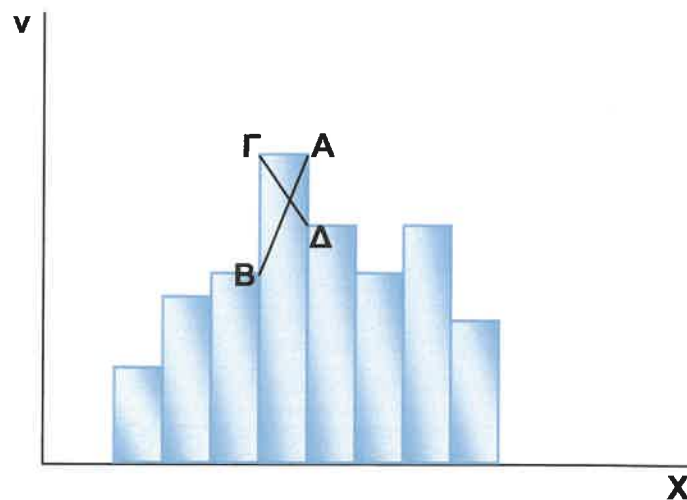
Δηλαδή η διάμεσος είναι το σημείο τομής του ευθύγραμμου τμήματος που ενώνει το άνω δεξιά άκρο της κλάσης που περιέχει τη διάμεσο με το άνω δεξιά άκρο της προηγούμενης κλάσης, και της ευθείας $y=n/2$ (Διάγραμμα 4.1).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1: Διάμεσος στατιστικού δείγματος

Επικρατούσα τιμή M_0

Ορίζεται ως η παρατήρηση με τη μεγαλύτερη συχνότητα. Σε περίπτωση ομαδοποιημένης μεταβλητής, τότε ως επικρατούσα μεταβλητή ορίζεται το σημείο τομής των ευθυγράμμων τμημάτων AB και ΓΔ (Διάγραμμα 4.2).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2: Επικρατούσα τιμή στατιστικού δείγματος

4.1.2 Μέτρα διασποράς και μεταβλητότητας

Διακύμανση

Η διακύμανση μιας τυχαίας μεταβλητής x δηλώνει πόσο συγκεντρωμένες γύρω από τη μέση τιμή είναι οι τιμές της τυχαίας μεταβλητής και συμβολίζεται με s^2 . Υπολογίζεται βάση της σχέσης:

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

Τυπική απόκλιση

Είναι η τετραγωνική ρίζα της διακύμανσης και έχει ευρύτερη χρήση από αυτή διότι εκφράζεται στην ίδια μονάδα μέτρησης με τις παρατηρήσεις του δείγματος. Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$s = \sqrt{s^2}$$

Συντελεστής μεταβολής

Ο συντελεστής μεταβολής εκφράζεται επί τοις εκατό και είναι ανεξάρτητος από τις μονάδες μέτρησης. Εκφράζει ένα μέτρο σχετικής διασποράς των τιμών της μεταβλητής. Είναι το πηλίκο της τυπικής απόκλισης διά της μέσης τιμής. Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$CV = \frac{s}{\bar{x}}$$

Συντελεστής γραμμικής συσχέτισης

Είναι το μέτρο που εκφράζει τη συγκέντρωση των σημείων ενός διαγράμματος διασποράς γύρω από την ευθεία παλινδρόμησης. Αν x και y δύο μεταβλητές μεγέθους n τότε ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης είναι ο εξής:

$$r(X, Y) = r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Αν οι μέσες τιμές δεν είναι ακέραιοι αριθμοί, τότε ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης R δίνεται από τον τύπο:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i) \cdot (\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \cdot \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2}}$$

Συνδιακύμανση

Αποτελεί ένα μέτρο της σχέσης μεταξύ δύο περιοχών δεδομένων. Χρησιμοποιείται για να καθοριστεί κατά πόσο δύο περιοχές δεδομένων μεταβάλλονται μαζί - δηλαδή, κατά πόσο μεγάλες τιμές του ενός συνόλου σχετίζονται με μεγάλες τιμές του άλλου (θετική συσχέτιση), κατά πόσο μικρές τιμές του ενός συνόλου σχετίζονται με μεγάλες τιμές του άλλου (αρνητική συσχέτιση) ή κατά πόσο οι τιμές των δύο συνόλων είναι άσχετες μεταξύ τους (σχεδόν μηδενική συσχέτιση). Αποδίδει το μέσο όρο του γινομένου των αποκλίσεων των σημείων δεδομένων από τις αντίστοιχες μέσες τιμές τους και υπολογίζεται:

$$\text{cov}(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

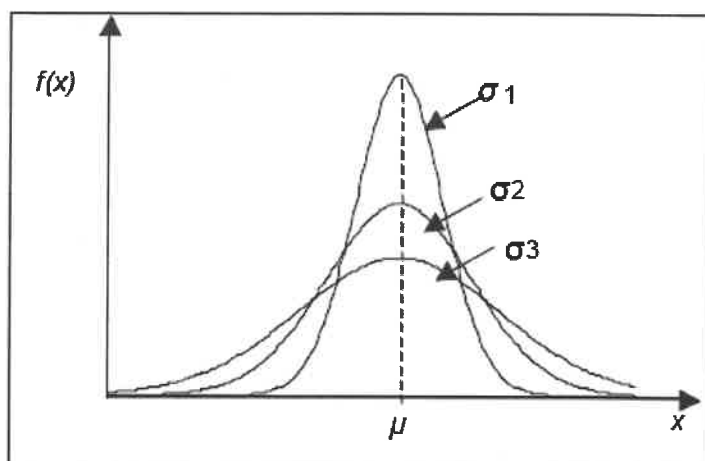
4.1.3 Κατανομές πιθανοτήτων

Κανονική κατανομή (κατανομή Gauss)

Μια από τις σημαντικότερες κατανομές πιθανότητας για συνεχείς μεταβλητές. Περιγράφεται από τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x^2}$$

Η καμπύλη της κανονικής κατανομής εμφανίζεται στο Διάγραμμα 4.3.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3: Κανονική κατανομή κατά Gauss

4.1.4 Μαθηματικά πρότυπα παλινδρόμησης

Στη στατιστική, η ανάλυση παλινδρόμησης περιλαμβάνει οποιαδήποτε τεχνική για την προτυποποίηση και την ανάλυση πολλαπλών μεταβλητών, και βασίζεται στη σχέση μεταξύ μιας εξαρτημένης και μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση παλινδρόμησης βοηθάει στην κατανόηση του πως η τυπική τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής αλλάζει όταν οποιαδήποτε τιμή των ανεξάρτητων μεταβλητών μεταβάλλεται, ενώ όλες οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές παραμένουν σταθερές. Χρησιμοποιείται εκτενώς για τη πρόβλεψη και για τη κατανόηση της συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταβλητών με την εξαρτημένη καθώς και τη διερεύνηση της μορφής αυτής της σχέσης.

Η παλαιότερη μορφή της ανάλυσης παλινδρόμησης ήταν η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων.

4.1.4.1 Παραδοχές ανάλυσης παλινδρόμησης

Για να πραγματοποιηθεί μια ανάλυση παλινδρόμησης πρέπει να ικανοποιούνται κάποιες βασικές παραδοχές:

- Το δείγμα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού
- Το σφάλμα θεωρείται ότι είναι μια τυχαία μεταβλητή με μέση τιμή μηδέν και εξαρτάται από τις μεταβλητές πρόβλεψης

- Οι μεταβλητές είναι απαλλαγμένες από σφάλματα.
- Οι μεταβλητές πρόβλεψης πρέπει να είναι γραμμικά ανεξάρτητες, δηλαδή να μην είναι δυνατό να εκφράσουν καμία πρόβλεψη ως γραμμικό συνδυασμό των υπολοίπων.
- Τα σφάλματα δεν έχουν συσχέτιση, δηλαδή η διακύμανση και η συνδιακύμανση των σφαλμάτων είναι διαγώνια και κάθε μη μηδενικό στοιχείο είναι η διακύμανση του σφάλματος.
- Η διακύμανση του σφάλματος είναι σταθερή σε όλες τις παρατηρήσεις.

4.1.4.2 Γραμμική παλινδρόμηση

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι ανάπτυξης ενός προτύπου και βασίζονται κυρίως στο εάν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής ή διακριτή. Στη περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής και υπακούει στην κανονική κατανομή χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη. Σε αυτή τη περίπτωση, η εξαρτημένη μεταβλητή Y προσεγγίζεται ως μια γραμμική συνάρτηση του X . Η τιμή της y_i , της Y για κάθε τιμή της x_i της X δίνεται από την εξίσωση:

$$Y_i = (b_0 + b_1X_{1i} + b_2X_{2i} + \dots + b_nX_n) + \varepsilon_i$$

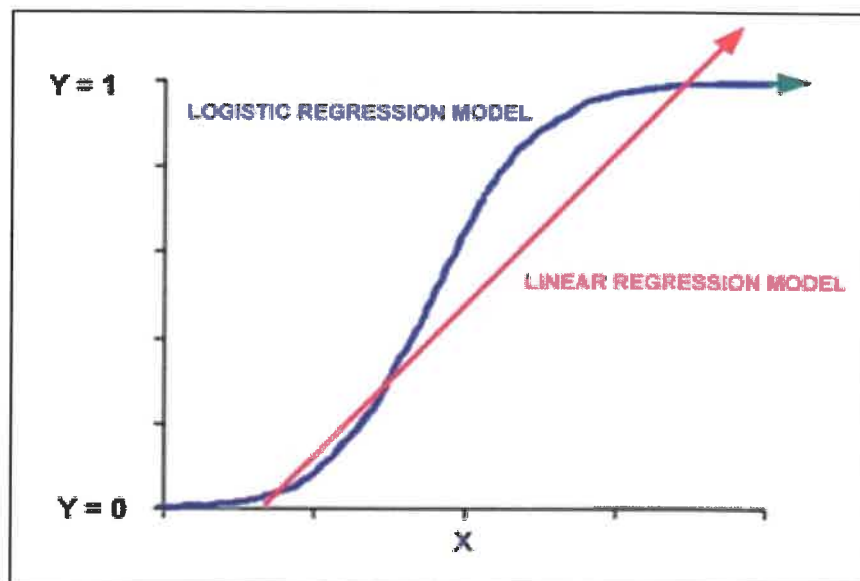
Όπου $b_0, b_1, b_2 \dots b_n$ είναι οι συντελεστές συσχέτισης των μεταβλητών πρόβλεψης $X_{1i}, X_{2i}, \dots X_n$.

4.1.4.3 Λογιστική παλινδρόμηση

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την πιθανότητα προσπέρασης ενός οχήματος συναρτήσει κυκλοφοριακών και κοινωνικοδημογραφικών παραγόντων. Ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίζεται η πιθανότητα προσπέρασης ή όχι (0,1) η οποία είναι κατηγορική. Επομένως η μέθοδος γραμμικής παλινδρόμησης δεν κάλυπτε τις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Ως βέλτιστη μέθοδος στατιστικής ανάλυσης επιλέχθηκε η λογιστική παλινδρόμηση.

Η λογιστική παλινδρόμηση είναι μια μέθοδος πολυπαραγοντικής στατιστικής ανάλυσης που χρησιμοποιεί ένα σύνολο ανεξάρτητων μεταβλητών για τη

διερεύνηση της κίνησης μιας κατηγορικής εξαρτημένης μεταβλητής. Είναι χρήσιμη σε καταστάσεις στις οποίες επιθυμούμε την πρόβλεψη της ύπαρξης ή της απουσίας ενός χαρακτηριστικού ή ενός συμβάντος. Η πρόβλεψη αυτή βασίζεται στη κατασκευή ενός γραμμικού προτύπου και συγκεκριμένα στον προσδιορισμό των τιμών που παίρνουν οι συντελεστές ενός συνόλου ανεξάρτητων μεταβλητών που χρησιμοποιούνται ως μεταβλητές πρόβλεψης. Εκτός από την πρόβλεψη, ένα πρότυπο λογιστικής παλινδρόμησης δίνει τη δυνατότητα εκτίμησης της επίδρασης κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στη διαμόρφωση των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής. Στη λογιστική παλινδρόμηση, σε αντίθεση με την πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση που αναφέρθηκε παραπάνω, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ως εξαρτημένες μεταβλητές και κατηγορικές μεταβλητές. Η λογιστική καμπύλη που εμφανίζεται παρακάτω (Διάγραμμα 4.4) περιγράφει καλύτερα κατηγορικές εξαρτημένες μεταβλητές γιατί καλύπτει επαρκώς τις τιμές γύρω από το 0 και το 1.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.4: Σύγκριση γραμμικής και λογιστικής παλινδρόμησης

Η πιο διαδεδομένη βιβλιογραφικά έκδοση της λογιστικής παλινδρόμησης είναι:

$$P(Y) = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + \dots + b_n X_{ni})}}$$

Όπου $P(Y)$ είναι η πιθανότητα να συμβεί το ενδεχόμενο Y , e είναι η βάση των φυσικών λογαρίθμων και τα $b_0, b_{1i}, b_{2i} \dots b_n$ είναι οι συντελεστές βαρύτητας των

ανεξάρτητων μεταβλητών και εκτιμώνται με βάση τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας.

Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{loglikelihood} = \sum_{i=1}^N [Y_i \ln(P(Y_i)) + (1 - Y_i) \ln(1 - P(Y_i))]$$

Και μέσω των παρατηρηθέντων και προβλεπόμενων τιμών εξετάζεται το πόσο καλά μπορεί να εφαρμοστεί το πρότυπο.

Η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας (log-likelihood) βασίζεται στο ότι προσθέτει όλες τις πιθανότητες που σχετίζονται με τα προβλεπόμενα και τα πραγματικά αποτελέσματα εξόδου. Είναι ανάλογη με το ελάχιστο άθροισμα τετραγώνων στη γραμμική παλινδρόμηση, με την έννοια ότι σταθμίζει το πόσες ανεξάρτητες πληροφορίες απομένουν μετά την εφαρμογή του προτύπου. Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος πιθανοφάνειας, τόσο περισσότερες ανεξήγητες παρατηρήσεις υπάρχουν.

Πρότυπα που περιέχουν πολλές μεταβλητές είναι περισσότερο σύνθετα και χρειάζεται ένας κανόνας να αποφασίζει εάν η μείωση του $L = -\log(\text{likelihood})$ αξίζει αυξημένη πολυπλοκότητα και για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε το Likelihood Ratio Test (LRT) (κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας). Σύμφωνα με το κριτήριο του λόγου πιθανοφάνειας (LRT) εάν η διαφορά $LTR = -2 \times (L(b) - L(0))$, όπου $L(b)$ είναι το πρότυπο με τις N μεταβλητές, ενώ $L(0)$ το πρότυπο που περιλαμβάνει μόνο το σταθερό όρο, είναι μεγαλύτερη από την τιμή του κριτηρίου χ^2 για N βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, το πρότυπο είναι στατιστικά προτιμότερο από το πρότυπο χωρίς τις μεταβλητές και γίνονται δεκτές και οι N μεταβλητές ως στατιστικά σημαντικές.

R-statistic

Ο συντελεστής R είναι η μερική συσχέτιση μεταξύ της μεταβλητής εξόδου και κάθε μιας από τις μεταβλητές πρόβλεψης. Μεταβάλλεται μεταξύ των τιμών -1 και 1 . Μια θετική τιμή του συντελεστή R υποδηλώνει ότι όταν η τιμή μιας μεταβλητής πρόβλεψης αυξάνεται, αυξάνεται και η πιθανότητα πραγματοποίησης ενός γεγονότος. Αντίστοιχα, μια αρνητική τιμή του συντελεστή R , υποδηλώνει ότι όταν η μεταβλητή πρόβλεψης αυξάνεται, η πιθανότητα εμφάνισης του μελετώμενου γεγονότος μειώνεται. Ο συντελεστής R υπολογίζεται βάσει της σχέσης:

$$R = \pm \sqrt{\frac{\text{Wald} - (2 \times \text{df})}{-2\text{LL (original)}}$$

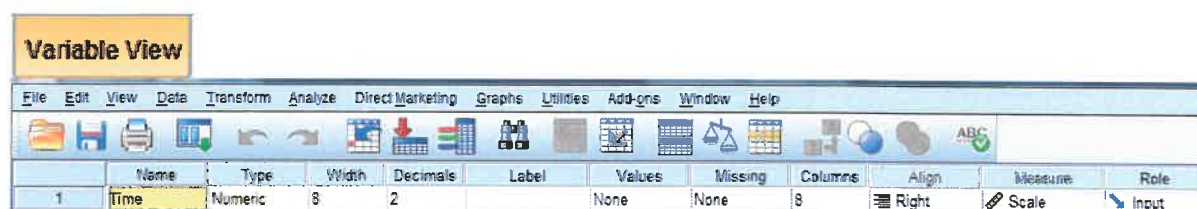
Η στατιστική εμπιστοσύνη του λογιστικού προτύπου υπολογίζεται από το **Wald statistic**, το οποίο είναι ανάλογο με το t-statistic της γραμμικής παλινδρόμησης. Με το δείκτη Wald προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών, καθορίζεται δηλαδή ποιες μεταβλητές θα συμπεριληφθούν στο τελικό πρότυπο. Η τιμή του συντελεστή Wald για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1,7.

Τέλος, ο έλεγχος που πρέπει να γίνεται είναι το ποσοστό πρόβλεψης του προτύπου της λογιστικής παλινδρόμησης, δηλαδή αν το πρότυπο είναι σε θέση να προβλέψει σωστά την πιθανότητα να γίνει ή όχι προσπέραση, δεδομένων των τιμών που παίρνουν οι μεταβλητές πρόβλεψης. Επιθυμείται λοιπόν το ποσοστό πρόβλεψης να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερο. Ο μέσος όρος του ποσοστού αυτού (overall percentage) για τα δύο ενδεχόμενα είναι σκόπιμο να είναι μεγαλύτερος από 65% και να μην υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των αντίστοιχων ποσοστών των δύο ενδεχομένων.

4.2 Λογισμικό στατιστικής ανάλυσης

Ο σχεδιασμός του πειράματος και η δειγματοληπτική έρευνα βασικό στόχο έχει τη βελτίωση της ποιότητας των αποτελεσμάτων. Βάσει της κωδικοποίησης των φύλλων επεξεργασίας και των στοιχείων του ερωτηματολογίου, προέκυψε η τελική βάση δεδομένων. Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η στατιστική της επεξεργασία. Αρχικός στόχος είναι η προκαταρκτική ανάλυση της βάσης δεδομένων και η παρουσίαση των περιγραφικών στατιστικών τόσο των στοιχείων του ερωτηματολογίου, όσο και των μεταβλητών που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος με τον προσομοιωτή οδήγησης. Επιπλέον σκοπός της στατιστικής επεξεργασίας είναι η ανάπτυξη προτύπων λογιστικής παλινδρόμησης για την περιγραφή της διαδικασίας της προσπέρασης. Η ανάλυση της λογιστικής παλινδρόμησης επιλέχθηκε για τη δημιουργία προτύπων, τα οποία θα περιγράφουν την πιθανότητα πραγματοποίησης μιας προσπέρασης συναρτήσει των δεδομένων μικροσκοπικών κυκλοφοριακών μεγεθών.

Για τη δημιουργία του προτύπου μέσω της λογιστικής παλινδρόμησης, αναζητήθηκε ένα λογισμικό πρόγραμμα που να καθιστά δυνατή αυτή την ανάλυση. Μετά τη δημιουργία της τελικής βάσης δεδομένων στα φύλλα επεξεργασίας (Excel), έγινε εισαγωγή τους στο ειδικό στατιστικό λογισμικό (SPSS 18). Η βάση δεδομένων μεταφέρθηκε κατευθείαν στο νέο λογισμικό στην καρτέλα data view. Στη συνέχεια η δεύτερη καρτέλα (variable view) του προγράμματος χρησιμοποιήθηκε για να οριστούν επακριβώς τα επιμέρους χαρακτηριστικά των μεταβλητών (όνομα, τύπος μεταβλητής, αριθμός ψηφίων, κωδικοποίηση μεταβλητών κλπ.) που βρίσκονται στο data view, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.1. Το σημαντικότερο σε αυτό το σημείο είναι η σωστή κατηγοριοποίηση των μεταβλητών σε συνεχείς (scale), διατεταγμένες (ordinal), και διακριτές (nominal).



ΕΙΚΟΝΑ 4.1: Καθορισμός επιμέρους χαρακτηριστικών των μεταβλητών

Από την εντολή Analyze, χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω επιλογές:

Descriptive statistics: Χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή περιγραφικών στατιστικών (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, κατανομές συχνοτήτων κλπ.)

Correlate: Η εντολή αυτή χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών. Επιλέχθηκε η Bivariate και από εκεί έγινε η εισαγωγή των ενδιαφερόμενων μεταβλητών. Στη συνέχεια επιλέχθηκε η χρήση του συντελεστή συσχέτισης Pearson, όταν επρόκειτο για συνεχείς μεταβλητές και του Spearman για διακριτές. Σημειώνεται ότι υψηλή συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών θεωρείται όταν ο συντελεστής συσχέτισης έχει τιμή μεγαλύτερη από $|\pm 0,7|$.

Regression: Εδώ γίνεται η επιλογή της τεχνικής παλινδρόμησης, και στη συγκεκριμένη περίπτωση η λογιστική παλινδρόμηση (Binary logistic). Αρχικά επιλέγεται η εξαρτημένη μεταβλητή, η οποία εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Στη συνέχεια γίνεται η επιλογή της μεθόδου εισαγωγής των ανεξάρτητων μεταβλητών πρόβλεψης (Method). Επιλέχθηκε η μέθοδος Enter, καθώς είναι η καταλληλότερη σε περιπτώσεις όπου ο ερευνητής δεν γνωρίζει εξ αρχής ποιες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές έχουν τη μεγαλύτερη επιρροή στο πρότυπο. Στο πλαίσιο Covariates εισήχθησαν όλες οι μεταβλητές πρόβλεψης. Επισημαίνεται ότι στο σημείο αυτό στην επιλογή Categorical πρέπει να επισημανθούν ποιες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές πρόβλεψης είναι κατηγορικές.

Τέλος, τα αποτελέσματα της ανάλυσης εμφανίζονται στα δεδομένα εξόδου (Output). Για τον έλεγχο της καταλληλότητας της μεθόδου και κατ' επέκταση του εξαγόμενου προτύπου, πρέπει να εξασφαλίζονται τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν και παραπάνω για τη λογιστική παλινδρόμηση:

- ⇒ Πριν την εισαγωγή των ανεξάρτητων μεταβλητών, να έχει εξασφαλιστεί από τον πίνακα συσχετίσεων, ότι οι **ανεξάρτητες μεταβλητές δεν είναι συσχετισμένες** (συντελεστές συσχέτισης $< |\pm 0,7|$).
- ⇒ Το **επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας** των μεταβλητών πρόβλεψης να είναι **μικρότερο από 0,05 (5%)**.
- ⇒ Η **τιμή του στατιστικού ελέγχου Wald** να είναι **μεγαλύτερη από 1,7** για όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

- ⇒ Οι τιμές και τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης b_i να μπορούν να εξηγηθούν λογικά.
- ⇒ Η τιμή των λογαρίθμων των συναρτήσεων πιθανοφάνειας (log-likelihood) να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.
- ⇒ Ο σταθερός όρος της εξίσωσης του προτύπου της λογιστικής παλινδρόμησης, που εκφράζει το σύνολο των παραμέτρων που δεν λήφθηκαν υπόψιν, να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος.

4.3 Ανάλυση ερωτηματολογίου

Το παρόν εδάφιο περιλαμβάνει την επεξεργασία των στοιχείων που συλλέχθηκαν από τα ερωτηματολόγια. Παρακάτω ακολουθούν τα αποτελέσματα των προκαταρκτικών στατιστικών υπολογισμών από το ερωτηματολόγιο:

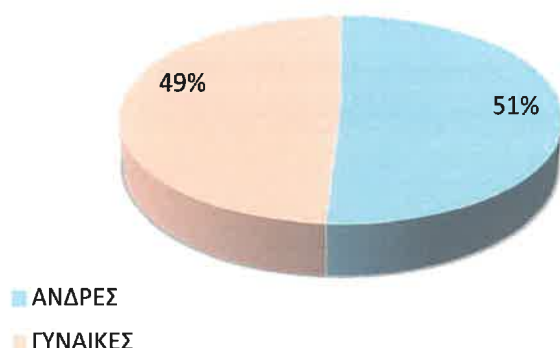
Στον Πίνακα 4.1 συνοψίζονται τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του ερωτηματολογίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: Περιγραφικά στατιστικά ερωτηματολογίου

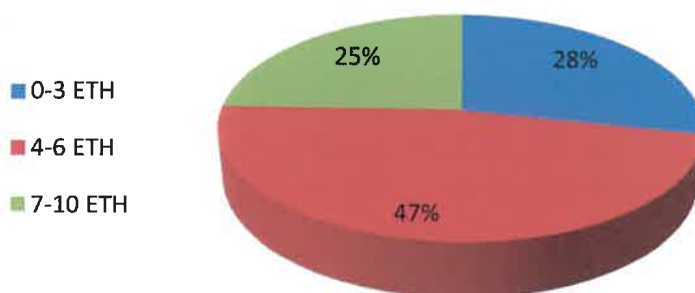
	N	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση τιμή	Τυπική Απόκλιση
Ηλικία	57	19	28	23,52	2,605
Χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης	57	0,5	10	4,84	2,427
Χλμ/εβδομάδα	57	50	500	240,87	95,959
Αξιολόγηση προσομοιωτή	57	5	9	7,28	1,048

Κατά το σχεδιασμό του πειράματος είχε προαποφασιστεί να υπάρχει ισοκαταμερισμός των μεταβλητών όπως το φύλο, η οδηγική εμπειρία των συμμετεχόντων κλπ., ώστε να αποφευχθούν τα μεροληπτικά αποτελέσματα. Τα

Διαγράμματα 4.5 και 4.6 παρουσιάζουν την κατανομή του φύλου των οδηγών και της οδηγικής τους εμπειρίας αντίστοιχα.

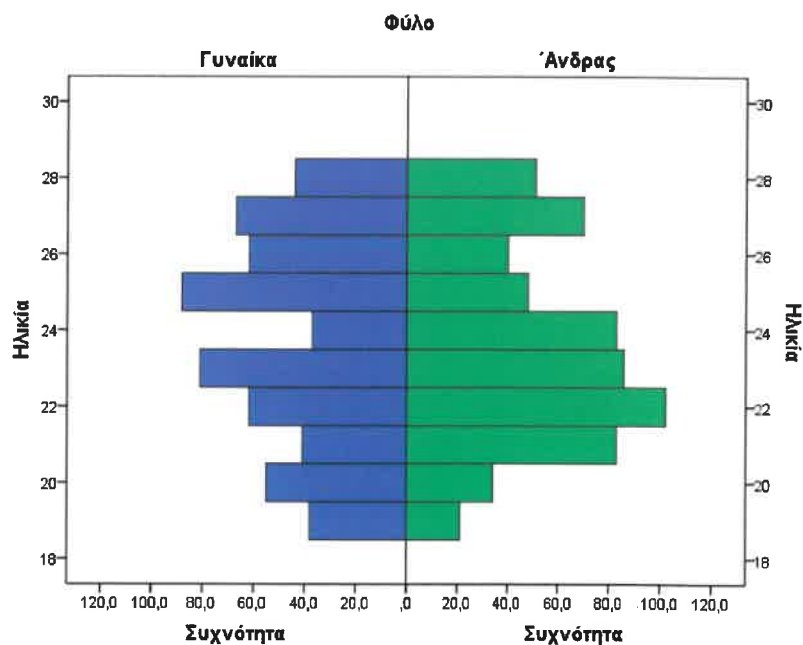


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.5: Κατανομή φύλου



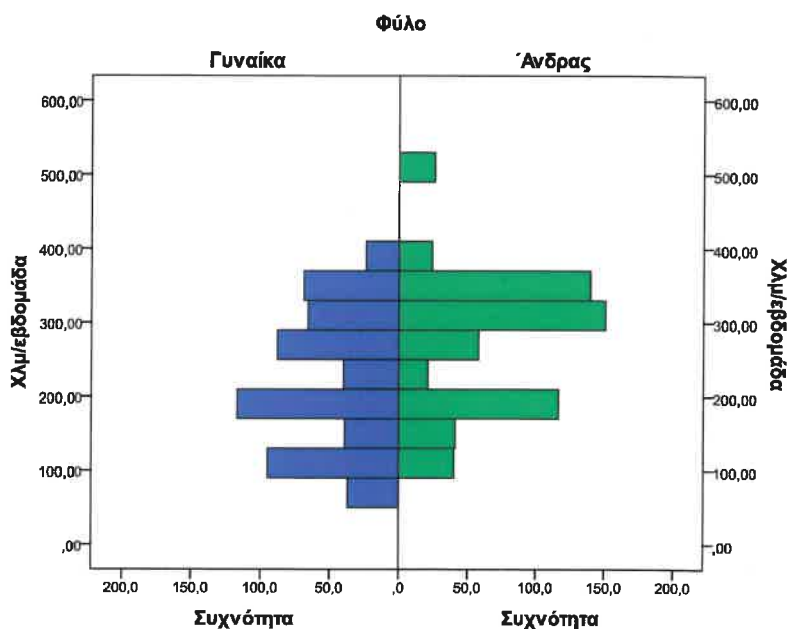
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.6: Κατανομή ετών κατοχής διπλώματος οδήγησης

Εκτός από τη σωστή κατανομή του φύλου σημασία έχει και η κατανομή των ηλικιών του επιλεγμένου στατιστικού δείγματος, η οποία όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.7, το οποίο παρουσιάζει την ηλικιακή κατανομή του δείγματος, δείχνει ότι υπήρχε ικανός αριθμός συμμετεχόντων για κάθε ηλικιακό εύρος και για τα δύο φύλα.



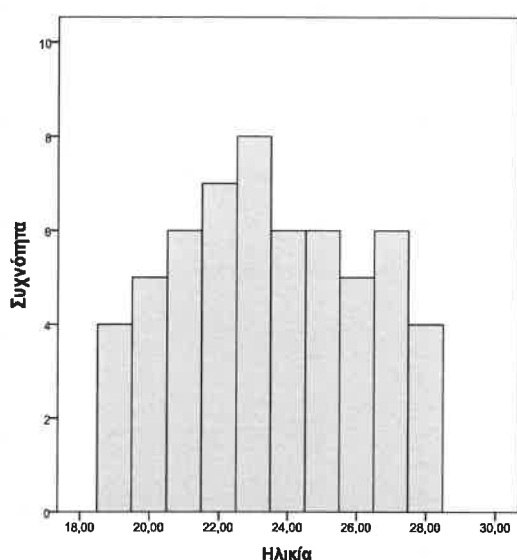
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.7: Κατανομή ηλικιών στατιστικού δείγματος

Στο Διάγραμμα 4.8 φαίνεται η κατανομή των χιλιομέτρων που διανύονται εβδομαδιαίως για κάθε φύλο ξεχωριστά. Από αυτό προκύπτει το συμπέρασμα ότι εν γένει οι άνδρες διανύουν περισσότερα χιλιόμετρα εβδομαδιαίως από τις γυναίκες.

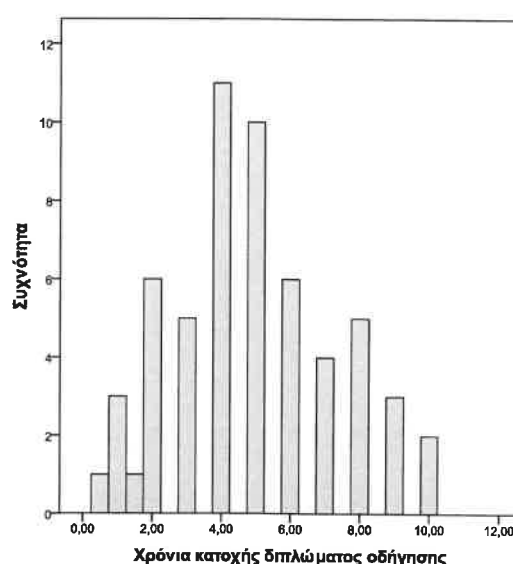


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.8: Κατανομή χλμ που διανύονται εβδομαδιαίως κατά φύλο

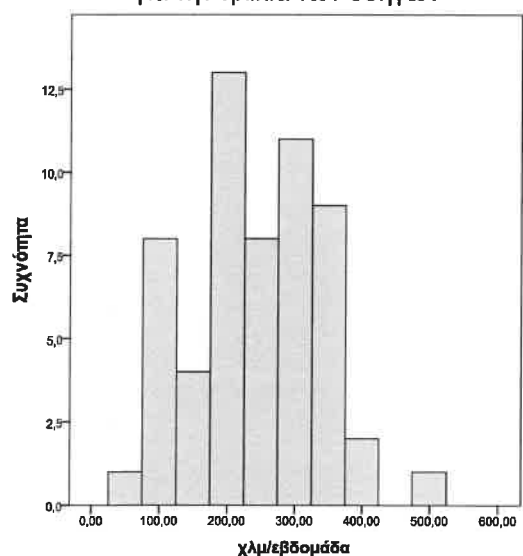
Στη συνέχεια έγιναν συσχετίσεις των χαρακτηριστικών των οδηγών που συλλέχθηκαν από τα ερωτηματολόγια σε σχέση με τη συχνότητα που εμφανίστηκε το κάθε χαρακτηριστικό υπό εξέταση και τον αριθμό προσπεράσεων που πραγματοποίησε ο κάθε συμμετέχων στη διαδρομή του. Στα Διαγράμματα 4.9-4.12 παρουσιάζονται οι κατανομές του συνολικού στατιστικού δείγματος ως προς την ηλικία, τα χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης, τα χιλιόμετρα που διανύονται εβδομαδιαίως από τους οδηγούς και τον αριθμό προσπεράσεων που πραγματοποιήθηκαν ανά πείραμα.



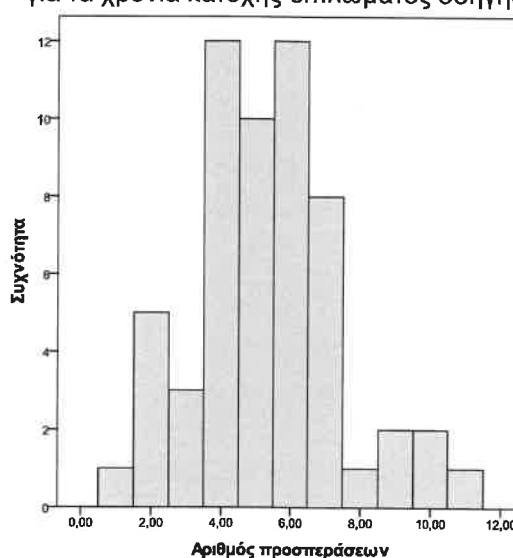
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.9: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την ηλικία των οδηγών



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.10: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για τα χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης

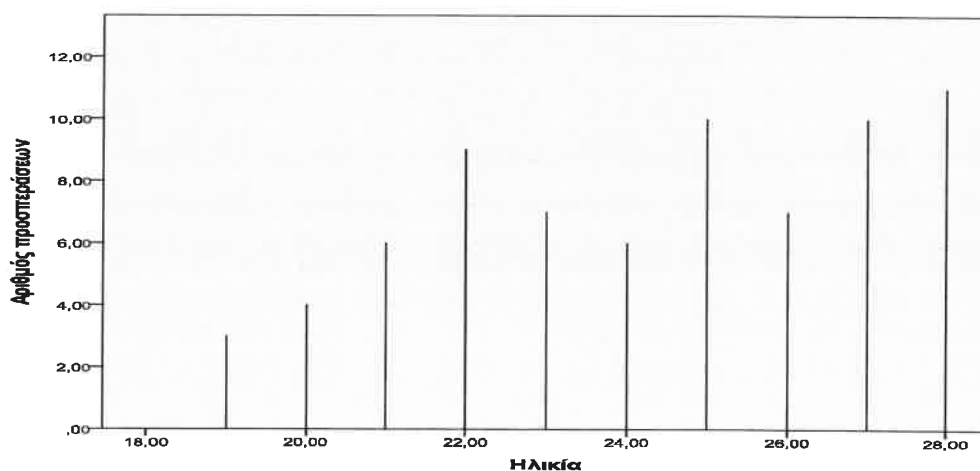


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.11: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για τα χλμ που διανύονται εβδομαδιαίως



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.12: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για τον αριθμό των ελιγμών που έγιναν

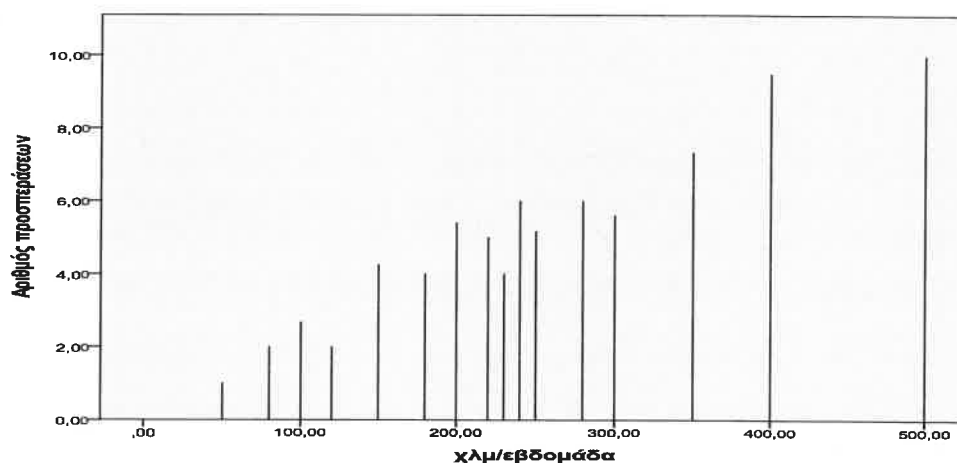
Στα Διαγράμματα 4.13-4.15 παρουσιάζεται η συσχέτιση του μέσου αριθμού που πραγματοποιήθηκαν σε σχέση με την ηλικία, τα χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης και τα διανυόμενα χιλιόμετρα εβδομαδιαίως



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.13: Αριθμός προσπεράσεων σε σχέση με την ηλικία των οδηγών



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.14: Αριθμός προσπεράσεων σε σχέση με τα χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης



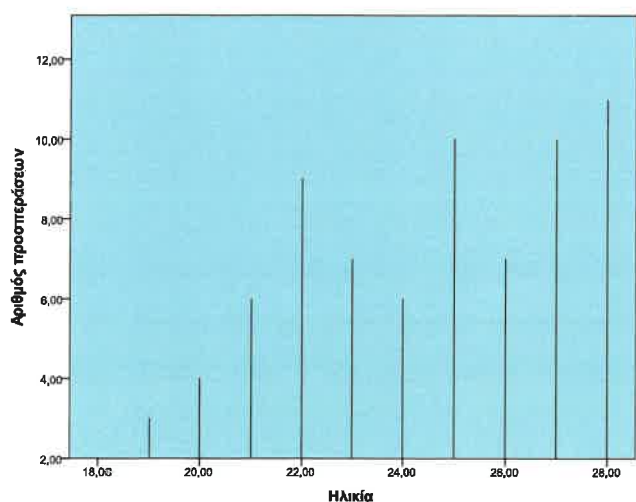
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.15: Αριθμός προσπεράσεων σε σχέση με τα διανυόμενα εβδομαδιαία χλμ

Από τα Διαγράμματα 4.13, 4.14 και 4.15 παρατηρείται ότι ο μέσος αριθμός προσπεράσεων έχει μια αυξητική τάση όσο αυξάνεται η ηλικία του οδηγού, τα έτη κατοχής διπλώματος οδήγησης και τα χιλιόμετρα που διανύονται εβδομαδιαίως. Η αυξητική αυτή τάση του μέσου αριθμού προσπεράσεων όσο αυξάνονται τα χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης, δηλαδή η εμπειρία του κάθε οδηγού αλλά και με την αύξηση των χιλιομέτρων που διανύονται εβδομαδιαίως, δείχνει ότι η συχνότερη επαφή με το οδικό δίκτυο δίνει περισσότερη αυτοπεποίθηση στον οδηγό να εκτελέσει έναν ελιγμό προσπέρασης. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτή η σχέση είναι πιο σαφής στη περίπτωση των χιλιομέτρων που διανύονται εβδομαδιαίως σε σχέση με την οδηγική εμπειρία εκφρασμένη σε χρόνια κατοχής του διπλώματος οδήγησης, γεγονός που αποδεικνύει ότι η συχνότητα χρήσης του αυτοκινήτου από έναν οδηγό έχει μεγαλύτερη επιρροή στην απόφαση και την ολοκλήρωση μιας προσπέρασης από τα έτη κατοχής του διπλώματος οδήγησης.

Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές τόσο ως προς την προσέγγιση του προσομοιωτή όσο και ως προς την συμπεριφορά που ακολούθησαν οι άνδρες και οι γυναίκες στην ολοκλήρωση της διαδρομής του σεναρίου που κλήθηκαν να οδηγήσουν.

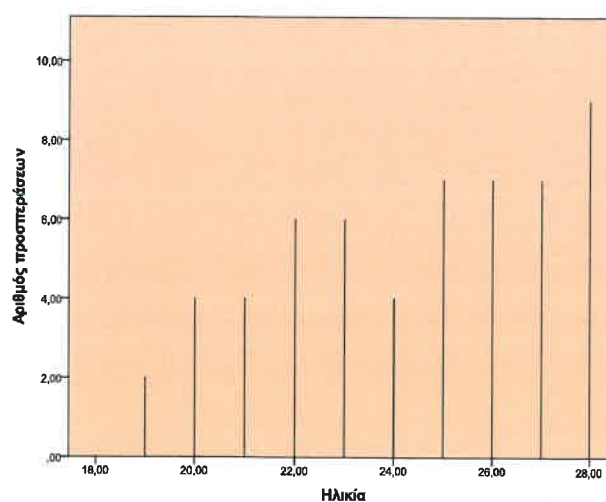
Παρακάτω παρουσιάζονται διαγράμματα, ξεχωριστά για το κάθε φύλο με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων που να ποσοτικοποιούν και να εξηγούν τις διαφοροποιήσεις αυτές. Τα διαγράμματα 4.16 και 4.17 παρουσιάζουν τον αριθμό προσπεράσεων που πραγματοποιήθηκαν σε σχέση με την ηλικία για τους άνδρες και τις γυναίκες αντίστοιχα. Στα Διαγράμματα 4.18 και 4.19 εμφανίζεται η κατανομή του δείγματος των ανδρών και των γυναικών ως προς τα χρόνια κατοχής του διπλώματος οδήγησης.

Ανδρες

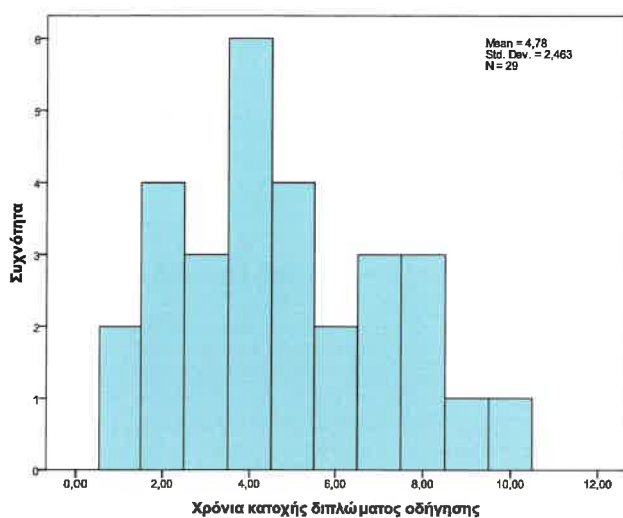


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.16: Αριθμός προσπεράσεων ανδρών σε σχέση με την ηλικία

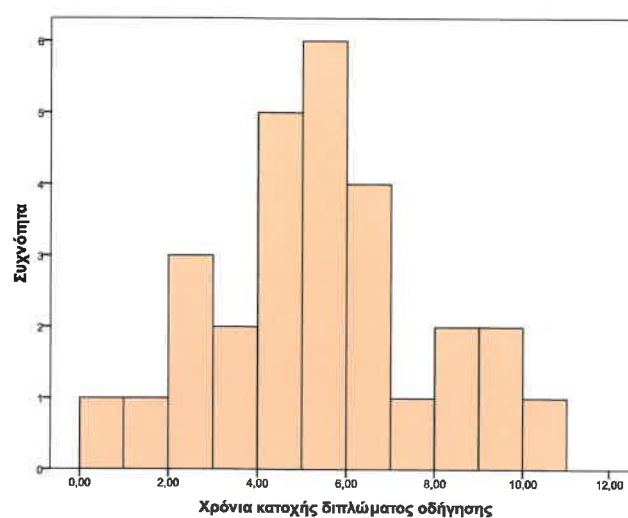
Γυναίκες



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.17: Αριθμός προσπεράσεων γυναικών σε σχέση με την ηλικία



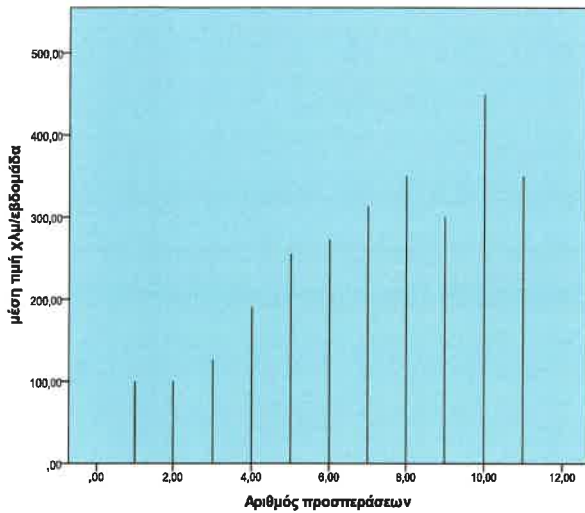
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.18: Ιστογράμμο συχνοτήτων ανδρών για τα έτη κατοχής διπλώματος οδήγησης



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.19: Ιστογράμμο συχνοτήτων γυναικών για τα έτη κατοχής διπλώματος οδήγησης

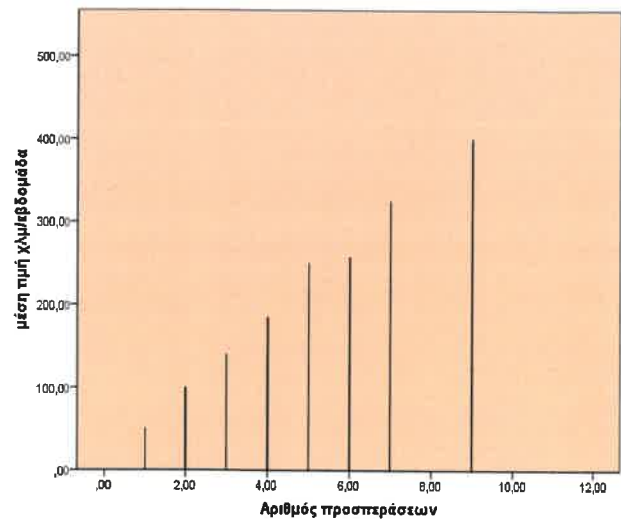
Στα Διαγράμματα 4.20 και 4.21 παρουσιάζεται ο αριθμός προσπεράσεων που έγιναν από τα δύο φύλα ξεχωριστά σε σχέση με τα μέσο αριθμό χιλιομέτρων που διανύονται εβδομαδιαίως. Στα συγκεκριμένα διαγράμματα παρατηρείται ότι η συμπεριφορά των γυναικών παρουσιάζει μεγαλύτερη ομοιομορφία, δηλαδή η αυξητική τάση του αριθμού των προσπεράσεων τους είναι πιο σαφής από αυτή των ανδρών, αν και πραγματοποιούσαν λιγότερες προσπεράσεις. Τα Διαγράμματα 4.22 και 4.23 αποτελούν ιστογράμματα συχνοτήτων για τα έτη που οι άνδρες και οι γυναίκες οδηγοί είναι κάτοχοι του διπλώματός τους.

Ανδρες

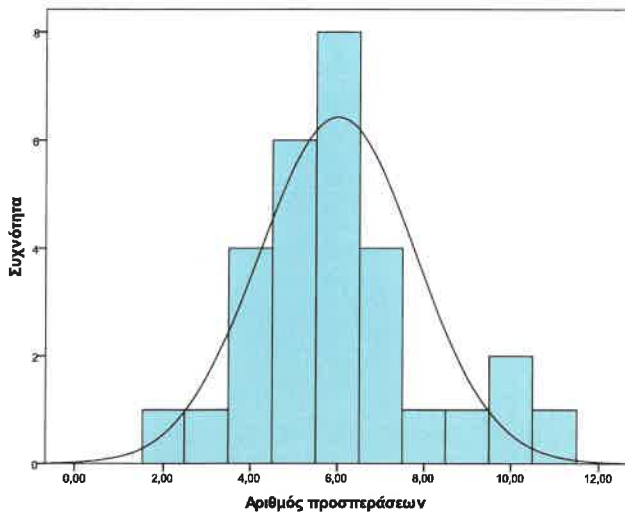


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.20: Αριθμός προσπεράσεων ανδρών σε σχέση με τα χλμ που διανύονται εβδομαδιαίως

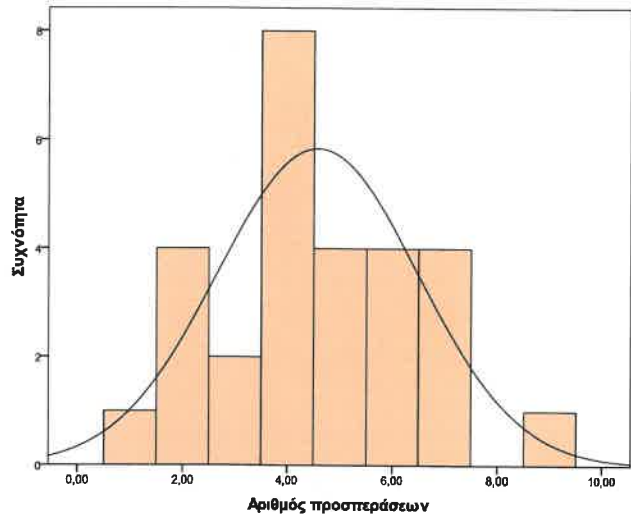
Γυναίκες



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.21: Αριθμός προσπεράσεων γυναικών ανάλογα με τα χλμ που διανύονται εβδομαδιαίως

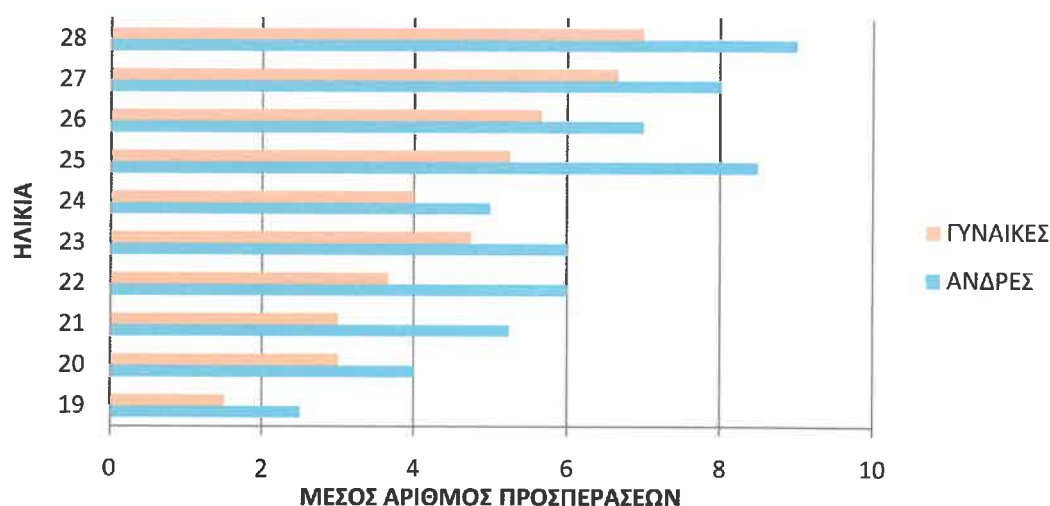


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.22: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ανδρών για τον αριθμό προσπεράσεων



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.23: Αριθμός προσπεράσεων γυναικών σχέση με τα χλμ που διανύονται εβδομαδιαίως

Στο Διάγραμμα 4.24 φαίνεται ο μέσος αριθμός προσπεράσεων που πραγματοποιήθηκαν από τους άνδρες και τις γυναίκες ανάλογα με την ηλικία τους.

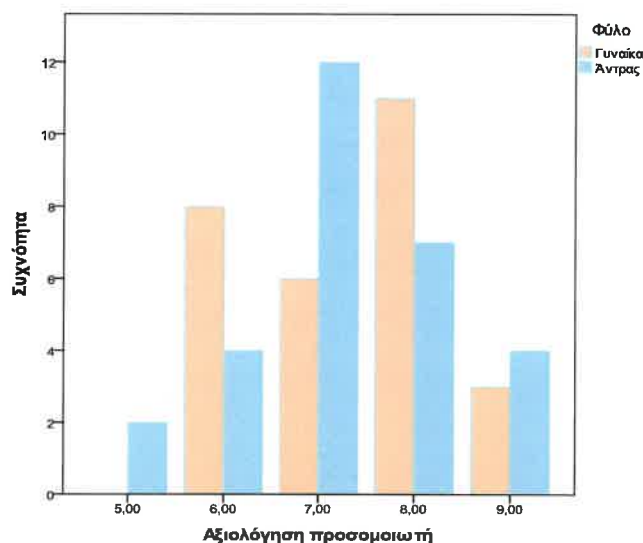


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.24: Συχνότητα προσπεράσεων κατά φύλο και ηλικία

Στο διάγραμμα αυτό, σε ό,τι αφορά στην ηλικία και στον αριθμό των προσπεράσεων, παρατηρείται παρόμοια αυξητική τάση και στα δύο φύλα καθώς αυξάνεται η ηλικία του οδηγού. Στη περίπτωση των ανδρών, υπάρχει σχετική ανομοιομορφία. Αυτό μπορεί να εξηγείται από το γεγονός ότι όπως έχει αναφερθεί στην εισαγωγή της διπλωματικής εργασίας, οι νεαροί άνδρες μπορεί να πραγματοποιήσαν προσπεράσεις όχι μόνο για να αποκτήσουν την ταχύτητα που επιθυμούσαν αλλά και για να κάνουν επίδειξη των δεξιοτήτων τους. Επιπλέον το γεγονός ότι το πείραμα έλαβε χώρα σε ψηφιακό περιβάλλον προσομοίωσης μπορεί να ήταν παράγοντας που παρότρυνε τους άνδρες στο να οδηγήσουν επικινδυνότερα, επειδή συσχέτιζαν αυτό το περιβάλλον με κάποιο ηλεκτρονικό παιχνίδι. Οι γυναίκες από την άλλη πλευρά φαίνεται να έχουν μια πιο ομοιογενή συμπεριφορά ανάλογη με την ηλικία και την οδηγική τους εμπειρία. Αυτό γίνεται πολύ πιο σαφές στο Διάγραμμα 4.21 που παρουσιάζει τον αριθμό προσπεράσεων σε σχέση με τα χιλιόμετρα που διανύουν εβδομαδιαίως.

Πολύ σημαντική κρίθηκε και η αξιολόγηση του προσομοιωτή από τους οδηγούς που συμμετείχαν στο πείραμα για να εξεταστεί το κατά πόσο αισθάνθηκαν ότι οδήγησαν ένα ρεαλιστικό σενάριο και για να εξαχθούν συμπεράσματα για τις υποθέσεις που τέθηκαν κατά τον προγραμματισμό. Έτσι, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να τοποθετήσουν μια βαθμολογία σε κλίμακα από 1-10 στο ρεαλισμό του σεναρίου που οδήγησαν. Από τον Πίνακα 4.1 παρατηρούμε ότι η μέση τιμή της βαθμολογίας ήταν 7,3, βαθμός ικανοποιητικός, αν ληφθεί υπόψιν ότι η συντριπτική πλειοψηφία

των οδηγών ερχόταν πρώτη φορά σε επαφή με έναν προσομοιωτή οδήγησης, οπότε δεν θα μπορούσαν να έχουν συγκριτική άποψη για αυτόν. Το Διάγραμμα 4.25 είναι ιστόγραμμα συχνοτήτων για τις βαθμολογίες που προέκυψαν από την αξιολόγηση του προσομοιωτή.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.25: Αξιολόγηση προσομοιωτή κατά φύλο

Εκτός όμως από τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τα ερωτηματολόγια, έπρεπε να γίνει και περιγραφική στατιστική ανάλυση των μετρήσεων που κωδικοποιήθηκαν από τη διεξαγωγή των πειραμάτων. Αυτά τα στατιστικά αρχικά διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη αφορά στις συνολικές μετρήσεις και η δεύτερη μόνο στις αντίστοιχες μετρήσεις των επιτυχημένων προσπεράσεων που παρατηρήθηκαν. Εν συνεχεία γίνεται διάκριση σε άνδρες και γυναίκες σε συγκεκριμένες μεταβλητές που είχε ενδιαφέρον να εξεταστούν τυχόν διαφορές των κατανομών στα δύο φύλα.

4.4 Προκαταρκτική στατιστική ανάλυση

Η προκαταρκτική στατιστική ανάλυση πραγματοποιείται σε 4 στάδια. Σκοπός αυτού είναι να υπολογιστούν οι κατανομές συχνοτήτων των μικροσκοπικών κυκλοφοριακών μεγεθών, ώστε να μπορέσουν να περιγραφούν οι επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες υπό τις οποίες έλαβε χώρα το πείραμα. Αρχικά γίνεται η ανάλυση των συνολικών μετρήσεων που συγκεντρώθηκαν για το σύνολο του δείγματος από την υλοποίηση των πειραμάτων και οι οποίες περιλαμβάνουν το σύνολο των ευκαιριών για προσπεράσεις που παρουσιάστηκαν στους οδηγούς

ανεξαρτήτως του ποιες από αυτές θέλησαν να αποδεχτούν ή να απορρίψουν. Στη συνέχεια λαμβάνει χώρα η ανάλυση των κυκλοφοριακών συνθηκών που αφορούν στις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης. Τέλος, αναλύονται ξεχωριστά για τα δύο φύλα οι επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες τις οποίες αποδέχτηκαν προκειμένου να προσπεράσουν.

4.4.1 Ανάλυση συνολικών μετρήσεων

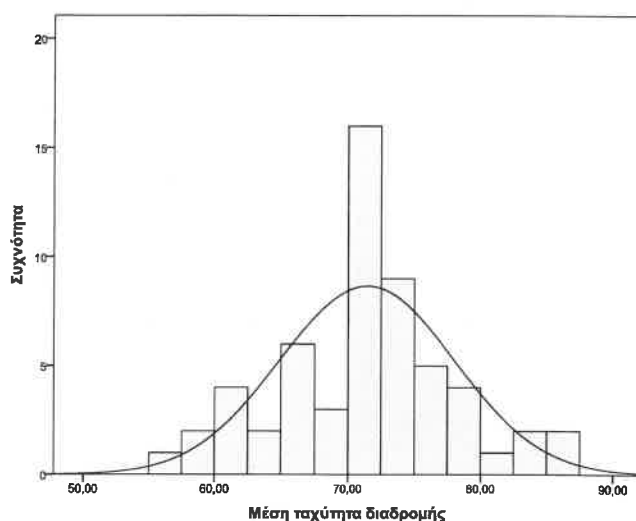
Ο Πίνακας 4.2 περιλαμβάνει τα περιγραφικά στοιχεία των κυκλοφοριακών μεγεθών που συγκεντρώθηκαν από τα πειράματα και στη συνέχεια παρατίθενται τα αντίστοιχα ιστογράμματα συχνοτήτων των μεγεθών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: Περιγραφικά στατιστικά για το σύνολο του δείγματος

	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Ταχύτητα (km/h)	27,01	130,03	76,1536	16,86014
Ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος (km/h)	38,17	75,65	60,7002	7,41818
Χωρικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα (m)	0	350,84	53,3514	50,26926
Χρονικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα (sec)	0	19,06	2,5684	2,61464
Ταχύτητα επερχόμενου οχήματος (km/h)	33,28	79,1	62,1488	7,74667
Χωρικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα (m)	21,52	2243,93	250,9989	124,43861
Χρονικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα (sec)	1,25	131,74	12,4825	7,40554
Διαφορά ταχύτητας προπορευόμενου-εξεταζόμενου οχήματος (km/h)	-26,41	67,83	15,4534	15,03862

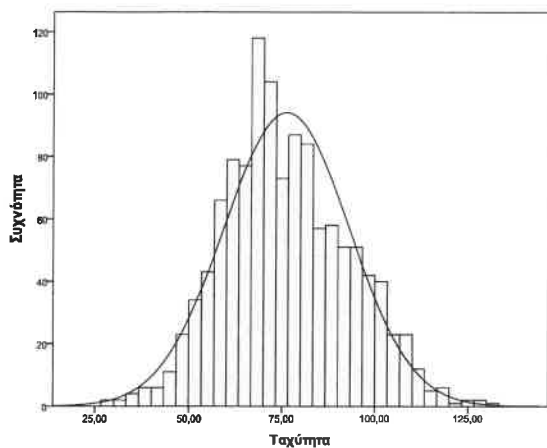
Από τον Πίνακα 4.2 συμπεραίνεται ότι για όλα τα κυκλοφοριακά μεγέθη που μελετώνται υπάρχει μεγάλο εύρος τιμών, δηλαδή εξετάζεται ένα μεγάλο πλήθος παρατηρήσεων που αφορούν στις προσπεράσεις.

Το Διάγραμμα 4.26 παρουσιάζει το ιστόγραμμα συχνοτήτων της μέσης ταχύτητας διαδρομής. Τα Διαγράμματα 4.27-4.32 παρουσιάζουν για κάθε δημιουργούμενο κενό στην απέναντι κυκλοφορία τη στιγμιαία ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος, τη στιγμιαία ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος, το χρονικό διαχωρισμό του προπορευόμενου από το εξεταζόμενο όχημα, τη στιγμιαία ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος, το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το επερχόμενο όχημα και τη διαφορά ταχυτήτων του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα.

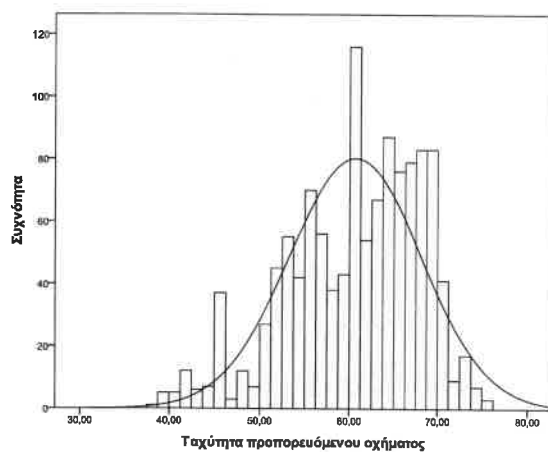


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.26: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για τη μέση ταχύτητα διαδρομής για το σύνολο των μετρήσεων

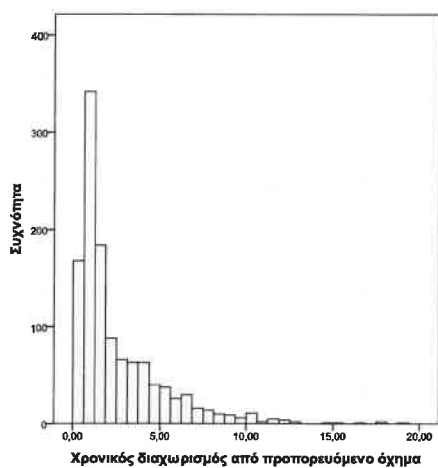
Στα Διαγράμματα 4.27, 4.28, 4.30 και 4.32, τα οποία αφορούν σε ταχύτητες των εμπλεκόμενων στην προσπέραση οχημάτων, εμφανίζεται και η καμπύλη της κανονικής κατανομής. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο πλήθος των τιμών για τη στιγμιαία ταχύτητα κυμαίνεται από 55,92 χλμ/ώρα μέχρι 96,38 χλμ/ώρα σε μία οδό όπου η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα είναι τα 70 χλμ/ώρα. Αυτό δείχνει ότι ένα μεγάλο ποσοστό των οδηγών ξεπερνούσαν τα όρια ταχύτητας. Επιπλέον από τα διαγράμματα αυτά φαίνεται ότι οι εξεταζόμενες ταχύτητες υπακούουν σε μεγάλο βαθμό στην κανονική κατανομή, γεγονός που επιβεβαιώνει τον ορθό σχεδιασμό του σεναρίου και τη ρεαλιστικότητα του πειράματος.



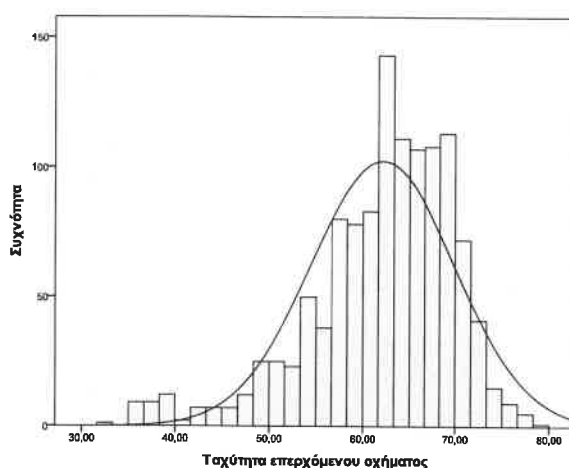
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.27: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας εξεταζόμενου οχήματος για το σύνολο των μετρήσεων



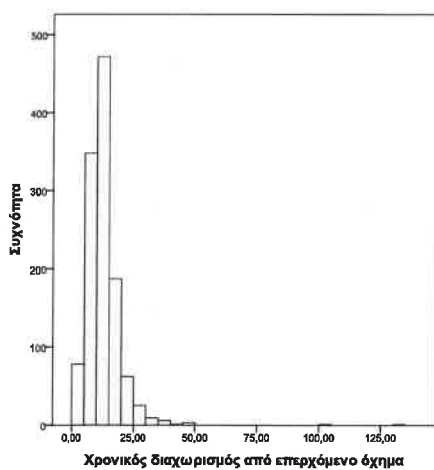
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.28: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας προπορευόμενου οχήματος για το σύνολο των μετρήσεων



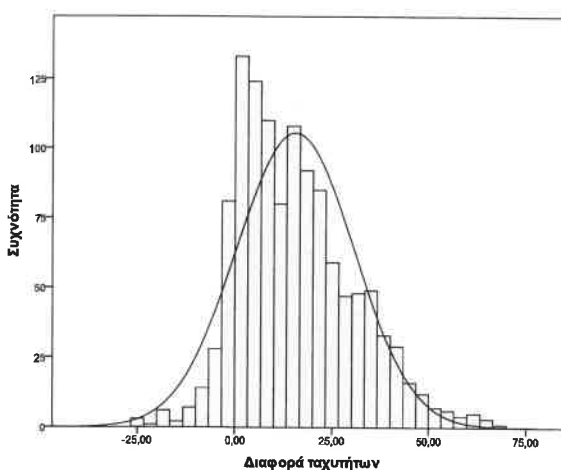
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.29: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από προπορευόμενο όχημα για το σύνολο των μετρήσεων



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.30: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας επερχόμενου οχήματος για το σύνολο των μετρήσεων



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.31: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από επερχόμενο όχημα για το σύνολο των μετρήσεων



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.32: Ιστόγραμμα συχνοτήτων διαφοράς ταχυτήτων εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα για το σύνολο των μετρήσεων

4.4.2 Στατιστική ανάλυση για τις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης

Στο παρόν εδάφιο πραγματοποιείται η στατιστική ανάλυση των μετρήσεων των κυκλοφοριακών συνθηκών που αφορούν στις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης. Ο Πίνακας 4.3 παρουσιάζει τα περιγραφικά στοιχεία των μικροσκοπικών κυκλοφοριακών μεγεθών για τις επιτυχημένες προσπεράσεις που σημειώθηκαν κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων.

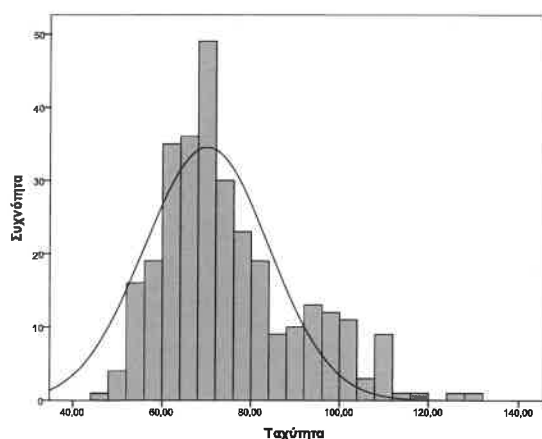
Παρατηρείται ότι η μέση τιμή της ταχύτητας του εξεταζόμενου οχήματος είναι μεγαλύτερη από αυτήν του προπορευόμενου. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι οι οδηγοί επέλεξαν να διατηρήσουν την επιθυμητή τους ταχύτητα προσπερνώντας οχήματα που κινούνταν με χαμηλότερη ταχύτητα. Επιπλέον, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο και επερχόμενο όχημα, τους οποίους αποδέχτηκαν οι οδηγοί προκειμένου να πραγματοποιήσουν μια προσπέραση. Οι τιμές αυτές είναι ενδεικτικές των δεδομένων ταχυτήτων και συνθηκών που οι οδηγοί του πειράματος θεώρησαν ικανές ώστε να προσπεράσουν με ασφάλεια. Το γεγονός ότι δεν καταγράφηκε ατύχημα κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, επισφραγίζει αυτή την παρατήρηση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3: Περιγραφικά στατιστικά για το σύνολο του δείγματος για τις επιτυχημένες προσπεράσεις

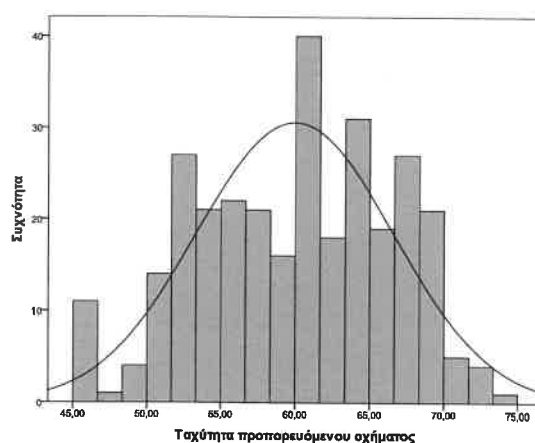
	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Ταχύτητα εξεταζόμενου οχήματος (km/h)	46,09	128,39	75,0788	15,46721
Ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος (km/h)	45	74,5	59,9656	6,59017
Χωρικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα (m)	0	175,07	19,4503	16,9814
Χρονικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα (sec)	0	8,94	0,9109	0,76
Ταχύτητα επερχόμενου οχήματος (km/h)	35,72	74,9	61,0909	6,73171
Χωρικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα (m)	99,56	2243,93	331,0335	177,89758
Χρονικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα (sec)	5,34	131,74	16,8259	10,79251
Διαφορά ταχυτήτων (km/h)	-4,91	64,29	15,1131	14,6489
Χρόνος προσπέρασης (sec)	2,38	7,98	5,2832	1,3192

Από τα περιγραφικά στατιστικά των αποδεκτών ευκαιριών προσπέρασης που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν η μέση τιμή του χρονικού διαχωρισμού του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα και από το επερχόμενο όχημα αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές είναι ενδεικτικές ως προς τα κενά που αποδέχονται οι οδηγοί προκειμένου να προσπεράσουν. Σημειώνεται ότι οι τιμές αυτές αφορούν στη συγκεκριμένη σύνθεση της κυκλοφορίας, όπου ο κυκλοφοριακός φόρτος και στα δύο ρεύματα κυκλοφορίας υπολογίστηκε ίσος με 500 οχήματα/ώρα και η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας ίση με 60 km/h. Μία πιθανή αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα δύο ρεύματα κυκλοφορίας θα είχε μεγάλη επίδραση στο χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα, καθότι θα εμφανίζονταν μικρότερα κενά στην απέναντι κυκλοφορία που θα έπρεπε να αποδεχτεί ένας οδηγός προκειμένου να προσπεράσει. Από την άλλη πλευρά, ο χρονικός διαχωρισμός του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα ίσως να εμφάνιζε κάποια μικρή μείωση, ώστε να ελαττωθεί η συνολική απόσταση που απαιτεί μια προσπέραση.

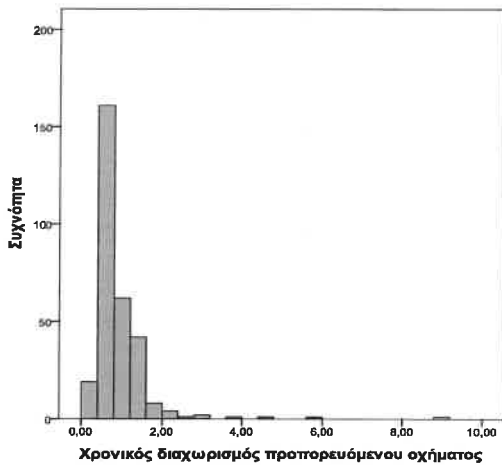
Τα Διαγράμματα 4.33-4.38 παρουσιάζουν τα ιστογράμματα συχνοτήτων της στιγμιαίας ταχύτητας του εξεταζόμενου οχήματος, της ταχύτητας του προπορευόμενου οχήματος, του χρονικού διαχωρισμού του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα, της ταχύτητας του επερχόμενου οχήματος, της διαφοράς στιγμιαίας ταχύτητας εξεταζόμενου και προπορευόμενου οχήματος και της χρονικής διάρκειας προσπέρασης αντίστοιχα.



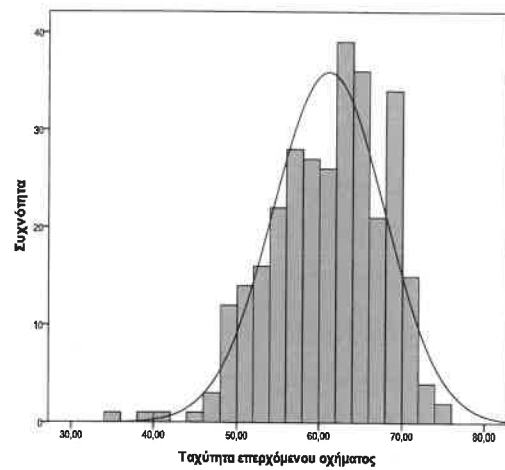
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.33: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας εξεταζόμενου οχήματος μόνο για τις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης



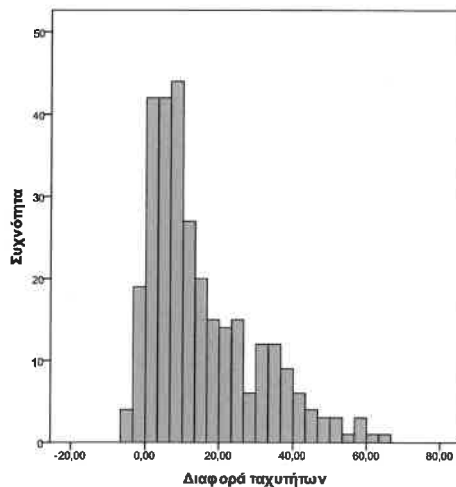
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.34: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας προπορευόμενου οχήματος μόνο για τις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης



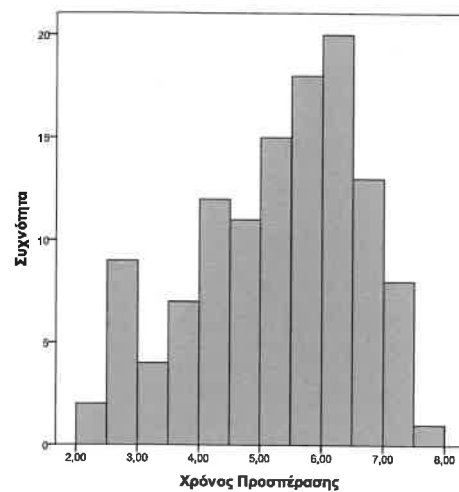
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.35: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από προπορευόμενο όχημα μόνο για τις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.36: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας επερχόμενου οχήματος μόνο για τις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης

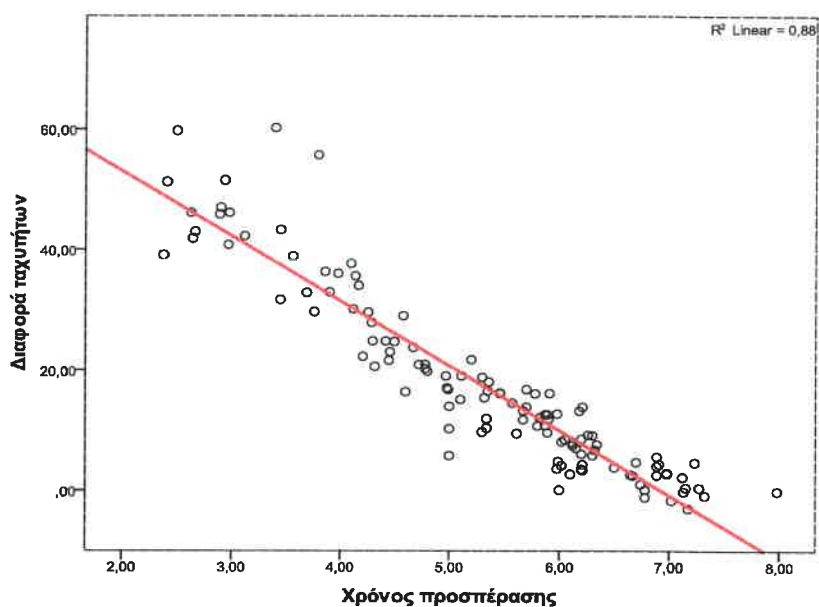


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.37: Ιστόγραμμα συχνοτήτων διαφοράς ταχυτήτων εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα μόνο για τις αποδεκτές ευκαιρίες προσπέρασης



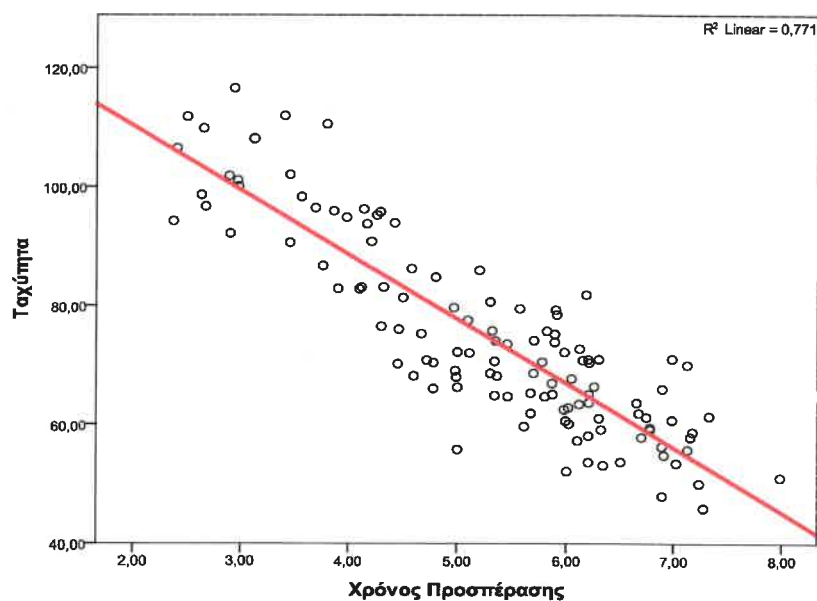
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.38: Ιστόγραμμα συχνοτήτων διάρκειας προσπέρασης

Το Διάγραμμα 4.39 παρουσιάζει τη χρονική διάρκεια του ελιγμού της προσπέρασης σε σχέση με τη διαφορά ταχύτητας του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα. Παρατηρείται ότι υπάρχει υψηλή γραμμική συσχέτιση ($R^2=0,88$), δηλαδή όταν μειώνεται η διαφορά ταχύτητας των δύο οχημάτων, απαιτείται περισσότερος χρόνος για να γίνει η προσπέραση, όπως άλλωστε και αναμενόταν.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.39: Διάρκεια προσπέρασης σε σχέση με τη διαφορά ταχύτητας εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα

Στο Διάγραμμα 4.40 αποτυπώνεται η χρονική διάρκεια της προσπέρασης σε σχέση με την ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος. Και σε αυτή την περίπτωση, τα δύο μεγέθη παρουσιάζουν υψηλή αρνητική γραμμική συσχέτιση ($R^2=-0,771$), δηλαδή όσο αυξάνεται η ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος, μειώνεται ο χρόνος ολοκλήρωσης του ελιγμού.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.40: Διάρκεια προσπέρασης σε σχέση με τη ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος

4.4.3 Στατιστική ανάλυση αποδεκτών ευκαιριών προσπέρασης ανδρών

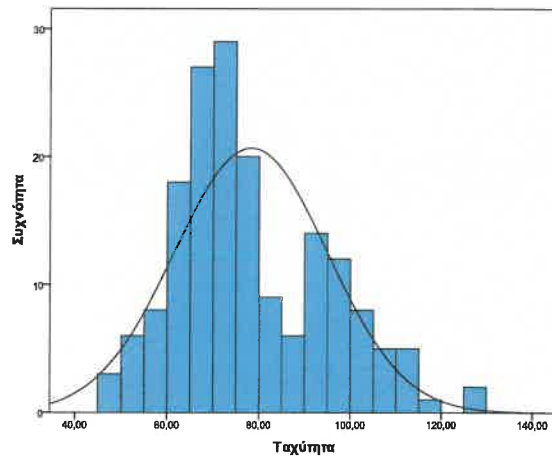
Αυτό το στάδιο της στατιστικής επεξεργασίας αφορά στην ανάλυση των επικρατουσών κυκλοφοριακών συνθηκών που αποδέχτηκε το δείγμα των ανδρών για να προσπεράσουν.

Ο Πίνακας 4.4 δείχνει τα περιγραφικά στατιστικά για τις επιτυχημένες προσπεράσεις των ανδρών.

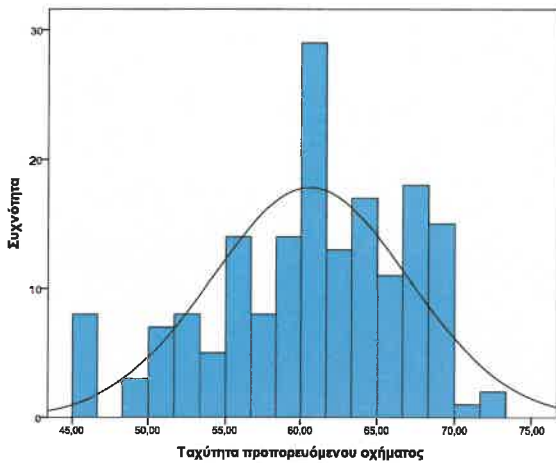
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4: Περιγραφικά στατιστικά επιτυχημένων προσπεράσεων για τους άνδρες

	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Ταχύτητα εξεταζόμενου οχήματος (km/h)	46,09	128,39	78,2406	16,69923
Ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος (km/h)	45,19	73,3	60,5632	6,45727
Χωρικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα (m)	5,66	83,11	20,3584	14,2236
Χρονικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα (sec)	0,33	4,61	0,9159	0,55009
Ταχύτητα επερχόμενου οχήματος (km/h)	38,16	72,5	61,6278	6,56109
Χωρικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα (m)	99,56	698,45	308,1114	104,5753
Χρονικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα (sec)	5,34	49,77	15,1124	7,03558
Διαφορά ταχυτήτων (km/h)	-4,91	64,29	17,6774	16,35813
Χρόνος προσπέρασης (sec)	2,38	7,27	5,1317	1,35905

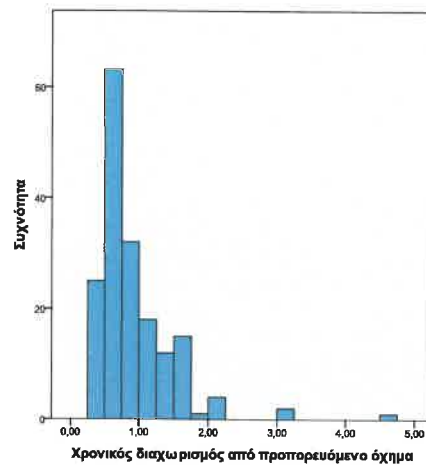
Τα Διαγράμματα 4.41-4.47 παρουσιάζουν τα ιστογράμματα συχνοτήτων της ταχύτητας του εξεταζόμενου και του προπορευόμενου οχήματος, του χρονικού διαχωρισμού του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα, της ταχύτητας του επερχόμενου οχήματος, του χρονικού διαχωρισμού από το επερχόμενο όχημα, της διαφοράς ταχύτητας εξεταζόμενου-προπορευόμενου οχήματος και τέλος της χρονικής διάρκειας του ελιγμού της προσπέρασης.



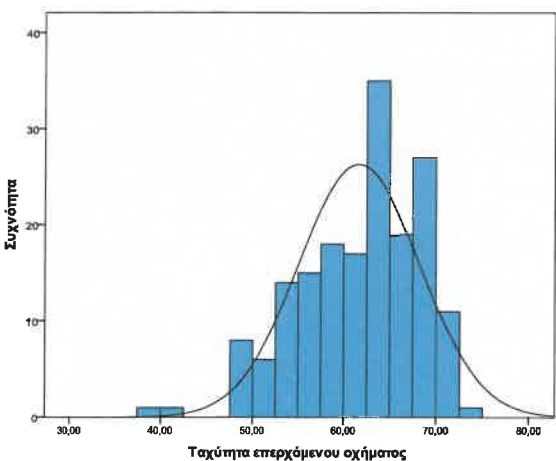
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.41: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας εξεταζόμενου οχήματος για τους άνδρες



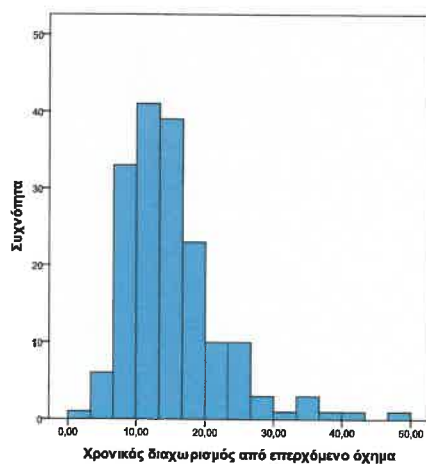
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.42: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας προτιμωόμενου οχήματος για τους άνδρες



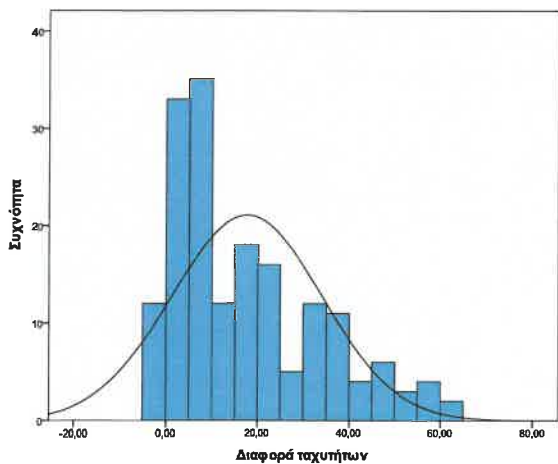
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.43: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από προτιμωόμενο όχημα για τους άνδρες



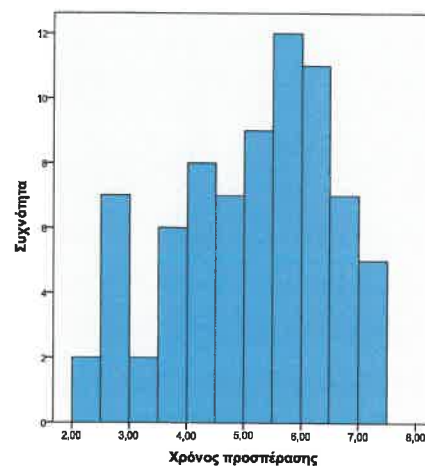
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.44: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας επερχόμενου οχήματος για τους άνδρες



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.45: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από επερχόμενο όχημα για τους άνδρες

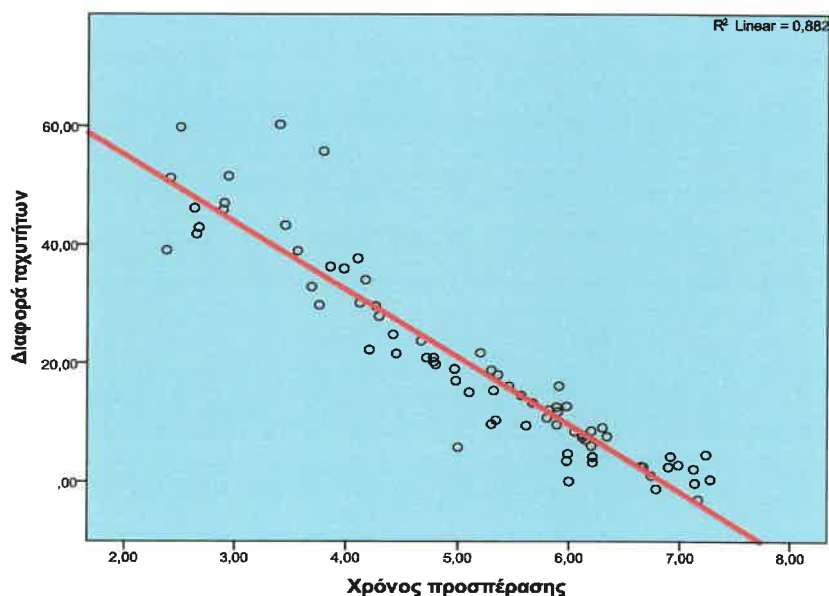


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.46: Ιστόγραμμα συχνοτήτων διαφοράς ταχυτήτων εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα για τους άνδρες

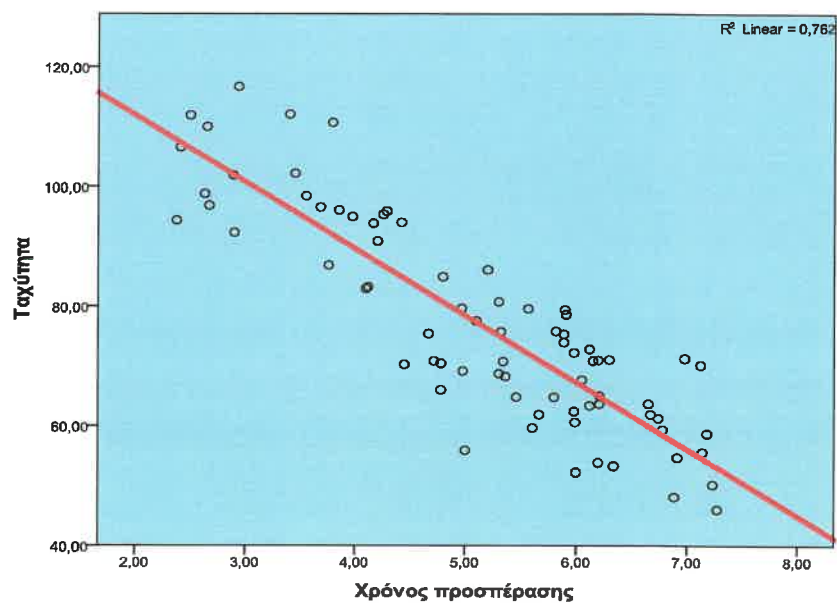


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.47: Ιστόγραμμα συχνοτήτων διάρκειας προσπέρασης για τους άνδρες

Το Διάγραμμα 4.48 δείχνει τη στιγμιαία ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος σε σχέση με τη διάρκεια του ελιγμού. Τα δύο μεγέθη όπως αναμενόταν παρουσιάζουν υψηλή γραμμική συσχέτιση ίση με $R^2 = -0,882$. Το Διάγραμμα 4.49 παρουσιάζει τη χρονική διάρκεια του ελιγμού συναρτήσει της διαφοράς ταχύτητας προπορευόμενου- εξεταζόμενου οχήματος με $R^2 = -0,762$.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.48: Διάρκεια προσπέραση σε σχέση με τη διαφορά ταχύτητας εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα για τους άνδρες



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.49: Διάρκεια προσπέραση σε σχέση με τη ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος για τους άνδρες

Τα Διαγράμματα 4.48 και 4.49 αποτυπώνουν την γραμμική σχέση που διέπει τη χρονική διάρκεια της προσπέρασης με την ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος και τη διαφορά ταχύτητας εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα.

4.4.4 Στατιστική ανάλυση αποδεκτών ευκαιριών προσπέρασης γυναικών

Το τέταρτο και τελευταίο στάδιο της προκαταρκτικής στατιστικής ανάλυσης, αφορά στις μετρήσεις των αποδεκτών ευκαιριών προσπέρασης των γυναικών.

Στον Πίνακα 4.5 παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τις επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες που αποδέχτηκαν οι γυναίκες προκειμένου να προσπεράσουν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5: Περιγραφικά στατιστικά επιτυχημένων προσπεράσεων για τις γυναίκες

	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση Τιμή	Τυπική Διακύμανση
Ταχύτητα (km/h)	51,22	108,12	71,0734	12,60452
Ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος (km/h)	45	74,5	59,0603	6,74564
Χωρικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα (m)	0	175,07	18,338	20,27027
Χρονικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα (sec)	0	8,94	0,9065	0,9838
Ταχύτητα επερχόμενου οχήματος (km/h)	35,72	74,9	60,3634	6,9943
Χωρικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα (m)	121,58	2243,93	359,7194	243,08675
Χρονικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα (sec)	6,38	131,74	18,9758	14,18948
Διαφορά ταχυτήτων (km/h)	-2,37	46,17	12,0132	11,12089
Χρόνος προσπέρασης (sec)	2,97	7,98	5,545	1,21816

Από τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των κυκλοφοριακών συνθηκών που αποδέχτηκαν οι γυναίκες προκειμένου να προσπεράσουν παρατηρούνται διαφορές από τους άνδρες (Πίνακας 4.4). Αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρείται μεγάλη διαφορά σε σχέση με τους άνδρες σε ότι αφορά την απόσταση τους από το

επερχόμενο όχημα (Πίνακας 4.4 και 4.5). Έκριναν δηλαδή ότι χρειάζονταν μεγαλύτερο διαθέσιμο κενό στην επερχόμενη κυκλοφορία για να προσπεράσουν. Πρέπει όμως να γίνει έλεγχος για το αν αυτή η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική και όχι τυχαία. Το μέγεθος που θα ελεγχθεί είναι ο χρονικός διαχωρισμός του εξεταζόμενου από το επερχόμενο όχημα.

$$\alpha_1 < \text{M.O. ανδρών} < \alpha_2 \Rightarrow 14,714 < \mathbf{15,11} < 15,50$$

$$\beta_1 < \text{M.O. γυναικών} < \beta_2 \Rightarrow 18,321 < \mathbf{18,975} < 19,62$$

Όπου:

$$\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2 = \pm (M.O. + \alpha \sqrt{\frac{s}{N}})$$

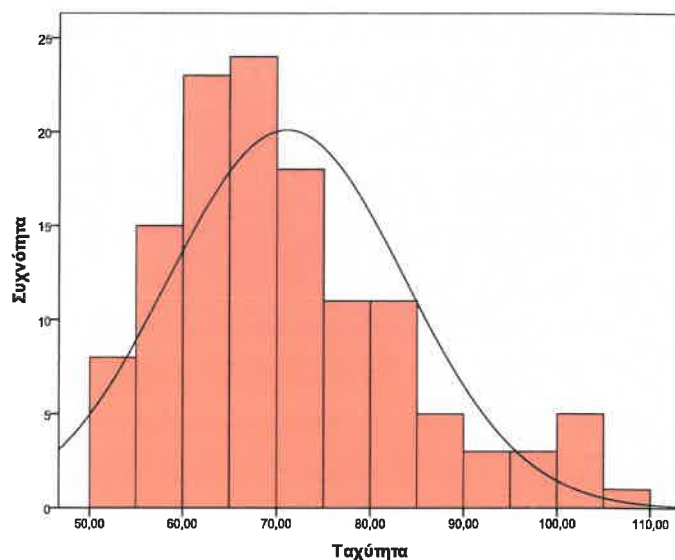
Και $\alpha=1,96$ για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

Παρατηρείται ότι η διαφορά των δύο μέσων όρων είναι στατιστικά σημαντική διότι ισχύει $\alpha_1 < \beta_2$. Επομένως η επιλογή να γίνει διαχωρισμός στην ανάλυση για τα δύο φύλα ήταν σωστή. Οι άνδρες αποδεχόμενοι μικρότερα κενά στην απέναντι κυκλοφορία για να προσπεράσουν, επέδειξαν μια πιο επικίνδυνη συμπεριφορά από τις γυναίκες.

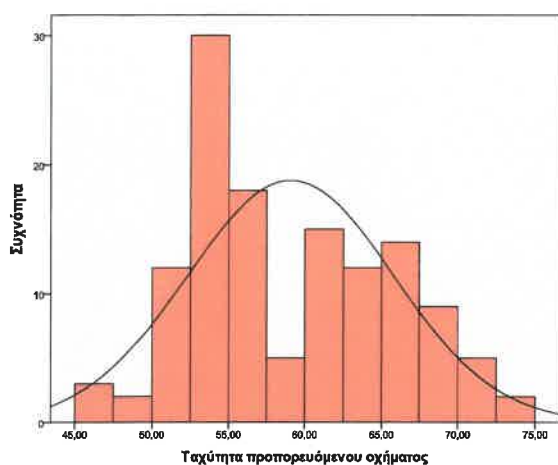
Από τα αποτελέσματα συμπεραίνεται ότι εν γένει οι γυναίκες επέλεξαν να κινηθούν με χαμηλότερη ταχύτητα από τους άνδρες. Επιπλέον δέχονταν μικρότερους χρονικούς διαχωρισμούς από το προπορευόμενο όχημά τους από τους άνδρες. Αυτό δείχνει ότι αισθάνονταν μεγαλύτερη ανασφάλεια στο να αποδεχτούν ένα κενό της επερχόμενης κυκλοφορίας όταν είχαν μεγάλη απόσταση από το όχημα που κινούνταν μπροστά τους.

Τέλος, από τους Πίνακες 4.4 και 4.5 φαίνεται ότι η μέση χρονική διάρκεια του ελιγμού της προσπέρασης ήταν μικρότερη στην περίπτωση των ανδρών σε σχέση με τις γυναίκες. Αυτό υποδηλώνει μια επιθετική συμπεριφορά των ανδρών, εφόσον έπρεπε να επιταχύνουν περισσότερο από τις γυναίκες για να καλύψουν το μικρότερο κενό που αποδέχτηκαν στην επερχόμενη κυκλοφορία.

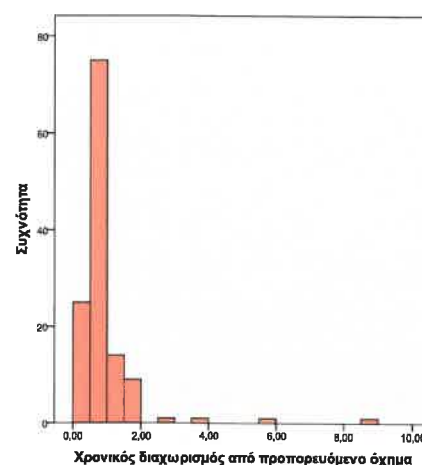
Τα διαγράμματα 4.50-4.56 παρουσιάζουν τα ιστογράμματα συχνοτήτων της ταχύτητας του εξεταζόμενου και του προπορευόμενου οχήματος, του χρονικού διαχωρισμού του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα, της ταχύτητας του επερχόμενου οχήματος, του χρονικού διαχωρισμού από το επερχόμενο όχημα, της διαφοράς ταχύτητας εξεταζόμενου-προπορευόμενου οχήματος και τέλος της χρονικής διάρκειας του ελιγμού της προσπέρασης.



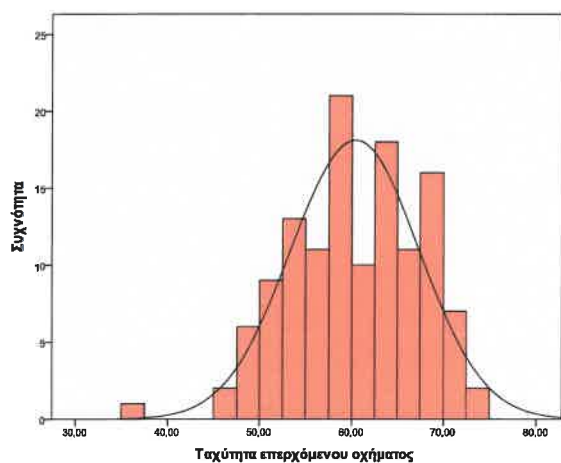
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.50: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας εξεταζόμενου οχήματος για τις γυναίκες



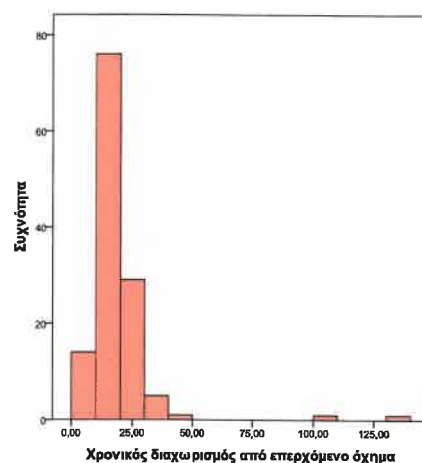
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.51: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας προπορευόμενου οχήματος για τις γυναίκες



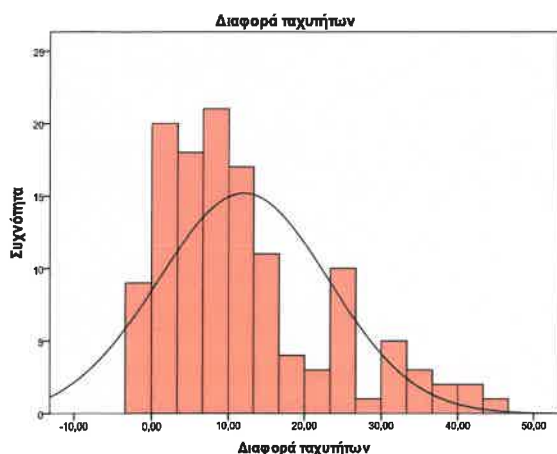
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.52: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από προπορευόμενο όχημα για τις γυναίκες



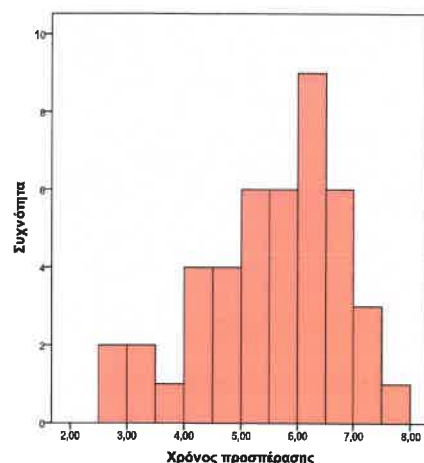
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.53: Ιστόγραμμα συχνοτήτων ταχύτητας επερχόμενου οχήματος για τις γυναίκες



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.54: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρονικού διαχωρισμού από επερχόμενο όχημα για τις γυναίκες

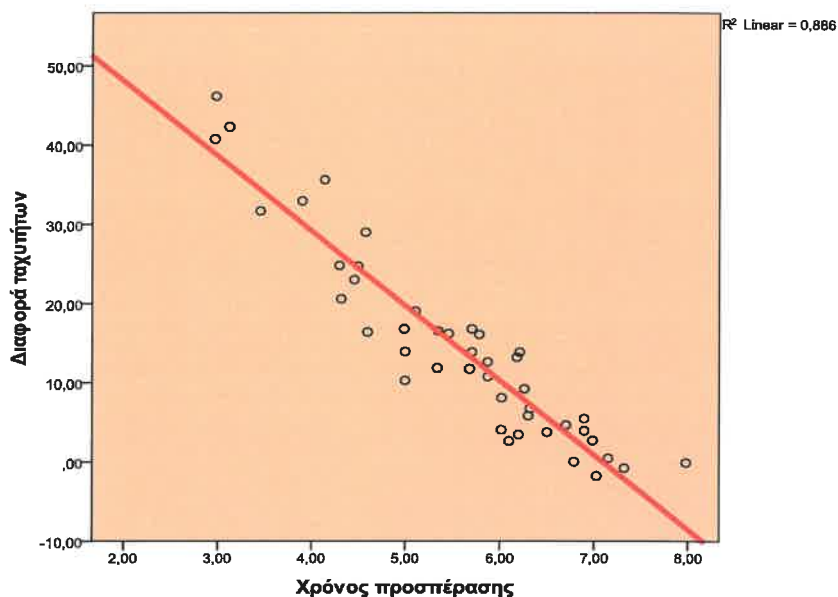


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.55: Ιστόγραμμα συχνοτήτων διαφοράς ταχυτήτων εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα για τις γυναίκες

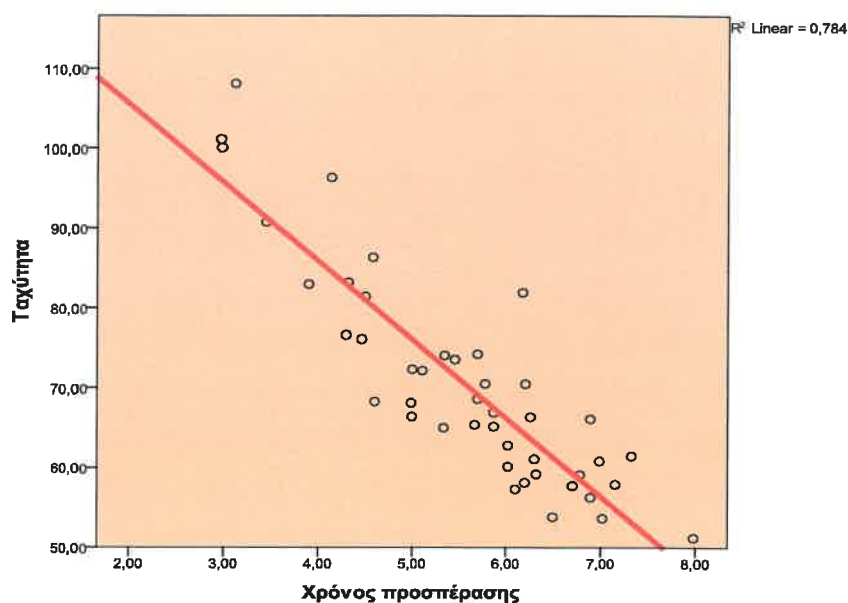


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.56: Ιστόγραμμα συχνοτήτων διάρκειας προσπέρασης για τις γυναίκες

Στο Διάγραμμα 4.57 δείχνει τη στιγμιαία ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος σε σχέση με τη διάρκεια του ελιγμού ($R^2=-0,886$) και το Διάγραμμα 4.58 τη χρονική διάρκεια του ελιγμού συναρτήσει της διαφοράς ταχύτητας προπορευόμενου-εξεταζόμενου οχήματος ($R^2=-0,784$).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.57: Διάρκεια προσπέραση σε σχέση με τη διαφορά ταχύτητας εξεταζόμενου από προπορευόμενο όχημα για τις γυναίκες



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.58: Διάρκεια προσπέρασης σε σχέση με τη ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος για τις γυναίκες

Στην περίπτωση των γυναικών, όπως συνέβη και με τους άνδρες, η χρονική διάρκεια του ελιγμού συνδέεται γραμμικά με την ταχύτητα του υπό εξέταση οχήματος και τη διαφορά ταχύτητας από το προπορευόμενο όχημα. Στο Διάγραμμα 5.58, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο πλήθος των τιμών είναι συγκεντρωμένο στις χαμηλότερες ταχύτητες με μεγαλύτερη διάρκεια προσπέρασης. Στο αντίστοιχο διάγραμμα των ανδρών (Διάγραμμα 4.49), παρατηρείται ότι οι τιμές που καταγράφηκαν για τους άνδρες καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος τιμών, ενώ οι γυναίκες φαίνονται να είναι πιο συντηρητικές ως προς την ταχύτητά τους.

Από τα παραπάνω εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

- Οι άνδρες παρατηρείται ότι είχαν υψηλότερη ταχύτητα κατά μέσο όρο από τις γυναίκες και κατ' επέκταση μεγαλύτερη διαφορά ταχύτητας από το προπορευόμενο όχημα τους, γεγονός που συνάδει με τα ευρήματα της βιβλιογραφίας ότι ακολουθούν μια πιο επικίνδυνη οδηγική συμπεριφορά έναντι των γυναικών.
- Σε ό,τι αφορά το μέσο χρονικό διαχωρισμό από το προπορευόμενο όχημα, τα δύο φύλα έδειξαν παρόμοια συμπεριφορά και η διαφορά στο μέσο όρο των δύο δειγμάτων δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική

Για τους άνδρες: $0,8054 < 0,9159 < 1,026$

Για τις γυναίκες: $0,734 < 0,9065 < 1,079$

- Εν γένει οι άνδρες δέχονταν μικρότερα κενά της επερχόμενης κυκλοφορίας για να πραγματοποιήσουν μια προσπέραση και είχαν μικρότερη τυπική απόκλιση σε σχέση με αυτή των γυναικών.
- Η διαφορά που παρατηρήθηκε μέση διάρκεια του ελιγμού της προσπέρασης προέκυψε στατιστικά σημαντική για τα δύο φύλα:

Για τους άνδρες: $4,9604 < 5,1317 < 5,305$

Για τις γυναίκες: $5,353 < 5,545 < 5,737$

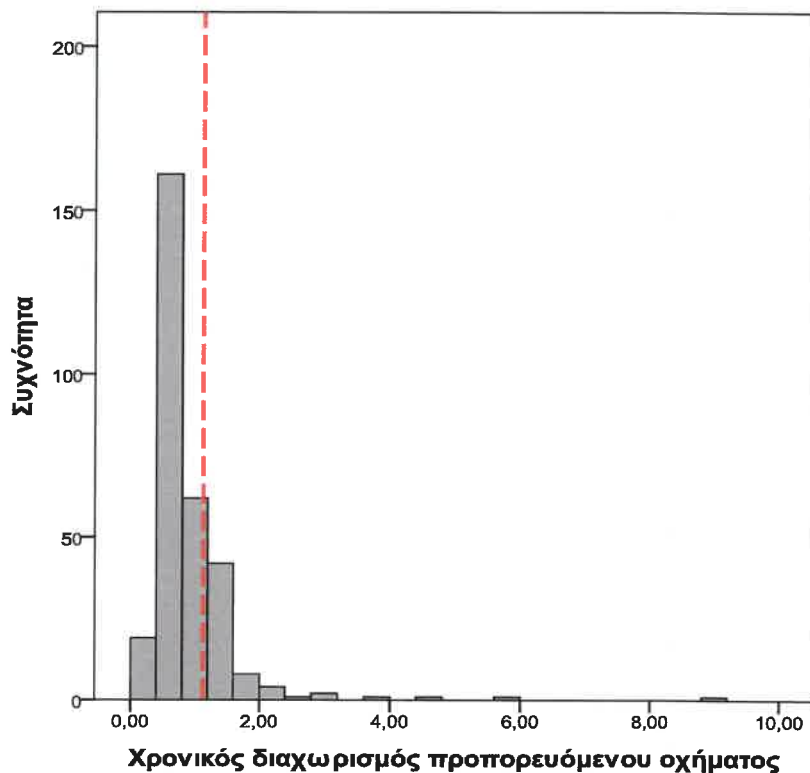
4.5 Κατηγοριοποίηση προσπεράσεων

Παρατηρήθηκε ότι οι περισσότεροι από τους ελιγμούς των προσπεράσεων έλαβαν χώρα όταν ένα γρηγορότερο όχημα επιβράδυνε, ακολουθούσε το βραδύτερο όχημα που βρισκόταν μπροστά του και επιτάχυνε πάλι όταν αποφάσιζε να το προσπεράσει (accelerative). Υπήρξαν όμως και προσπεράσεις όπου ο οδηγός κινούταν με πολύ μεγάλη ταχύτητα σε σχέση με το προπορευόμενο όχημα του, υπήρχε μεγάλο κενό στην επερχόμενη κυκλοφορία και έτσι δεν παρατηρήθηκε επιβράδυνση στη κίνηση του αλλά άρχισε να προσπερνάει το όχημα που βρισκόταν μπροστά του βγαίνοντας στη λωρίδα αντίθετης κατεύθυνσης όταν είχε πολύ μεγάλο χρονικό διαχωρισμό από αυτό (flying).

Από τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τα πειράματα έγινε προσπάθεια να ενταχθούν οι πραγματοποιηθείσες προσπεράσεις σε μία από τις δύο περιπτώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω. Για να γίνει αυτό, αρχικά έγινε διαχωρισμός των μετρήσεων βάσει του χρονικού διαχωρισμού που είχαν οι οδηγοί από το προπορευόμενο όχημα τους όταν ξεκινούσαν την προσπέραση. Έτσι βάση της κατανομής συχνοτήτων των χρονικών διαχωρισμών που παρουσιάστηκε παραπάνω κρατήθηκαν οι τιμές με την υπόθεση ότι ίσχυε το κατώτατο όριο: $\overline{T_h} + 1,2s = 1,812$ (όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.59). Το όριο αυτό αποφασίστηκε ως η δυσμενέστερη περίπτωση.

Επιπλέον όμως, εκτός από τον μεγάλο χρονικό διαχωρισμό έπρεπε να υπάρχει και μεγάλη διαφορά ταχυτήτων μεταξύ εξεταζόμενου-προπορευόμενου οχήματος. Από το σύνολο των 303 επιτυχημένων προσπεράσεων που σημειώθηκαν μόνο 12 πληρούσαν αυτές τις προϋποθέσεις και αυτό συμβαίνει λόγω της μικρής συνολικής διαδρομής οδήγησης και των περιορισμών που έθετε ο ίδιος ο προσομοιωτής

οδήγησης. Ο αριθμός αυτός κρίθηκε ότι δεν είναι ικανός έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί μια ανάλυση παλινδρόμησης όπου εξαρτημένη μεταβλητή θα είναι ο τύπος της προσπέρασης (flying ή accelerative) και να ερμηνευτεί το χαμηλό ποσοστό πρόβλεψης του προτύπου για τις επιτυχημένες προσπεράσεις.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.59: Κρίσιμη τιμή χρονικού διαχωρισμού από προπορευόμενο όχημα για ένταξη της προσπέρασης σε κατηγορία

4.6 Επιλογή στατιστικού προτύπου

Μετά τα γενική στατιστική επεξεργασία, έγινε η επιλογή του κατάλληλου στατιστικού προτύπου που θα περιέγραφε με τον βέλτιστο τρόπο τους παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της προσπέρασης. Αποφασίστηκε η χρήση της ανάλυσης παλινδρόμησης. Επειδή η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι διακριτή, δηλαδή παίρνει μόνο τιμές 0 και 1, όπου 0 σημαίνει ότι ο οδηγός δεν δέχτηκε το κενό που προσφερόταν στην επερχόμενη κυκλοφορία και 1 ότι το δέχτηκε και πραγματοποιήσε τον ελιγμό, ως καταλληλότερη μέθοδος παλινδρόμησης κρίθηκε η λογιστική παλινδρόμηση. Για να γίνει η επιλογή των ανεξάρτητων μεταβλητών που συμμετείχαν σε κάθε πρότυπο, έγινε αρχικά ανάλυση συσχετίσεων των μεταβλητών, για να απορριφθούν όσες μεταβλητές είχαν υψηλή συσχέτιση. Παρακάτω παρατίθεται αναλυτικά η πορεία που ακολουθήθηκε για να επιλεγεί το βέλτιστο πρότυπο.

- ⇒ Πριν την εισαγωγή των ανεξάρτητων μεταβλητών, εξασφαλίστηκε από τον πίνακα συσχετίσεων, ότι οι **ανεξάρτητες μεταβλητές δεν είναι συσχετισμένες** (συντελεστές συσχέτισης $< |\pm 0,7|$).
- ⇒ Το **επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας** των μεταβλητών πρόβλεψης είναι **μικρότερο από 0,05 (5%)**.
- ⇒ Η **τιμή του στατιστικού ελέγχου Wald** είναι **μεγαλύτερη από 1,7** για όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές.
- ⇒ Οι **τιμές και τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης b_i** μπορούν να εξηγηθούν **λογικά**.
- ⇒ Η **τιμή των λογαρίθμων των συναρτήσεων πιθανοφάνειας (loglikelihood)** είναι όσο το δυνατόν **μικρότερη**.

Συνολικά, από την κωδικοποίηση των φύλλων επεξεργασίας, συγκεντρώθηκαν 1193 μετρήσεις, εκ των οποίων οι 303 ήταν μετρήσεις αποδεκτών ευκαιριών προσπέρασης.

Στην ανάλυση που ακολουθεί αρχικά έγινε η δημιουργία ενός προτύπου για το σύνολο των μετρήσεων στο οποίο ως μεταβλητές πρόβλεψης τέθηκαν όλα τα κυκλοφοριακά και δημογραφικά στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τα πειράματα

για να γίνει μια πρώτη αξιολόγηση του βαθμού επιρροής του κάθε παράγοντα στη διαδικασία της προσπέρασης. Στη συνέχεια παρατίθενται όλα τα βήματα της ανάλυσης για το καταληκτικό πρότυπο. Κρίθηκε σκόπιμο να γίνουν αναλύσεις λογιστικής παλινδρόμησης και για τα δύο φύλα ξεχωριστά για να ποσοτικοποιηθούν τυχόν διαφοροποιήσεις στη συμπεριφορά τους, εφόσον βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συμπεριφορά των δύο φύλων από την προκαταρκτική στατιστική ανάλυση.

Στον Πίνακα 4.6 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των εξαρτημένων μεταβλητών μεταξύ τους. Από τον Πίνακα, παρατηρείται ότι τα μόνα μεγέθη που παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση είναι η ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος με τη διαφορά ταχύτητας εξεταζόμενου-προπορευόμενου οχήματος. Για αυτό το λόγο θα αναλυθούν τα πρότυπα με μία από τις δύο μεταβλητές. Η μεταβλητή που επιλέχθηκε να συμμετάσχει είναι η ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος, διότι μετρήθηκε άμεσα κατά το πείραμα σε αντίθεση με τη διαφορά ταχύτητας εξεταζόμενου-προπορευόμενου οχήματος, που υπολογίστηκε έμμεσα από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Οι υπόλοιπες μεταβλητές δεν έχουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ τους, οπότε και μπορούν να περιληφθούν στα πρότυπα της παλινδρόμησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6: Πίνακας συσχέτισης ανεξάρτητων μεταβλητών

Ταχύτητα	Ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος	Χρονικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα	Ταχύτητα επερχόμενου οχήματος	Χρονικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα	Χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης	Χλμ/εβδομάδα	Διαφορά ταχυτήτων
1	,452 ^{**}	-0,054	,279 ^{**}	-,365 ^{**}	,138 ^{**}	,204 ^{**}	,898 ^{**}
Ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος	1	-,127 ^{**}	,662 ^{**}	-,243 ^{**}	-,190 ^{**}	-,117 ^{**}	0,014
Χρονικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα	-,127 ^{**}	1	-,284 ^{**}	,127 ^{**}	-,104 ^{**}	-,126 ^{**}	0,002
Ταχύτητα επερχόμενου οχήματος	,662 ^{**}	-,284 ^{**}	1	-,353 ^{**}	-,114 ^{**}	-0,052	-0,014
Χρονικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα	-,243 ^{**}	,127 ^{**}	-,353 ^{**}	1	-0,042	-,069 [*]	-,290 ^{**}
Χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης	-,190 ^{**}	-,104 ^{**}	-,114 ^{**}	-0,042	1	,681 ^{**}	,248 ^{**}
Χλμ/εβδομάδα	-,117 ^{**}	-,126 ^{**}	-0,052	-,069 [*]	,681 ^{**}	1	,286 ^{**}
Διαφορά ταχυτήτων	0,014	0,002	-0,014	-,290 ^{**}	,248 ^{**}	,286 ^{**}	1

*= η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

**= η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%

4.6.1 Προκαταρκτική ανάλυση λογιστικής παλινδρόμησης

Σε αυτό το στάδιο της ανάλυσης περιλαμβάνονται οι κυκλοφοριακοί παράγοντες και οι παράγοντες συμπεριφοράς του οδηγού, για να πραγματοποιηθεί ένας αρχικός εντοπισμός των παραγόντων που επηρεάζουν περισσότερο τη λήψη της απόφασης για την αποδοχή μιας ευκαιρίας για προσπέραση.

Ο Πίνακας 4.7 κατηγοριοποιεί την εξαρτημένη μεταβλητή, η οποία στην προκειμένη περίπτωση είναι η αποδοχή ή όχι μιας παρουσιαζόμενης ευκαιρίας για προσπέραση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7: Πίνακας κατηγοριοποίησης εξαρτημένης μεταβλητής

Παρατηρηθέντα	Προβλεπόμενα		
	Μη αποδεκτή ευκαιρία	Αποδεκτή ευκαιρία	Ποσοστό Πρόβλεψης
Μη αποδεκτή ευκαιρία	890	0	100
Αποδεκτή ευκαιρία	303	0	0
Συνολικό ποσοστό			74,6

Το υπογραμμισμένο ποσοστό, δηλώνει την ικανότητα πρόβλεψης του προτύπου, χωρίς τη συμμετοχή των ανεξάρτητων μεταβλητών πρόβλεψης. Το ποσοστό 74,6 υποδηλώνει ότι το πόσο επί τοις εκατό το πρότυπο κατατάσσει σωστά τα δεδομένα που αφορούν στις προσπεράσεις. Στόχος είναι, μετά την λογιστική παλινδρόμηση, το ποσοστό αυτό να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερο.

Ο Πίνακας 4.8 δείχνει τις τιμές για τη μεταβλητή που συμμετέχει στο βασικό πρότυπο, το οποίο περιλαμβάνει μόνο το σταθερό όρο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8: Μεταβλητές στην εξίσωση του βασικού προτύπου

		B	S.E.	Wald	df	Sig.
Βήμα 0	Σταθερά	-1,077	,067	262,432	1	,000

Ο Πίνακας 4.9 παρουσιάζει το ιστορικό επαναλήψεων για την βελτιστοποίηση του προτύπου. Σε αυτό το στάδιο της ανάλυσης, η τιμή του λόγου πιθανοφάνειας (-2LL) θα πρέπει να είναι μικρότερη από την αρχική, όταν μόνο ο σταθερός όρος συμπεριλαμβανόταν στο πρότυπο και αυτό γιατί χαμηλότερες τιμές του λόγου

πιθανοφάνειας υποδεικνύουν ότι το μοντέλο προβλέπει την τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής με μεγαλύτερη ακρίβεια. Όταν συμπεριλαμβανόταν μόνο η σταθερά ο λόγος πιθανοφάνειας ήταν ίσος με 1352,068 και τώρα που έγινε εισαγωγή όλων των μεταβλητών πρόβλεψης έχει μειωθεί στο 644,472. Αυτή η μείωση δείχνει ότι το πρότυπο έχει βελτιωθεί σε σχέση με πριν στο να προβλέπει αν θα πραγματοποιηθεί ένας ελιγμός προσπέρασης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9: Πίνακας ιστορικού επαναλήψεων

Επαναλήψεις	-2 Log likelihood	Συντελεστές							
		Σταθερά	V	Vh	Th	Vo	To	Gender	Licence
1	981,642	-1,267	,009	,003	-,285	-,019	,097	-,246	,051
2	799,919	-2,746	,029	-,012	-,629	-,019	,191	-,359	,078
3	704,706	-3,241	,051	-,027	-1,159	-,025	,247	-,392	,088
4	659,962	-4,084	,071	-,039	-1,778	-,023	,291	-,363	,085
5	645,869	-4,103	,084	-,047	-2,342	-,024	,310	-,348	,072
6	644,484	-3,962	,089	-,051	-2,583	-,026	,319	-,353	,066
7	644,472	-3,957	,090	-,052	-2,608	-,026	,320	-,354	,065
8	644,472	-3,957	,090	-,052	-2,608	-,026	,320	-,354	,065

Ο Πίνακας κατηγοριοποίησης 4.10 δείχνει το πόσο καλά το πρότυπο προβλέπει τα δύο ενδεχόμενα της επιτυχούς και ανεπιτυχούς προσπέρασης. Το παρόν πρότυπο κατηγοριοποιεί σωστά το 89,7% των δεδομένων, ποσοστό υπολογισμένο από το σταθμισμένο μέσο όρο των δύο ενδεχομένων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.10: Πίνακας κατηγοριοποίησης ενδεχομένων πρόβλεψης του προτύπου

Παρατηρηθέντα	Προβλεπόμενα		
	Μη αποδεκτή ευκαιρία	Αποδεκτή ευκαιρία	Ποσοστό Πρόβλεψης
Μη αποδεκτή ευκαιρία	845	45	94,9
Αποδεκτή ευκαιρία	78	225	74,3
Συνολικό ποσοστό			89,7

Ο Πίνακας 4.11 παρουσιάζει τις τιμές των μεταβλητών πρόβλεψης που έχουν εισαχθεί στο μοντέλο. Για τις τιμές αυτές παρουσιάζει την τιμή του συντελεστή επιρροής (bi), για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή το τυπικό σφάλμα (S.E.), την τιμή για

το στατιστικό έλεγχο Wald, τους βαθμούς ελευθερίας (df) και το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (Sig.) κάθε μεταβλητής.

Οι υπογραμμισμένες μεταβλητές είναι αυτές που έχουν επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο από 5% και ταυτόχρονα το Wald statistic τους είναι μεγαλύτερο από 1,7.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.11: Μεταβλητές στην εξίσωση του προτύπου

	bi	S.E.	Wald	df	Sig.
Ταχύτητα εξεταζόμενου οχήματος (V)	,090	,010	87,418	1	,000
Ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος (Vh)	-,052	,021	6,017	1	,014
Χρονικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα(Th)	-2,608	,238	119,891	1	,000
Ταχύτητα επερχόμενου οχήματος (Vo)	-,026	,022	1,334	1	,248
(To)	,320	,030	115,733	1	,000
Φύλο	-,354	,201	3,093	1	,079
Δίπλωμα οδήγησης	,065	,045	2,127	1	,145
Σταθερά	-3,957	1,664	5,656	1	,017

Το παρόν στάδιο της ανάλυσης είναι εξαιρετικά σημαντικό γιατί δηλώνει τις εκτιμήσεις των συντελεστών των μεταβλητών πρόβλεψης που έχουν συμπεριληφθεί στο πρότυπο. Οι συντελεστές b_i ουσιαστικά είναι οι τιμές που πρέπει να περιληφθούν στην εξίσωση της λογιστικής παλινδρόμησης για να καθορίσουν την πιθανότητα ένα ενδεχόμενο να εμπίπτει στην κατάλληλη κατηγορία. Η ερμηνεία του κάθε συντελεστή b_i είναι ότι ουσιαστικά αντιπροσωπεύει την αλλαγή του φυσικού λογάριθμου της πιθανότητας να συμβεί προσπέραση, η οποία σχετίζεται με αλλαγή μίας μονάδας στην εκάστοτε μεταβλητή πρόβλεψης. Το κρίσιμο στατιστικό μέγεθος είναι το Wald statistic το οποίο ακολουθεί τη κατανομή χ^2 και δείχνει αν ο συντελεστής b_i για κάθε μεταβλητή πρόβλεψης είναι σημαντικά διαφορετικός από το μηδέν. Αν δεν είναι τότε μπορεί να γίνει η υπόθεση ότι η συγκεκριμένη μεταβλητή πρόβλεψης δεν προσφέρει σημαντική συνεισφορά στη πρόβλεψη του ενδεχομένου της προσπέρασης.

Στο συγκεκριμένο πρότυπο παρατηρείται ότι οι παράγοντες που σχετίζονται με τη συμπεριφορά του οδηγού δεν έχουν στατιστική σημαντικότητα. Αυτό συμβαίνει γιατί

οι κυκλοφοριακοί παράγοντες που επηρεάζουν την προσπέραση είναι πολύ ισχυροί και κρύβουν πρακτικά την επίδραση των χαρακτηριστικών των οδηγών στη λήψη της απόφασης. Επίσης ένα άλλο σημαντικό σχόλιο είναι ότι η ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος δεν αποτελεί μια μεταβλητή πρόβλεψης. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι ο οδηγός δεν μπορεί να εκτιμήσει με ακρίβεια με τι ταχύτητα κινείται το όχημα της αντίθετης κατεύθυνσης και αυτό γίνεται ακόμα πιο αισθητό σε ένα περιβάλλον ψηφιακής προσομοίωσης.

Από αυτή τη πρωταρχική ανάλυση λογιστικής παλινδρόμησης παρατηρείται ότι οι εξαρτημένες μεταβλητές που περιγράφουν τις κυκλοφοριακές συνθήκες υπό τις οποίες έλαβε χώρα ή όχι η προσπέραση έχουν και τη μεγαλύτερη ικανότητα πρόβλεψης. Αυτό που παρατηρείται και αξίζει να αναφερθεί είναι ότι η ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος δεν φαίνεται να παρουσιάζει επιρροή στο αν θα πραγματοποιηθεί μια προσπέραση ή όχι και επομένως δεν θα συμπεριληφθεί στα επόμενα πρότυπα. Σε μία όμως τόσο πολύπλοκη διαδικασία προφανώς και οι μεταβλητές που σχετίζονται με τη συμπεριφορά του οδηγού (φύλο, εμπειρία οδήγησης κλπ.) δεν μπορούν να αγνοηθούν. Γι αυτό αποφασίστηκε να δημιουργηθούν ξεχωριστά πρότυπα παλινδρόμησης για τα κυκλοφοριακά μεγέθη για όλο το στατιστικό δείγμα και στη συνέχεια για κάθε φύλο ξεχωριστά.

4.6.2 1^ο πρότυπο: Ανάλυση της διαδικασίας της προσπέρασης για το σύνολο του στατιστικού δείγματος με συμμετοχή μόνο των κυκλοφοριακών παραγόντων

Το πρότυπο αυτό περιλαμβάνει μόνο τα μικροσκοπικά κυκλοφοριακά μεγέθη που επηρεάζουν την απόφαση ενός οδηγού να πραγματοποιήσει ή όχι έναν ελιγμό προσπέρασης. Από τη πρωταρχική ανάλυση παλινδρόμησης παρατηρήθηκε ότι η ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος δεν συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση του προτύπου γι αυτό και δεν συμπεριλήφθηκε στην ανάλυση που ακολουθεί.

Ο Πίνακας 4.12 κατηγοριοποιεί την εξαρτημένη μεταβλητή, η οποία στην προκειμένη περίπτωση είναι η αποδοχή ή όχι μιας παρουσιαζόμενης ευκαιρίας για προσπέραση. Το συνολικό ποσοστό πρόβλεψης είναι ίδιο με αυτό που παρουσιάστηκε στον Πίνακα 4.7 διότι δεν έχουν εισαχθεί ακόμα οι ανεξάρτητες μεταβλητές πρόβλεψης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.12: Πίνακας κατηγοριοποίησης εξαρτημένης μεταβλητής 1^{ου} προτύπου

Παρατηρηθέντα	Προβλεπόμενα		
	Μη αποδεκτή ευκαιρία	Αποδεκτή ευκαιρία	Ποσοστό Πρόβλεψης
Μη αποδεκτή ευκαιρία	890	0	100
Αποδεκτή ευκαιρία	303	0	0
Συνολικό ποσοστό			74,6

Ο Πίνακας 4.13 παρουσιάζει το ιστορικό επαναλήψεων του 1^{ου} προτύπου. Το πρότυπο κατά τη διάρκεια των επαναλήψεων βελτιώθηκε, αφού ο λόγος πιθανοφάνειας μειώθηκε από 944,171 στο πρώτο βήμα σε 651,202 στο όγδοο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.13: Πίνακας ιστορικού επαναλήψεων 1^{ου} προτύπου

Επαναλήψεις	-2 Log likelihood	Συντελεστές				
		Σταθερά	V	Vh	Th	To
1	994,171	-1,561	0,013	-0,015	-0,284	0,1
2	812,555	-2,958	0,035	-0,033	-0,636	0,194
3	713,907	-3,689	0,059	-0,051	-1,181	0,25
4	666,902	-4,481	0,079	-0,061	-1,825	0,294
5	652,507	-4,629	0,092	-0,069	-2,399	0,315
6	651,213	-4,629	0,096	-0,073	-2,63	0,326
7	651,202	-4,633	0,097	-0,074	-2,652	0,327
8	651,202	-4,633	0,097	-0,074	-2,652	0,327

Ο Πίνακας 4.14 δείχνει την ικανότητα πρόβλεψης του προτύπου εκφρασμένη σε ποσοστό για τα δύο ενδεχόμενα της εξαρτημένης μεταβλητής. Παρατηρείται ότι το συνολικό ποσοστό πρόβλεψης του προτύπου είναι 89,5% ποσοστό ιδιαίτερα ικανοποιητικό. Το ποσοστό πρόβλεψης για τις επιτυχημένες προσπεράσεις παρουσιάζει διαφορά από αυτό των αποτυχημένων και αυτό δείχνει ότι απαιτεί μεγαλύτερη διερεύνηση. Σε πρώτη φάση έγιναν αναλύσεις ξεχωριστά για τα δύο φύλα για να σταθμιστεί το κατά πόσο αυτό το ποσοστό μπορεί να αυξηθεί και να εξηγηθεί λόγω της διαφορετικής οδηγικής συμπεριφοράς ανδρών και γυναικών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.14: Πίνακας κατηγοριοποίησης ενδεχομένων πρόβλεψης 1^{ου} προτύπου

Παρατηρηθέντα	Προβλεπόμενα		
	Μη αποδεκτή ευκαιρία	Αποδεκτή ευκαιρία	Ποσοστό Πρόβλεψης
Μη αποδεκτή ευκαιρία	844	46	94,8
Αποδεκτή ευκαιρία	79	224	73,9
Συνολικό ποσοστό			89,5

Ο Πίνακας 4.15 παρουσιάζει τα αποτελέσματα για τις ανεξάρτητες μεταβλητές που συμμετέχουν στο πρότυπο. Όλες οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο πρότυπο έχουν στατιστική σημαντικότητα και θα συμπεριληφθούν στην τελική εξίσωση της λογιστικής παλινδρόμησης

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.15: Μεταβλητές στην εξίσωση του 1^{ου} προτύπου

	B	S.E.	Wald	df	Sig.
Ταχύτητα εξεταζόμενου οχήματος (V)	0,097	0,009	109,769	1	0
Ταχύτητα Προπορευόμενου οχήματος (Vh)	-0,074	0,017	19,758	1	0
Χρονικός διαχωρισμός προπορευόμενου οχήματος (Th)	-2,652	0,234	128,093	1	0
Χρονικός διαχωρισμός επερχόμενου οχήματος (To)	0,327	0,028	137,923	1	0
Σταθερός όρος	-4,633	1,194	15,06	1	0

Ο τύπος για το πρώτο πρότυπο είναι:

$$P(Y) = \frac{1}{1+e^{-(-4,633+0,097V-0,074Vh-2,652Th+0,327To)}} \quad (1)$$

όπου

V : στιγμιαία ταχύτητα εξεταζόμενου οχήματος

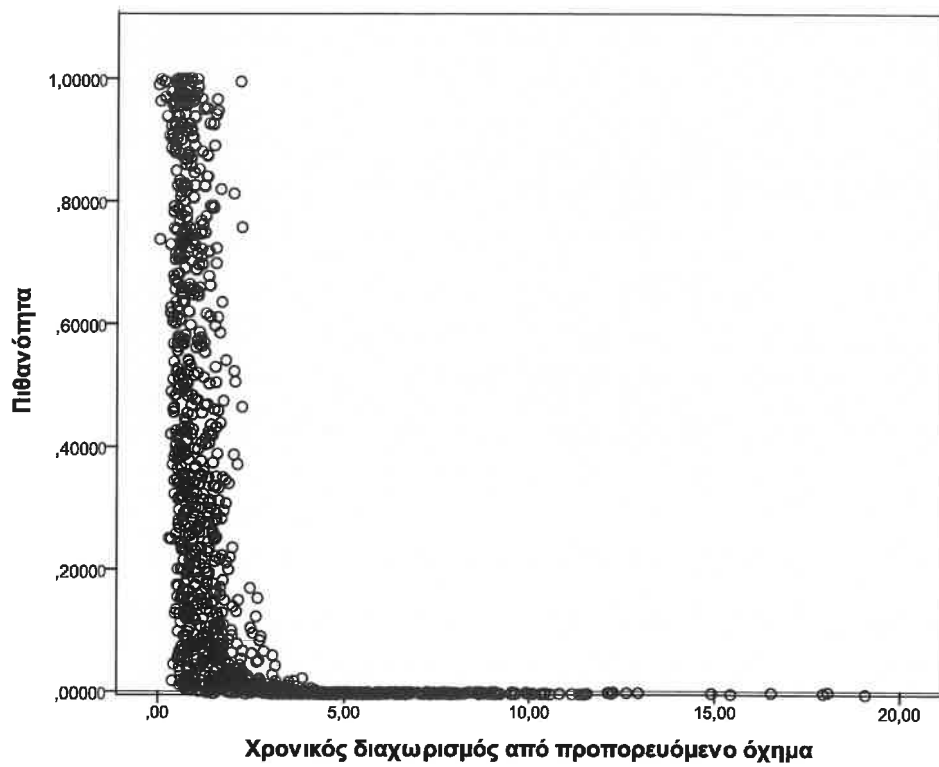
V_h : στιγμιαία ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος

T_h : χρονικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα

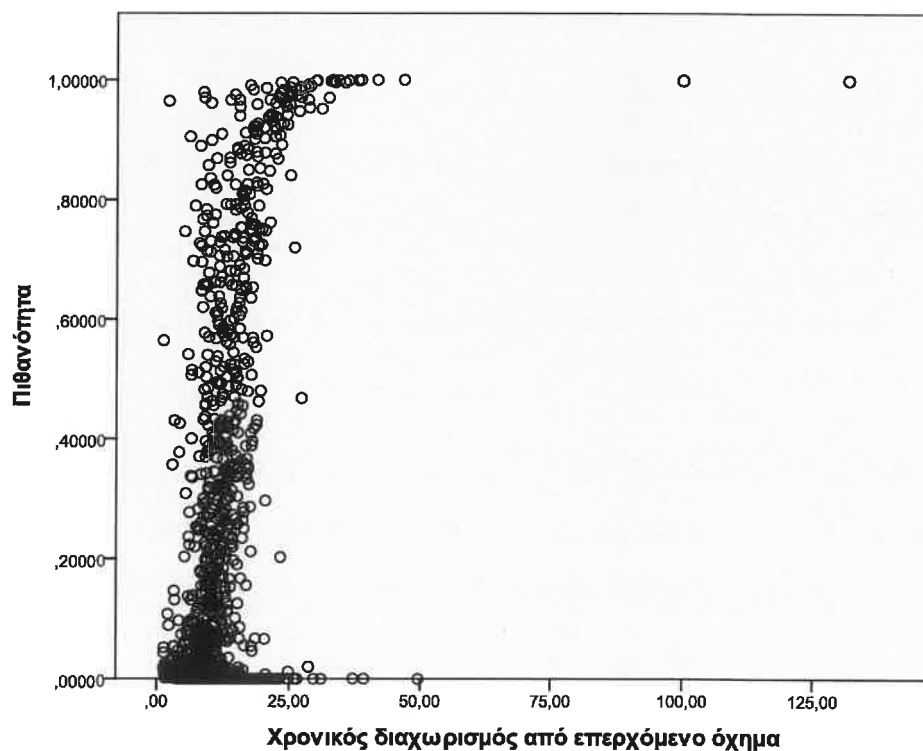
T_o : χρονικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο συγκεκριμένο πρότυπο τη μεγαλύτερη επιρροή στη λήψη της απόφασης για προσπέραση έχει ο χρονικός διαχωρισμός από το προπορευόμενο όχημα, δηλαδή η απόσταση που έχει το όχημα του οδηγού από το όχημα που κινείται μπροστά του. Όσο μειώνεται αυτή η απόσταση, τόσο πιθανότερο είναι να γίνει η προσπέραση. Άλλα συμπεράσματα που εξάγονται είναι ότι η πιθανότητα προσπέρασης αυξάνεται όσο μικρότερη είναι η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος. Αντίθετα, η πιθανότητα αυτή αυξάνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος και ο χρονικός διαχωρισμός του από το όχημα της αντίθετης κατεύθυνσης.

Τα Διαγράμματα 4.60 και 4.61 παρουσιάζουν την πιθανότητα προσπέρασης σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα και τον χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το επερχόμενο όχημα, όπως προέκυψαν από την εφαρμογή της σχέσης (1) στα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από το πείραμα. Το Διάγραμμα 4.60 δείχνει ότι η πιθανότητα προσπέρασης μειώνεται όσο αυξάνεται ο χρονικός διαχωρισμός από το προπορευόμενο όχημα και το Διάγραμμα 4.61 ότι η πιθανότητα αυξάνεται όσο αυξάνεται ο χρονικός διαχωρισμός του επερχόμενου οχήματος. Από τις μορφές των Διαγραμμάτων 4.60 και 4.61 συμπεραίνεται ότι ο χρονικός διαχωρισμός από το προπορευόμενο όχημα σε σχέση με την πιθανότητα να γίνει η προσπέραση ακολουθούν την κατανομή Γάμμα με πολύ μικρή τυπική απόκλιση (Διάγραμμα 4.60), ενώ ο χρονικός διαχωρισμός του επερχόμενου οχήματος από το εξεταζόμενο σε σχέση με την πιθανότητα προσπέρασης, φαίνεται να ακολουθούν Αθροιστική Κατανομή (Διάγραμμα 4.61).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.60: Πιθανότητα προσπέρασης σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.61: Πιθανότητα προσπέρασης σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το επερχόμενο όχημα

4.6.3 2^ο πρότυπο: Ανάλυση της διαδικασίας της προσπέρασης για τα δεδομένα των ανδρών

Παρακάτω γίνεται ανάλυση παλινδρόμησης των κυκλοφοριακών παραγόντων μόνο για τους άνδρες. Στον Πίνακα 4.15 φαίνεται η κατηγοριοποίηση των δύο ενδεχομένων της εξαρτημένης μεταβλητής προτού ξεκινήσει η ανάλυση της λογιστικής παλινδρόμησης, χωρίς δηλαδή τη συμβολή των εξαρτημένων μεταβλητών στο δεύτερο πρότυπο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.16: Πίνακας κατηγοριοποίησης εξαρτημένης μεταβλητής 2^{ου} προτύπου

Παρατηρηθέντα	Προβλεπόμενα		
	Μη αποδεκτή ευκαιρία	Αποδεκτή ευκαιρία	Ποσοστό Πρόβλεψης
Μη αποδεκτή ευκαιρία	443	0	100
Αποδεκτή ευκαιρία	175	0	0
Συνολικό ποσοστό			71,7

Ο Πίνακας 4.17 δείχνει το ιστορικό επαναλήψεων του δεύτερου προτύπου και είναι εμφανής η μείωση του λόγου πιθανοφάνειας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.17: Πίνακας ιστορικού επαναλήψεων 2^{ου} προτύπου

Επαναλήψεις	-2 Log likelihood	Συντελεστές				
		Σταθερά	V	Vh	Th	To
1	524,24	-2,299	0,02	-0,018	-0,325	0,147
2	446,692	-2,839	0,039	-0,039	-0,709	0,218
3	403,624	-2,988	0,057	-0,055	-1,26	0,248
4	382,321	-3,474	0,074	-0,06	-1,923	0,266
5	377,52	-3,67	0,084	-0,067	-2,403	0,286
6	377,306	-3,706	0,086	-0,069	-2,523	0,294
7	377,306	-3,707	0,087	-0,069	-2,529	0,294
8	377,306	-3,707	0,087	-0,069	-2,529	0,294

Παρατηρείται ότι η ικανότητα πρόβλεψης του βασικού προτύπου που περιλαμβάνει μόνο τη σταθερά b_0 είναι 71,7% (ίδιο με Πίνακα 4.14).

Στον Πίνακα 4.18 κατηγοριοποιούνται τα δύο ενδεχόμενα που αντιπροσωπεύει η εξαρτημένη μεταβλητή ανάλογα με το ποσοστό πρόβλεψης καθενός από αυτά. Παρατηρείται ότι το ποσοστό πρόβλεψης των αποδεκτών ευκαιριών προσπέρασης είναι αυξημένο σε σχέση με το πρότυπο στο οποίο συμμετείχαν και τα δύο φύλα. Η διαφορά όμως των δύο ποσοστών δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική, παρόλο που από τη γενική στατιστική ανάλυση παρατηρήθηκε ότι οι άνδρες κατά μέσο όρο δέχονταν μικρότερα από τις γυναίκες κενά της επερχόμενης κυκλοφορίας για να πραγματοποιήσουν μια προσπέραση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.18: Πίνακας κατηγοριοποίησης ενδεχομένων πρόβλεψης 2^{ου} προτύπου

Παρατηρηθέντα	Προβλεπόμενα		
	Μη αποδεκτή ευκαιρία	Αποδεκτή ευκαιρία	Ποσοστό Πρόβλεψης
Μη αποδεκτή ευκαιρία	414	29	93,5
Αποδεκτή ευκαιρία	40	135	77,1
Συνολικό ποσοστό			89,5

Στον Πίνακα 4.19 φαίνονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές πρόβλεψης και οι συντελεστές επιρροής καθεμιάς από αυτές

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.19: Μεταβλητές στην εξίσωση του 2^{ου} προτύπου

Μεταβλητές	bi	S.E.	Wald	df	Sig.
Ταχύτητα εξεταζόμενου οχήματος (V)	0,087	0,011	61,398	1	0
Ταχύτητα Προπορευόμενου οχήματος (Vh)	-0,069	0,022	9,667	1	0,002
Χρονικός διαχωρισμός προπορευόμενου οχήματος (Th)	-2,529	0,295	73,469	1	0
Χρονικός διαχωρισμός επερχόμενου οχήματος (To)	0,294	0,034	76,327	1	0
Σταθερός όρος	-3,707	1,586	5,463	1	0,019

Ο τύπος για το δεύτερο πρότυπο είναι:

$$P(Y) = \frac{1}{1+e^{-(-3,707+0,087V-0,069V_h-2,529T_h+0,294T_o)}} \quad (2)$$

όπου

V : στιγμιαία ταχύτητα εξεταζόμενου οχήματος

V_h : στιγμιαία ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος

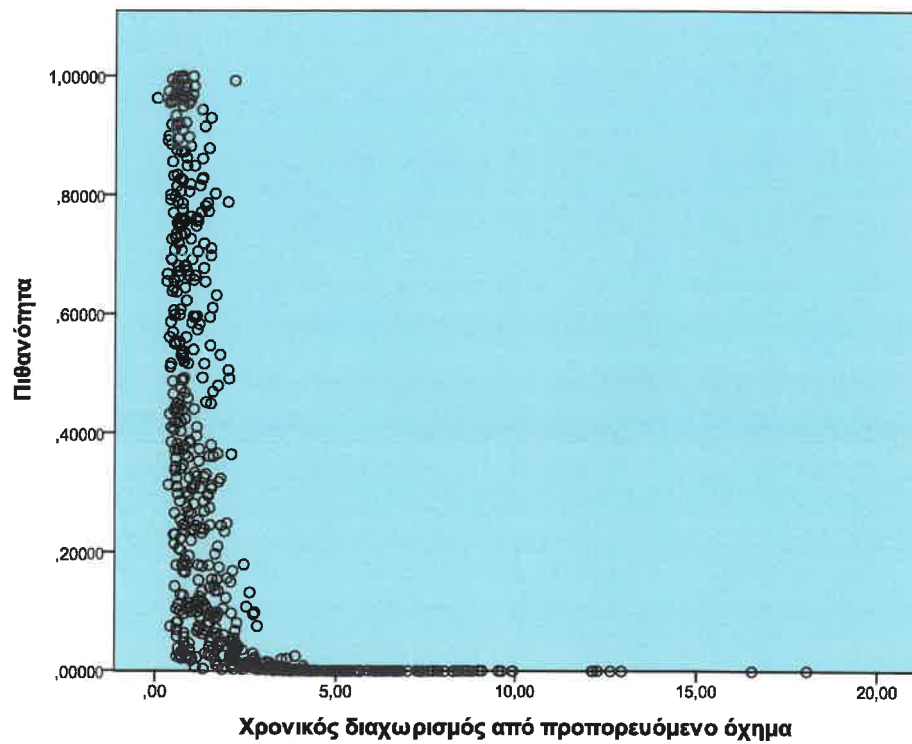
T_h : χρονικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα

T_o : χρονικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα

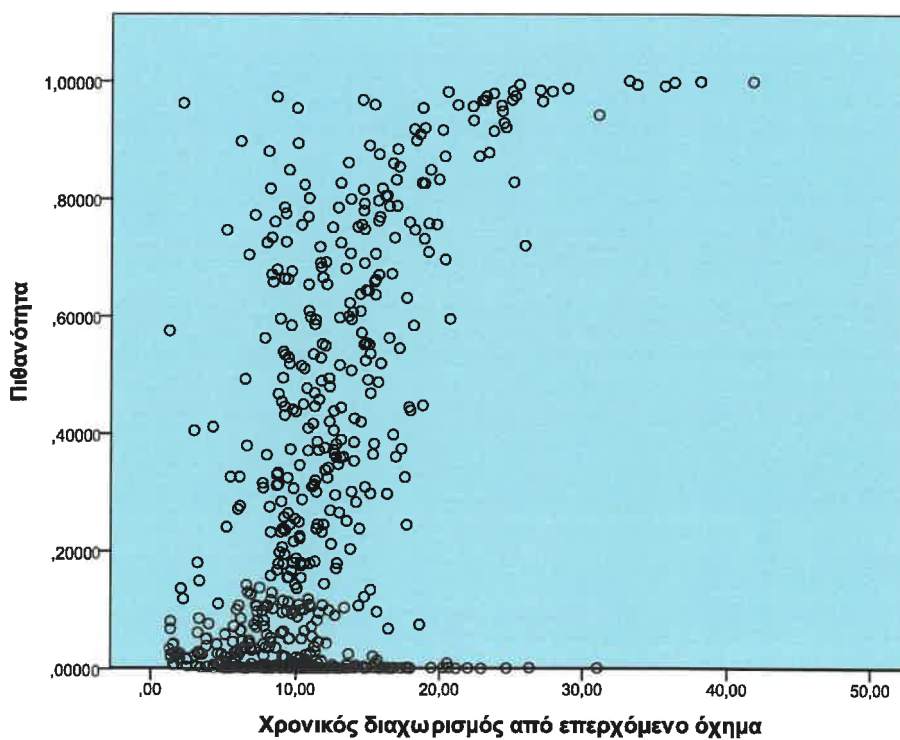
Όπως και στο βασικό πρότυπο, στην απόφαση για την πραγματοποίηση μιας προσπέρασης, για τους άνδρες, τη μεγαλύτερη επιρροή παρουσιάζει ο χρονικός διαχωρισμός από το προπορευόμενο όχημα.

Τα Διαγράμματα 4.62 και 4.63 που αφορούν μόνο στη πιθανότητα προσπέρασης των ανδρών σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό από το προπορευόμενο και επερχόμενο όχημα αντίστοιχα, έχουν την ίδια τάση με τα αντίστοιχα διαγράμματα του συνολικού δείγματος, δηλαδή μείωση της πιθανότητας προσπέρασης με την αύξηση του χρονικού διαχωρισμού από το προπορευόμενο όχημα και αύξηση της πιθανότητας προσπέρασης με την αύξηση του χρονικού διαχωρισμού του επερχόμενου οχήματος.

Το Διάγραμμα 4.62 παρουσιάζει ίδια κατανομή πιθανότητας με το αντίστοιχο Διάγραμμα 4.60 που περιέγραφε το σύνολο του δείγματος. Η κατανομή πιθανότητας στο Διάγραμμα 4.63 φαίνεται να έχει τη μορφή Αθροιστικής Κατανομής τύπου S, όπως το αντίστοιχο Διάγραμμα 4.61, μόνο που σε αυτήν την περίπτωση η καμπύλη είναι πιο πεπλατυσμένη.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.62: Πιθανότητα προσπέρασης σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα για τους άνδρες



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.63: Πιθανότητα προσπέρασης σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το επερχόμενο όχημα για τους άνδρες

4.6.4 3^ο πρότυπο: Ανάλυση της διαδικασίας της προσπέρασης μόνο για τα δεδομένα των γυναικών

Παρακάτω γίνεται ανάλυση λογιστικής παλινδρόμησης των κυκλοφοριακών παραγόντων που μετρήθηκαν για το δείγμα των γυναικών. Στόχος αυτής είναι η δημιουργία ενός προτύπου αντίστοιχου με τα προηγούμενα και η σύγκριση των τριών τελικών μοντέλων που προβλέπουν την πιθανότητα προσπέρασης.

Στον Πίνακα 4.20 παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των ενδεχομένων της εξαρτημένης μεταβλητής για το τρίτο πρότυπο που αφορά στις μετρήσεις των γυναικών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.20: Πίνακας κατηγοριοποίησης εξαρτημένης μεταβλητής 3^{ου} προτύπου

Παρατηρηθέντα	Προβλεπόμενα		
	Μη αποδεκτή ευκαιρία	Αποδεκτή ευκαιρία	Ποσοστό Πρόβλεψης
Μη αποδεκτή ευκαιρία	447	0	100
Αποδεκτή ευκαιρία	128	0	0
Συνολικό ποσοστό			77,7

Παρατηρείται ότι η ικανότητα πρόβλεψης του βασικού προτύπου που περιλαμβάνει μόνο τη σταθερά b_0 είναι 77,7%, μεγαλύτερο από αυτό του προτύπου που συμπεριλάμβανε και τα δύο φύλα. Παρόλα αυτά η διαφορά αυτή δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική.

Ο Πίνακας 4.21 παρουσιάζει τις επαναλήψεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της ανάλυσης της λογιστικής παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο πρότυπο των μετρήσεων των γυναικών. Ο λόγος πιθανοφάνειας του τρίτου προτύπου μειώθηκε από 449,335 στο πρώτο βήμα σε 264,559 στο ένατο. Από τα αποτελέσματα των επαναλήψεων, προέκυψε ένα πρότυπο με βελτιωμένη ικανότητα πρόβλεψης για το αν θα πραγματοποιηθεί ή όχι μια προσπέραση από τις γυναίκες συναρτήσει των κυκλοφοριακών συνθηκών που επικρατούν στην οδό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.21: Πίνακας ιστορικού επαναλήψεων 3^{ου} προτύπου

Επαναλήψεις	-2 Log likelihood	Συντελεστές				
		Σταθερά	V	Vh	Th	To
1	449,358	-1,999	,000	,001	-,234	,080
2	351,827	-4,256	,019	-,006	-,534	,186
3	300,815	-5,654	,046	-,024	-1,025	,263
4	274,218	-7,043	,073	-,040	-1,667	,337
5	265,997	-7,762	,092	-,051	-2,238	,386
6	264,603	-7,650	,100	-,060	-2,582	,400
7	264,559	-7,598	,102	-,062	-2,656	,402
8	264,559	-7,597	,102	-,062	-2,658	,402
9	264,559	-7,597	,102	-,062	-2,658	,402

Στον Πίνακα 4.22 εμφανίζονται τα ποσοστά πρόβλεψης του προτύπου για το ενδεχόμενο να πραγματοποιηθεί ή όχι μια προσπέραση. Παρατηρείται ότι το συνολικό ποσοστό πρόβλεψης του προτύπου που αφορά μόνο στα δεδομένα των γυναικών είναι 91,1%, μεγαλύτερο από τα δύο προηγούμενα πρότυπα, αλλά όχι στατιστικά σημαντικό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.22: Πίνακας κατηγοριοποίησης ενδεχομένων πρόβλεψης 3^{ου} προτύπου

Παρατηρηθέντα	Προβλεπόμενα		
	Μη αποδεκτή ευκαιρία	Αποδεκτή ευκαιρία	Ποσοστό Πρόβλεψης
Μη αποδεκτή ευκαιρία	432	15	96,6
Αποδεκτή ευκαιρία	36	92	71,9
Συνολικό ποσοστό			91,1

Ο Πίνακας 4.23 παρουσιάζει τις τιμές των συντελεστών επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών που συμμετέχουν στο πρότυπο της λογιστικής παλινδρόμησης

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.23: Μεταβλητές στην εξίσωση του 3^{ου} προτύπου

Μεταβλητές	bi	S.E.	Wald	df	Sig.
Ταχύτητα (V)	,112	,017	42,417	1	,000
Ταχύτητα Προπορευόμενου οχήματος (Vh)	-,084	,026	10,595	1	,001
Χρονικός διαχωρισμός προπορευόμενου οχήματος (Th)	-2,804	,383	53,611	1	,000
Χρονικός διαχωρισμός επερχόμενου οχήματος (To)	,390	,050	60,605	1	,000
Σταθερός όρος	-5,984	1,893	9,993	1	,002

Παρατηρείται ότι το ποσοστό πρόβλεψης των επιτυχημένων προσπεράσεων είναι μειωμένο σε σχέση με τα δύο προηγούμενα πρότυπα. Αντιθέτως το ποσοστό πρόβλεψης αποτυχημένων προσπεράσεων το οποίο εμφανίζεται μεγαλύτερο σε σχέση με τα δύο προηγούμενα πρότυπα, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι γυναίκες έχουν πολύ πιο σαφή συμπεριφορά ως προς το υπό ποιές συνθήκες δεν δέχονται να πραγματοποιήσουν μια προσπέραση. Από τη γενική στατιστική ανάλυση παρατηρήθηκε ότι οι γυναίκες κατά μέσο όρο δέχονταν μεγαλύτερα από τους άνδρες κενά της επερχόμενης κυκλοφορίας για να πραγματοποιήσουν μια προσπέραση αλλά με πολύ μεγαλύτερη τυπική διακύμανση από αυτή των ανδρών, το οποίο δείχνει λιγότερο ομοιογενή συμπεριφορά.

Ο τύπος για το πρότυπο είναι:

$$P(Y) = \frac{1}{1 + e^{-(-5,984 + 0,112V - 0,084Vh - 2,804Th + 0,390To)}} \quad (3)$$

όπου

V : στιγμιαία ταχύτητα εξεταζόμενου οχήματος

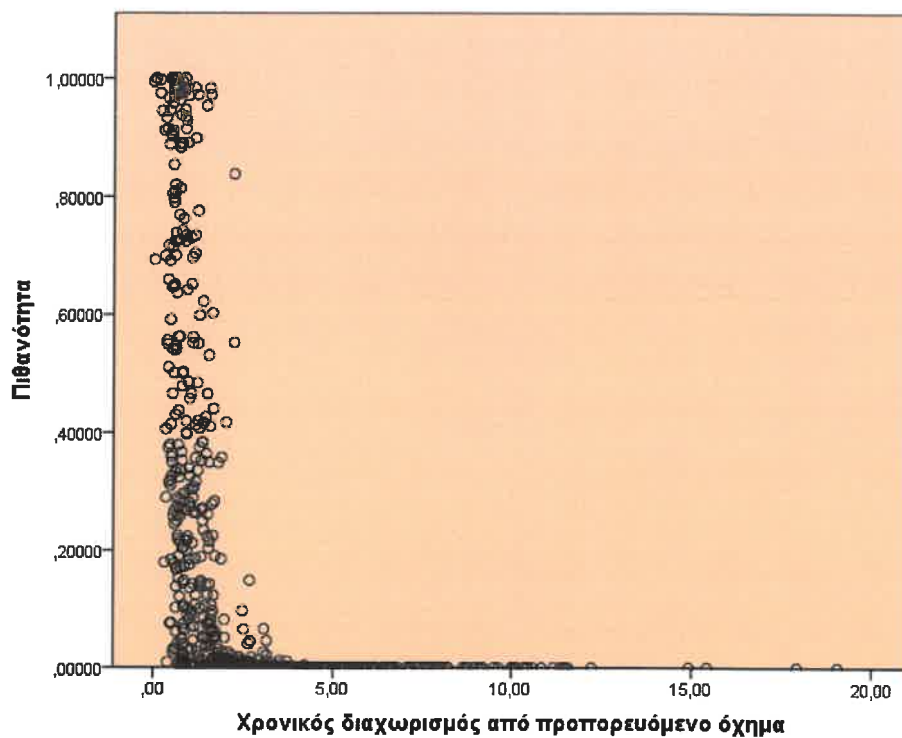
V_h : στιγμιαία ταχύτητα προπορευόμενου οχήματος

T_h : χρονικός διαχωρισμός από προπορευόμενο όχημα

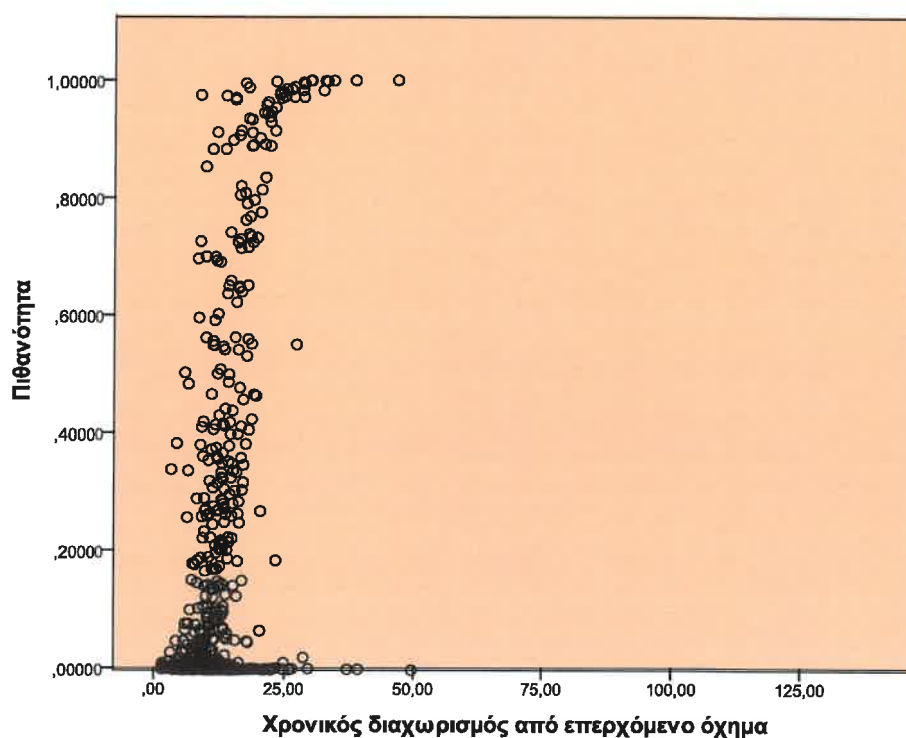
T_o : χρονικός διαχωρισμός από επερχόμενο όχημα

Τα Διάγραμμα 4.64 και 4.65 που αφορούν μόνο στη πιθανότητα προσπέρασης των γυναικών έχουν την ίδια τάση με τα αντίστοιχα διαγράμματα του συνολικού δείγματος και με αυτά που αφορούν μόνο τους άνδρες αλλά στην περίπτωση των γυναικών το

διάγραμμα πιθανότητας και χρονικού διαχωρισμού από επερχόμενο όχημα παρουσιάζει μικρότερη διασπορά δίνοντας μια πιο ξεκάθαρη εικόνα.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.64: Πιθανότητα προσπέρασης σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα για τις γυναίκες



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.65: Πιθανότητα προσπέρασης σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το επερχόμενο όχημα για τις γυναίκες

4.7 Η επιρροή της οδηγικής εμπειρίας στην απόφαση της προσπέρασης

Αξίζει να σημειωθεί ότι από τη γενική στατιστική ανάλυση η οδηγική εμπειρία των γυναικών έδειξε να έχει μεγάλη συσχέτιση με το συνολικό αριθμό προσπεράσεων που πραγματοποίησαν και το γεγονός ότι οι παράγοντες συμπεριφοράς δεν συμπεριλήφθηκαν στο πρότυπο μπορεί να επηρεάζει το αποτέλεσμα. Για αυτό το λόγο έγιναν δύο επιπλέον αναλύσεις παλινδρόμησης, μια για το κάθε φύλο, με την προσθήκη των ετών κατοχής διπλώματος οδήγησης σαν εξαρτημένη μεταβλητή. Τα αποτελέσματα που φαίνονται στους Πίνακες 4.29 και 4.30, οι οποίοι παρουσιάζουν το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας της μεταβλητής για τα έτη κατοχής του διπλώματος οδήγησης για τους άνδρες και τις γυναίκες αντίστοιχα, εμφάνισαν επίπεδο σημαντικότητας για τις μεν γυναίκες 0,071 και για τους άντρες 0,662. Αυτό δείχνει ότι μακροπρόθεσμα αν συμπεριληφθεί αυτή η μεταβλητή στο πρότυπο θα προβλέπει σωστά για το 92,9% των περιπτώσεων των γυναικών έναντι του 33,8% των περιπτώσεων των ανδρών. Για τη συγκεκριμένη έρευνα ως κατώτατο επίπεδο σημαντικότητας τέθηκε το 0,05 γι αυτό και δεν συμπεριλήφθηκε εκτενέστερα η ανάλυση με την προσθήκη της συγκεκριμένης μεταβλητής. Παρόλα αυτά η συγκεκριμένη παρατήρηση χρήζει προσοχής για περαιτέρω διερεύνηση σε μελλοντικές έρευνες στο συγκεκριμένο αντικείμενο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.24: Επίπεδο σημαντικότητας ετών κατοχής διπλώματος οδήγησης για τους άνδρες

Μεταβλητές	bi	S.E.	Wald	df	Sig.
Ταχύτητα εξεταζόμενου οχήματος(V)	0,086	0,011	59,964	1	0
Ταχύτητα Προπορευόμενου οχήματος (Vh)	-0,066	0,023	8,111	1	0,004
Χρονικός διαχωρισμός προπορευόμενου οχήματος (Th)	-2,514	0,297	71,834	1	0
Χρονικός διαχωρισμός επερχόμενου οχήματος (To)	0,296	0,034	76,303	1	0
Χρόνια κατοχής διπλώματος	0,026	0,059	0,191	1	0,662
Σταθερά	-4,014	1,732	5,37	1	0,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.25: Επίπεδο σημαντικότητας ετών κατοχής διπλώματος οδήγησης για τις γυναίκες

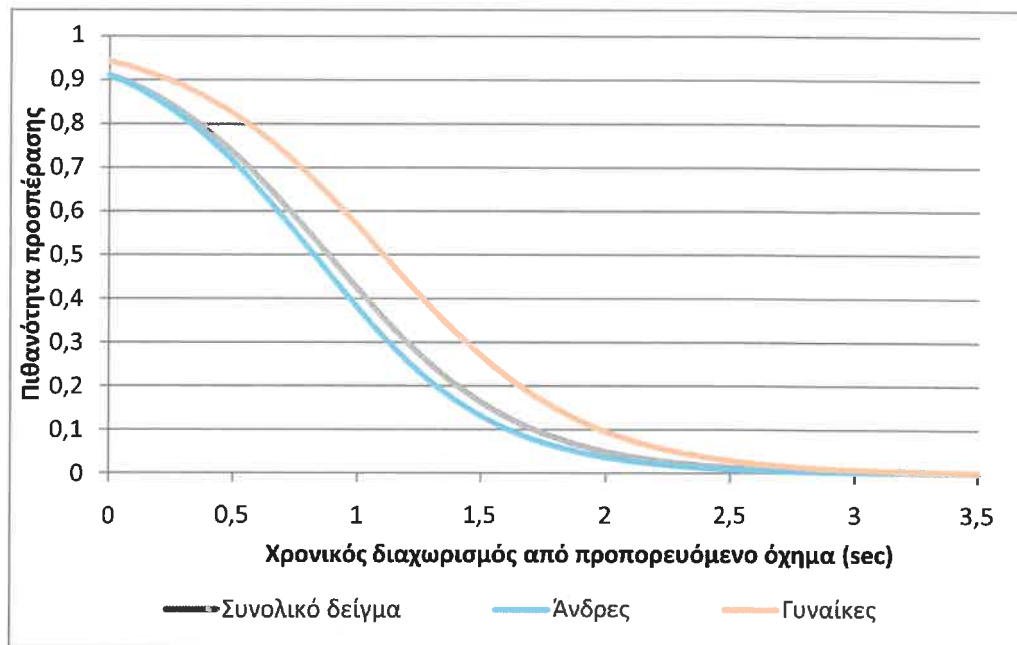
Μεταβλητές	bi	S.E.	Wald	df	Sig.
Ταχύτητα εξεταζόμενου οχήματος (V)	0,102	0,018	32,838	1	0
Ταχύτητα Προπορευόμενου οχήματος (Vh)	-0,062	0,029	4,747	1	0,029
Χρονικός διαχωρισμός προπορευόμενου οχήματος (Th)	-2,658	0,38	48,928	1	0
Χρονικός διαχωρισμός επερχόμενου οχήματος (To)	0,402	0,051	61,441	1	0
Χρόνια κατοχής διπλώματος	0,132	0,073	3,267	1	0,071
Σταθερά	-7,597	2,114	12,915	1	0

4.8 Ανάλυση ευαισθησίας

Παρακάτω παρουσιάζονται διαγράμματα ευαισθησίας που αναπτύχθηκαν βάσει των τριών προτύπων της λογιστικής παλινδρόμησης. Τα διαγράμματα αυτά βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη και επιτρέπουν την άμεση σύγκριση των προβλέψεων που προέκυψαν από την ανάλυση των τριών προτύπων. Περιλαμβάνουν την αποτύπωση των σχέσεων πιθανότητας με κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή που είναι στατιστικά σημαντική και έχει επιρροή στο πρότυπο. Η αποτύπωση αυτή πραγματοποιείται και για τα τρία πρότυπα ταυτόχρονα για να είναι εμφανής η επίδραση της κάθε μεταβλητής πρόβλεψης στο σύνολο των οδηγών, στους άνδρες και στις γυναίκες. Για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιήθηκαν οι τύποι της λογιστικής παλινδρόμησης που προέκυψαν από την ανάλυση των μοντέλων. Κάθε φορά μεταβαλλόταν η τιμή της μεταβλητής ενδιαφέροντος, ενώ οι υπόλοιπες μεταβλητές πρόβλεψης έπαιρναν μια ενδεικτική τιμή, η οποία και διατηρούταν σταθερή. Ως ενδεικτική τιμή επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η μέση τιμή για κάθε μεταβλητή που υπολογίστηκε από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από την πειραματική διαδικασία.

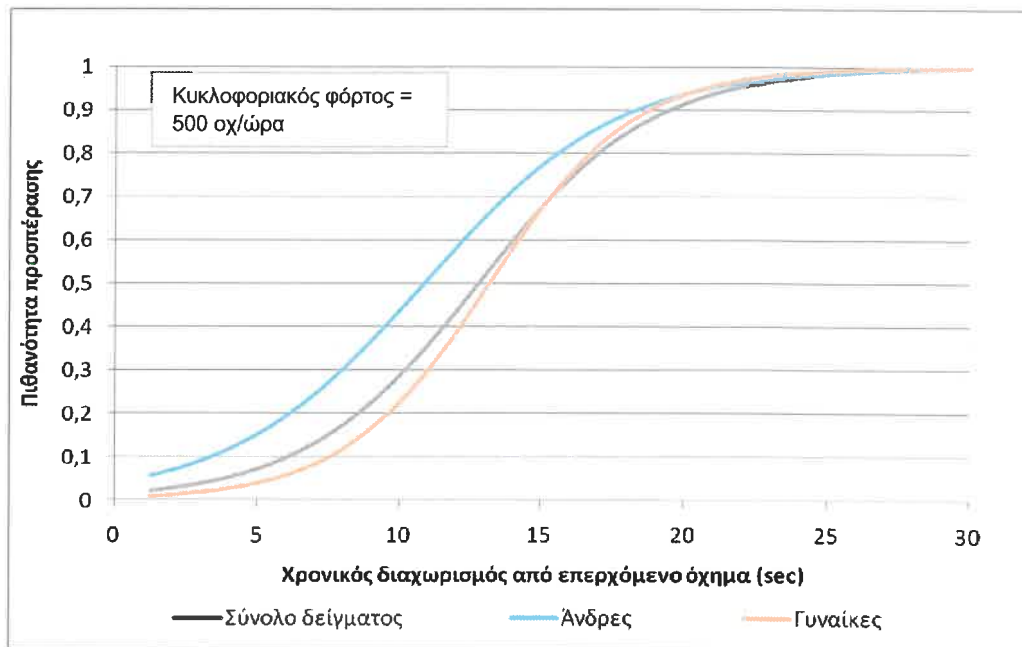
Στο Διάγραμμα 4.66 παρουσιάζεται η πιθανότητα να πραγματοποιηθεί μια προσπέραση συναρτήσει του χρονικού διαχωρισμού του εξεταζόμενου οχήματος από το προπορευόμενο. Από το διάγραμμα αυτό συμπεραίνεται ότι η απόσταση που

έχει το εξεταζόμενο όχημα από το μπροστινό του επηρεάζει περισσότερο το δείγμα των ανδρών οδηγών σε σχέση με το σύνολο των οδηγών και με το δείγμα των γυναικών που συμμετείχαν στο πείραμα. Η επιρροή αυτή γίνεται πολύ πιο εμφανής για χρονικούς διαχωρισμούς μικρότερους των 2,5 δευτερολέπτων. Για μεγαλύτερους χρονικούς διαχωρισμούς η συμπεριφορά των ανδρών και των γυναικών τείνει να ταυτιστεί και η πιθανότητα να προσπεράσουν ελαχιστοποιείται.



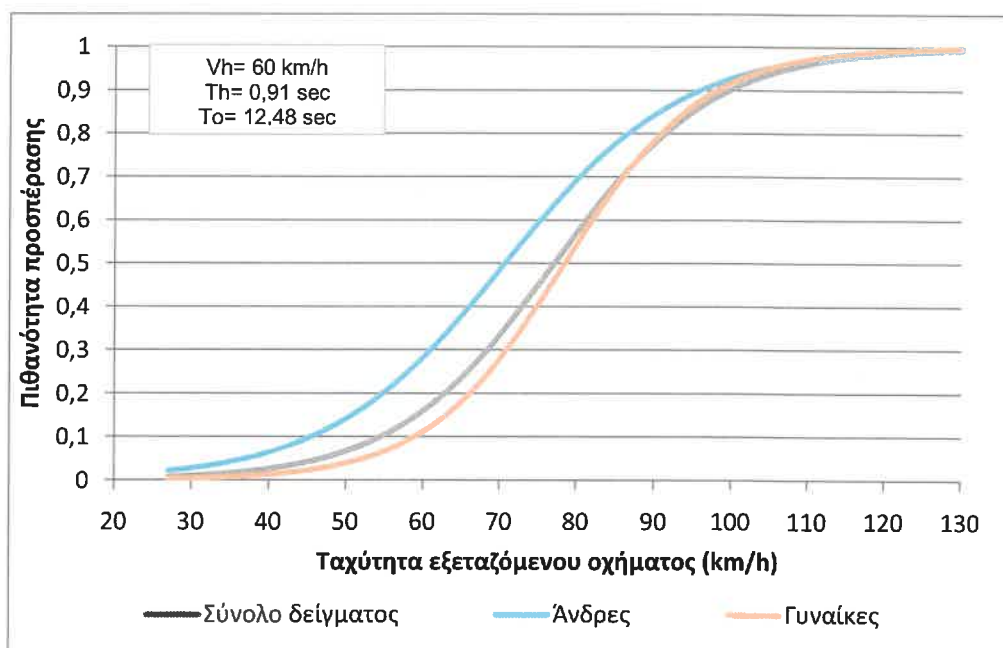
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.66: Συσχέτιση πιθανότητας να συμβεί μια προσπέραση σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα

Στο Διάγραμμα 4.67 εμφανίζεται η συσχέτιση της πιθανότητας να πραγματοποιηθεί μια προσπέραση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το επερχόμενο όχημα. Η πιθανότητα αυξάνει με την αύξηση της απόστασης του οχήματος της αντίθετης κατεύθυνσης. Οι άνδρες, για μικρότερους χρονικούς διαχωρισμούς και ίδιες τις υπόλοιπες επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες, εμφανίζουν πολύ μεγαλύτερη πιθανότητα να προσπεράσουν από τις γυναίκες. Σημειώνεται ότι το διάγραμμα αφορά σε κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 500 οχήματα/ώρα. Μεταβολή αυτού, θα επηρεάσει και τη μορφή του διαγράμματος ευαισθησίας.



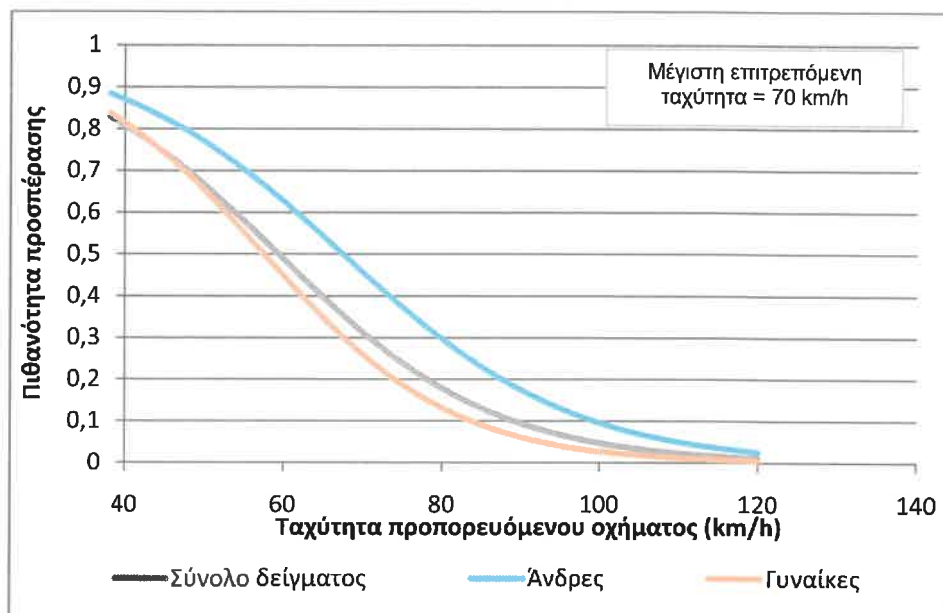
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.67: Συσχέτιση πιθανότητας να συμβεί μια προσπέραση σε σχέση με το χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το επερχόμενο όχημα

Στο Διάγραμμα 4.68 αποτυπώνεται η σχέση που διέπει την πιθανότητα προσπέρασης με την ταχύτητα που είχε το εξεταζόμενο όχημα. Και σε αυτή την περίπτωση οι άνδρες φαίνεται να είναι πιο αποφασισμένοι από τις γυναίκες ώστε να προσπεράσουν, ακόμα και για χαμηλές ταχύτητες.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.68: Συσχέτιση πιθανότητας να συμβεί μια προσπέραση σε σχέση με την ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος

Στο Διάγραμμα 4.69 φαίνεται η πιθανότητα πραγματοποίησης μιας προσπέρασης σε σχέση με την ταχύτητα που κινείται το προπορευόμενο όχημα.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.69: Συσχέτιση πιθανότητας να συμβεί μια προσπέραση σε σχέση με την ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος

Από τα Διαγράμματα 4.66-4.69 παρατηρείται ότι οι άνδρες παρουσιάζουν μεγαλύτερη πιθανότητα να πραγματοποιήσουν μια προσπέραση. Αυτό συνεπάγεται μια πιο επιρρεπή σε ατυχήματα συμπεριφορά, εφόσον είναι πιθανότερο να βγουν στο αντίθετο ρεύμα για να ολοκληρώσουν έναν επιθυμητό ελιγμό.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

5.1 Συνολικά συμπεράσματα

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της διαδικασίας της προσπέρασης σε υπεραστική οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας** (μία ανά κατεύθυνση) χωρίς διαχωριστική νησίδα με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης. Η έρευνα αυτή είναι η πρώτη στην Ελλάδα που μελετά την επιρροή των κυκλοφοριακών συνθηκών στον ελιγμό της προσπέρασης μέσω προσομοίωσης. Επίσης είναι η πρώτη διπλωματική εργασία που κάνει χρήση του προγραμματιστικού εργαλείου του προσομοιωτή για τη δημιουργία νέου ρεαλιστικού σεναρίου οδήγησης.

Για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων 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, χρησιμοποιώντας σενάριο οδήγησης ειδικά προγραμματισμένο από τον ερευνητή για να ικανοποιεί τις συγκεκριμένες ανάγκες του πειράματος.

Για τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων καθώς και την ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων σε ό,τι αφορά στην πιθανότητα πραγματοποίησης προσπέρασης, δεδομένων των κυκλοφοριακών συνθηκών, επιλέχτηκε η εφαρμογή της λογιστικής ανάλυσης της παλινδρόμησης. Οι αναλύσεις έγιναν αρχικά για το σύνολο του δείγματος και στη συνέχεια ξεχωριστά για κάθε φύλο, για να εντοπιστούν και να

ποσοτικοποιηθούν τυχόν διαφορές στην αντιμετώπιση των οδικών συνθηκών που εμπλέκονται στη διαδικασία της προσπέρασης.

Από την πρωταρχική στατιστική επεξεργασία, η οποία περιλάμβανε την επεξεργασία των ερωτηματολογίων σε συνδυασμό με τα περιγραφικά στατιστικά δεδομένα των στοιχείων που συλλέχθηκαν κατά το πείραμα προέκυψαν συμπεράσματα όπως:

- Εν γένει, οι νεαροί άνδρες διανύουν περισσότερα χιλιόμετρα εβδομαδιαίως από τις γυναίκες
- Υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ του αριθμού των προσπεράσεων των συμμετεχόντων και της ηλικίας, των χρόνων κατοχής διπλώματος οδήγησης και των χιλιομέτρων που διανύονται εβδομαδιαίως από τους χρήστες
- Η συσχέτιση που έχουν αυτές οι μεταβλητές μεταξύ τους είναι θετική. Δηλαδή όσο αυξάνεται η ηλικία του συμμετέχοντος τείνει να αυξάνεται και ο αριθμός των προσπεράσεων. Αντίστοιχα συμβαίνει και με τα χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης, δηλαδή με την εμπειρία του καθενός αλλά και με τα χιλιόμετρα που διανύει εβδομαδιαίως, γεγονός που δείχνει ότι η συχνότερη επαφή με το οδικό δίκτυο δίνει περισσότερη αυτοπεποίθηση στον οδηγό να εκτελέσει έναν ελιγμό προσπέρασης
- Η σχέση είναι πιο σαφής στη περίπτωση των χιλιομέτρων που διανύονται εβδομαδιαίως σε σχέση με την οδηγική εμπειρία εκφρασμένη σε χρόνια κατοχής του διπλώματος οδήγησης, γεγονός που αποδεικνύει ότι η συχνότητα χρήσης του αυτοκινήτου από έναν οδηγό έχει ιδιαίτερη σημασία στην απόφαση και την ολοκλήρωση μιας προσπέρασης
- Σε ότι αφορά στην ηλικία και στον αριθμό των προσπεράσεων, παρατηρείται παρόμοια αυξητική τάση και στα δύο φύλα καθώς αυξάνεται η ηλικία του οδηγού. Στη περίπτωση των ανδρών, υπάρχει σχετική ανομοιομορφία. Οι γυναίκες από την άλλη πλευρά φαίνεται να έχουν μια πιο ομοιογενή συμπεριφορά ανάλογη με την ηλικία και την οδηγική τους εμπειρία.
- Παρατηρήθηκε ότι οι οδηγοί είχαν κατά μέσο όρο υψηλότερη ταχύτητα σε σχέση με τη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας του ρεύματος
- Παρατηρήθηκε ότι οι άνδρες είχαν υψηλότερη μέση ταχύτητα διαδρομής από τις γυναίκες, γεγονός που δείχνει ότι ακολούθησαν μία πιο επικίνδυνη οδηγική συμπεριφορά. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι προσπεράσεις που πραγματοποιήθηκαν από τους άνδρες να έχουν μικρότερη κατά μέσο όρο διάρκεια από αυτές των γυναικών
- Οι γυναίκες επέδειξαν ομοιογενή συμπεριφορά στις κυκλοφοριακές συνθήκες που θεωρούν ακατάλληλες για προσπέραση (απόσταση από προπορευόμενο και επερχόμενο όχημα), σε αντίθεση με τους άνδρες.

- Είναι σαφές ότι υπάρχει αρνητική γραμμική συσχέτιση μεταξύ της διάρκειας του κάθε ελιγμού προσπέρασης και της διαφοράς ταχυτήτων του εξεταζόμενου και του προπορευόμενου οχήματος όπως και της ταχύτητας του εξεταζόμενου οχήματος
- Σε ότι αφορά το μέσο χρονικό διαχωρισμό από το προπορευόμενο όχημα προκειμένου να πραγματοποιήσουν μια προσπέραση, τα δύο φύλα έδειξαν παρόμοια συμπεριφορά
- Εν γένει οι άνδρες δέχονταν μικρότερα κενά της αντίθετης κυκλοφορίας για να πραγματοποιήσουν μια προσπέραση και είχαν μικρότερη τυπική διακύμανση σε σχέση με αυτή των γυναικών

Από τη δευτερογενή στατιστική ανάλυση προέκυψαν τα τρία τελικά μαθηματικά πρότυπα που αποτυπώνουν τις σχέσεις που διέπουν τις εξεταζόμενες μεταβλητές και των παραγόντων που τις επηρεάζουν. Το πρώτο αφορά το σύνολο του στατιστικού δείγματος, το δεύτερο περιγράφει την πιθανότητα πραγματοποίησης μιας προσπέρασης για τους άνδρες και το τρίτο αντίστοιχα για τις γυναίκες. Από αυτά βγήκαν συμπεράσματα όπως:

- Διαπιστώθηκε ότι η πιθανότητα πραγματοποίησης μιας προσπέρασης εξαρτάται από την ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος, την ταχύτητα του προπορευόμενου του, τον χρονικό διαχωρισμό του εξεταζόμενου από το προπορευόμενο όχημα, την απόσταση του εξεταζόμενου οχήματος από το επερχόμενο, αλλά δεν εξαρτάται από την ταχύτητα του επερχόμενου οχήματος.
- Τη μεγαλύτερη επιρροή για την υλοποίηση ενός ελιγμού προσπέρασης σε μια παρουσιαζόμενη ευκαιρία έχει ο χρονικός διαχωρισμός από το προπορευόμενο όχημα.
- Έγινε εμφανές ότι πράγματι η προσπέραση αποτελεί μια πολύπλοκη οδηγική διαδικασία, για την οποία η λήψη της απόφασης επηρεάζεται από πολλούς αστάθμητους παράγοντες συμπεριφοράς.
- Από τα πρότυπα που παρουσιάστηκαν έγινε σαφές ότι οι αποτρεπτικοί παράγοντες για την πραγμάτωση του ελιγμού είναι κυκλοφοριακοί, γι' αυτό και τα ποσοστά πρόβλεψης του προτύπου για μια απορριφθείσα ευκαιρία είναι πολύ υψηλά, ενώ στην περίπτωση πρόβλεψης των αποδεκτών συνθηκών προσπέρασης είναι χαμηλότερα. Αυτό αποδεικνύει ότι υπεισέρχονται άλλοι ανθρώπινοι παράγοντες συμπεριφοράς και ατομικής θεώρησης του κάθε οδηγού στο ποιες αποδέχεται ως ασφαλείς κυκλοφοριακές συνθήκες για να ολοκληρώσει έναν τέτοιο ελιγμό.

Τέλος, μέσω της παρούσας διπλωματικής εργασίας έχει δημιουργηθεί μία εκτεταμένη βάση δεδομένων, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό προϋποθέσεις για μελλοντική έρευνα πάνω στη διερεύνηση του ελιγμού της προσπέρασης.

5.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

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

1. Η παρατήρηση των ίδιων μεταβλητών σε μεγαλύτερο δείγμα οδηγών. Όσο μεγαλύτερο είναι ένα στατιστικό δείγμα τόσο πιο αξιόπιστα αποτελέσματα προκύπτουν και κατ' επέκταση τα πρότυπα που δημιουργούνται έχουν ισχυρότερη επιρροή μεταξύ των μεταβλητών.
2. Το πείραμα που διεξήχθη στην παρούσα διπλωματική εργασία αφορούσε στην ευπαθή ομάδα των νέων σε ηλικία οδηγών. Ενδιαφέρον όμως θα παρουσίαζε, 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.
3. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η δημιουργία και ο προγραμματισμός ενός νέου σεναρίου το οποίο θα περιλαμβάνει μικτή κυκλοφορία έναντι των επιβατικών οχημάτων της παρούσας διπλωματικής, για να διαπιστωθεί η επιρροή του τύπου του υπό προσπέραση οχήματος στον ελιγμό της προσπέρασης.
4. Πολύ σημαντική κρίνεται και η διερεύνηση των επιμέρους κατηγοριών των προσπεράσεων για την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στη συμπεριφορά των οδηγών όταν εμπλέκονται σε κάθε μία από αυτές.
5. Ενδιαφέρουσα, τέλος, θα ήταν μια έρευνα αντίστοιχη της παρούσας η οποία θα διερευνά την επιρροή των καιρικών συνθηκών και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού στη λήψη της απόφασης για προσπέραση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γκόλιας Ι.Κ., «Οδική Ασφάλεια», Παπασωτηρίου, Αθήνα 1994, σελ 25-27.
2. Φραντζεσκάκης Ι.Μ, Γκόλιας Ι.Κ., Πιτσιάβα-Λατινοπούλου Μ.Χ, «Κυκλοφοριακή Τεχνική», Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2009, σελ.137-138.
3. AASHTO ,(1994). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets., Washington, D.C.
4. V Allen, R. W., D. G. Mitchell, A. C. Stein, and J. R. Hogue. Validation of Real-Time Man-in-the-Loop Simulation. *Proc., Conference Strategic Highway Research Program And Traffic Safety On Two Continents*, Swedish Road and Traffic Research Institute, Linköping, Sweden, 1991, pp. 18–31.
5. Bar-Gera H., Shinar D. (2005). The tendency of driver to pass other vehicles. *Transportation Research Part F*, Vol. 8, 2005, pp. 429-439.
6. Blana E. (1996) a. A survey of driving research simulators around the world. ITS Working Paper 481. Institute of Transport Studies. University of Leeds. Leeds. UK.
7. Blana E. (1996) b. Driving simulator validation studies: A literature review. . ITS Working Paper 480. Institute of Transport Studies. University of Leeds. Leeds. UK.
8. Boer E. R. (2000). Experiencing the same road twice: a driver comparison between simulation and reality. *Driving Simulation Conference DSC2000*, Paris, France.
9. Brown R.L., Hummer J.E. (2000). Determining the best method for measuring no-passing zones, *Transportation Research Record*, 1701, pp. 61-67.
10. Cantin V., Lavalliere M., Simoneau M. and Teadale N. (2009). Mental workload when driving a simulator: Effects of age and driving complexity, *Accident Analysis and Prevention*, Article in Press.

11. Cohen, A.S. & Studach, H. (1977). Eye movements while driving cars around curves. *Perceptual & Motor Skills*, **44**, 683-689.
12. Conely LB, Supangan R. The economic costs of road traffic crashes: Australia, states and territories. *Accid Anal Prev* 2006, 38:1087–1093
13. Courage C., Dumont E., Gallee G. (2002). Experimental Validation of extended fog simulation techniques. Driving Simulation Conference DSC2002, Paris, France.
14. 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. In *Addiction*. pp. 815-827.
15. 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.
16. Farah H., Bekhor S., Polus A. (2009). Risk evaluation by modeling of passing behavior on two-lane rural highways. *Accident Analysis and Prevention*. Vol.41 No 4, pp. 887-894.
17. Flexman, R. E., and E. A. Stark. Training Simulators. *Handbook of Human Factors*, (G. Salvendy ed.), Wiley & Sons, New York, N.Y., 1987, pp. 1012–1038.
18. Forsyth E., Maycock G. and Sexton (1995). "Risk, hazard perception and perceived control". TRL Report. Transport Research Laboratory, Crowthorne, UK.
19. Friedel, B., and K. Reker. Test Drives in the Daimler-Benz Driving Simulator under Influence of Alprazolam and Alcohol (in German). *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, Vol. 41, No. 3, 1995, pp. 98–109.
20. Glennon J.C. (1988). New and improved model of passing sight distance on two-lane highways, *Transportation Research Record*, 1195, pp.132-137.

21. Glennon J. C., Harwood D.W. (1976). Framework for Design and Operation of Passing Zones on Two-Lane Highways. Transportation Research Record 601, TRB, National Research Council, Washington D.C., pp. 45-50.
22. Hayward J. (1972). Near miss determination through use of a scale of danger. Report No TTSC 7115. The Pennsylvania State University, Pennsylvania.
23. Hegeman G. (2004). Overtaking frequency and advanced driver assistance systems. In: IEEE Intelligent Vehicles Symposium, University of Parma, Parma, Italy, pp.14-17.
24. Hegeman G. (2005). "Overtaking Behaviour", Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Netherlands.
25. Herman R., Lam T. (1972). A Dilemma in Overtaking on a Two-Lane Road. Traffic Engineering and Control, Vol. 14, pp. 276-279.
26. Janssen, W. H., and L. Nilsson. *An Experimental Evaluation of In-Vehicle Collision Avoidance Systems*. Deliverable GIDS/MAN2.DRIVE Project Generic Intelligent Driver Support Systems, Traffic Research Centre, University of Groningen, the Netherlands, 1990.
27. Jenkins J.M., Rilett L.R. (2004). Application of distributed traffic simulation for passing behavior study. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (1899), 11-18 (TRB, National Research Council, Washington D.C.).
28. Kaptein, N. A., J. Theeuwes, A. R. A. Van der Horst, and R. Van Velze. Behavioral Evaluation of Tunnel Design Characteristics. *Proc., Driving Simulator Conference*, Sophia Antipolis, France, 1995, pp. 409–420.
29. Kardara M., Papazafiropoulou A., Pappas S. (2008). Road Traffic Accidents: Epidemiology, risk factors and prevention.
30. Kiefer R., Flannagan C., Jerome C., (2006). Time-to-collision judgements under realistic driving conditions. *Human Factors* 48(2), pp. 334-345 (summer)
31. Lauer and Forbes (1930). 'Driving strategies in overtaking'. *Accident Analysis & Prevention*, 1982. 14(3): p. 179-185.

32. Lerner et al (2000). "A user's Guide to Positive Guidance". FHWA SA-90-017, Federal Highway Administration, Washington, DC.
33. 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
34. Liu C., Herman R. (1996). Passing Sight Distance and Overtaking Dilemma on Two-Lane Roads. Transportation Research Record, No 1566.
35. Marsaglia G. (1968). "One-line random number generators and their use in combinations". Communications on the ACM, Volume 11, Issue 11, pp.757-759.
36. Matson, T.W. and Forbes, T.W. (1938). "Overtaking and Passing Requirements as Determined From A Moving Vehicle". Proceeding Highway Research Board 18. pp100-112.
37. Miller and Pretty, (1968). "Close-following drivers on two-lane highways". Accident Analysis and Prevention, 29 (6), 723-729
38. Maurant, R.R. & Rockwell, T.H. (1970). Mapping eye-movement patterns to the visual scene in driving: An exploratory study. Human Factors, **12**, 81-87.
39. 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
40. OECD (1999). Safety strategies for rural roads, Organization for Economic Co-Operation and Development, Paris.
41. Quimby, A. R. & Transport and Road Research Laboratory (1986). Human and Social Factors Division. Perceptual abilities of accident involved drivers. Safety and Transportation Dept., Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire
42. Polus A., Livneh M., Frischer B. (2000). Evaluation of the Passing Process on two-lane Rural Highways. Transportation Research Record: Journal of the

Transportation Research Board, No. 1701, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 53-60.

43. Pollatschek M.A., Polus A. (2005). Modeling impatience of drivers in passing maneuvers. *Transportation and Traffic Theory: Flow, Dynamics and Humans Interaction*, pp. 267-279
44. Roberts, K.M. (1980). The FHWA highway driving simulator. *Public Roads* 44(3).
45. Shinar, D., Mcdowell, E.D. & Rockwell, T.H. (1977). Eye movements in curve negotiation. In *Human Factors*. pp. 63-71.
46. Stephane Espie, Pierre Gauriat, Max Duraz. (2005). Driving Simulators Validation: The Issue of transferability of Results Aquired on Simulator. *Driving Simulation Conference DSC2005*, Orlando, USA
47. Summala, H. (1987). Young driver accidents: Risk taking or failure of skills? *Alcohol, Drugs & Driving*, 3, 79-91.
48. Triggs, T.J. & Smith, K.B. (1996). *Young Driver Research Program: Digest of Reports and Principle Findings of the Research*. Canberra: Federal Office of Road Safety.
49. 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.
50. West, R., Train, H., Junger, M., Pickering, A., Taylor, E., & West, A. (1998). "Childhood accidents and their relationship with problem behaviour (Road Safety Research Report No. 7)". London: Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR).
51. Wilde, G. J. S. (1994). *Target risk*. Toronto, Canada: PDE Publications
52. ΕΣΥΕ <http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/PAGE-database>
53. John D. Cook (2008)
<http://www.codeproject.com/KB/recipes/SimpleRNG.aspx>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 5 · 157 73 ΖΩΓΡΑΦΟΥ
ΤΗΛ & VOICE MAIL: 010 772 1203, 772 1285, TELEFAX: 010 772 1327



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
DEPT. OF TRANSPORTATION PLANNING AND ENGINEERING
5, IROON POLYTECHNIU ST GR-157 73 ZOGRAFOU, ATHENS
TEL & VOICE MAIL: +3010 772 1203, 772 1285, TELEFAX: +3010 772 1327

<http://www.civil.ntua.gr/transport.html>

Συμπληρώνεται από τον ερευνητή:

α/α συμμετέχοντα: _____

Ημερομηνία διεξαγωγής πειράματος: ____ / ____ / ____

Κωδικός: _____

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

A. ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1. Φύλο : Άντρας ☐ Γυναίκα ☐
2. Ηλικία : _____ ετών
3. Χρόνια κατοχής διπλώματος οδήγησης : _____ έτη
4. Τι απόσταση διανύετε εβδομαδιαίως με Ι.Χ. όχημα : _____ km
5. Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα τα τελευταία 3 χρόνια ; **ΝΑΙ** ☐ **ΟΧΙ** ☐
6. Αν ΝΑΙ, τι είδους ατύχημα /ατυχήματα ήταν;
(μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μία επιλογές)
 - Υλικές Ζημιές ☐
 - Ελαφριοί Τραυματισμοί ☐
 - Βαριοί Τραυματισμοί ☐
 - Θανόντες ☐

Β. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΟΔΗΓΟΥ ΣΤΟΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ

7. Πως κρίνετε το ψηφιακό περιβάλλον προσομοίωσης σε σχέση με το πραγματικό οδηγικό περιβάλλον;

(για την αξιολόγηση χρησιμοποιήστε την κλίμακα 1 έως 10, όπου το 1 αντιστοιχεί σε καθόλου ρεαλιστική προσομοίωση και το 10 αντιστοιχεί σε πιστή προσομοίωση)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

8. Κρίνετε επικινδυνότερη την οδηγική σας συμπεριφορά στον προσομοιωτή σε σχέση με την πραγματικότητα;

ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

9. Αν ΝΑΙ, σε τι βαθμό θεωρείτε ότι μεταβλήθηκε η συμπεριφορά σας;

Λίγο ☐ Μέτρια ☐ Πολύ ☐

Γ. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΟΔΗΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

10. Πόσο επιθετική οδηγική συμπεριφορά έχετε;

(για την αξιολόγηση χρησιμοποιήστε την κλίμακα 1 έως 10, όπου το 1 αντιστοιχεί σε καθόλου επιθετική και το 10 αντιστοιχεί στην υπερβολικά επιθετική)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

11. Υπερβαίνετε τα όρια ταχύτητας; ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

12. Αν ΝΑΙ, πόσο συχνά;

Σπάνια ☐ Συχνά ☐ Πάντα ☐

13. Συνηθίζετε να προσπερνάτε οχήματα που κινούνται με χαμηλότερη ταχύτητα από τη δική σας ; ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

14. Αν ΝΑΙ, πόσο συχνά;

Σπάνια ☐ Συχνά ☐ Πάντα ☐

15. Πως αξιολογείτε την οδήγησή σας σε σχέση με τους άλλους οδηγούς;

Χειρότερη ☐ Ίδια ☐ Καλύτερη ☐

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ CODE WRITER

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.IO;
namespace ConsoleApplication1
{
    class Program
    {

        static void Main(string[] args)
        {

            StreamWriter SW = new StreamWriter(@"D:\Template.sce");
            int NumberOfOCars = 20;
            int NumberOfHCars = 10;
            SW.WriteLine("Name: OVERTAKING");

            SW.WriteLine("BEGIN");

            SW.WriteLine("LABEL Start");
            SW.Write(Environment.NewLine);
            SW.Write(Environment.NewLine);

            SW.WriteLine("//////////////////////////////////////
            ////////////////////////////////////////");
            SW.WriteLine("//                                MY
            VARIABLES                                //");

            SW.WriteLine("//////////////////////////////////////
            ////////////////////////////////////////");
            SW.Write(Environment.NewLine);
            SW.WriteLine("    VAR minspeed 10");
            SW.WriteLine("    VAR myobjid 0");
            SW.WriteLine("    VEC startpos 1,180,0");
            SW.WriteLine("    VEC endpos 1,3000,0");
            SW.WriteLine("    VEC OCARStartPosition 1,180,180");
            SW.WriteLine("    VEC OCAREndPosition 112,10,0");
            SW.WriteLine("    VEC HCAREndPosition 70,40,180");
            SW.WriteLine("    VAR ROADNO 0");
            SW.WriteLine("    VAR DummyVar 0");
            SW.WriteLine("    VAR MyAcceleration 0");//Done.
            SW.WriteLine("    VAR MySpeed 0");//Done.
            SW.WriteLine("    VAR Headway");
            SW.WriteLine("    VAR AheadDistance");
            SW.WriteLine("    VAR AheadSpeed");
            SW.WriteLine("    VAR OncomeDistance");
            SW.WriteLine("    VAR OncomeSpeed");
            SW.WriteLine("    VAR MovedIntoOpositeLane 0");//Done.

            SW.WriteLine("    VAR NextToHeadwayCar 0");//Done.
            SW.WriteLine("    VAR NextToOncomingCar 0");//Done.

            SW.WriteLine("    VAR CarsOvertaken 0");//Done.
            SW.WriteLine("    VAR HistoryOfCarsOvertaken 0");
```

```

SW.WriteLine("    VAR Th");//Done.
SW.WriteLine("    VAR To");//

SW.WriteLine("    VAR CorrectedHeadwayDistance");//Done.
SW.WriteLine("    VAR CorrectedHeadwaySpeed");//Done.

//SW.WriteLine("    VAR CorrectedOncomingDistance");//Done.
SW.WriteLine("    VAR CorrectedOncomingSpeed");//Done.

SW.WriteLine("    VAR H_REF 1");// Done.
SW.WriteLine("    VAR O_REF 1");// Done.
SW.WriteLine("    VAR OncomeDistanceHistory");

SW.Write(Environment.NewLine);
SW.Write(Environment.NewLine);

SW.WriteLine("//////////////////////////////////////
//////////////////////////////////////");
SW.WriteLine("//                                OPPOSING LANE
CAR VARIABLES                                //");

SW.WriteLine("//////////////////////////////////////
//////////////////////////////////////");
SW.Write(Environment.NewLine);

for (int i = 1 ; i <= NumberOfOCars ; i++)
{
    SW.WriteLine("    VAR OCAR" + i);
}

SW.Write(Environment.NewLine);

for (int i = 1 ; i <= NumberOfOCars ; i++)
{
    SW.WriteLine("    VEC OCARStartPosition" + i + " 1," +
((i - 1) * 250)+280) + ",180");
}

SW.Write(Environment.NewLine);
SW.Write(Environment.NewLine);

SW.WriteLine("//////////////////////////////////////
//////////////////////////////////////");
SW.WriteLine("//                                HEADWAY LANE
CAR VARIABLES                                //");

SW.WriteLine("//////////////////////////////////////
//////////////////////////////////////");
SW.Write(Environment.NewLine);

for (int i = 1; i <= NumberOfHCars; i++)
{
    SW.WriteLine("    VAR HCAR" + i);
}
SW.Write(Environment.NewLine);

for (int i = 1; i <= NumberOfHCars; i++)

```

```

    {
        SW.WriteLine("          VEC HCARStartPosition" + i + " 1,"
+ (((i-1)*100)+280) + ",0");
    }

    SW.Write(Environment.NewLine);

    for (int i = 1; i <= NumberOfHCars; i++)
    {
        SW.WriteLine("          VEC PosOfHCar"+i);
    }

    SW.Write(Environment.NewLine);
    SW.Write(Environment.NewLine);

    SW.WriteLine("//////////////////////////////////////
//////////////////////////////////////");
    SW.WriteLine("//
LOGFILES                                     //");

    SW.WriteLine("//////////////////////////////////////
//////////////////////////////////////");
    SW.Write(Environment.NewLine);

    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_Reset(4)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_SetRate(100)");
    SW.WriteLine("    SLEEP 0");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_AddScriptVariable(3," + "'" +
"MySpeed" + "'" + "," + "'" + "Speed" + "'" + ",0)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_AddScriptVariable(4," + "'" +
"MyAcceleration" + "'" + "," + "'" + "Acceleration" + "'" + ",0)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_AddScriptVariable(7," + "'" +
"MovedIntoOpositeLane" + "'" + "," + "'" + "MovedIntoOpositeLane" + "'" +
",0)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_AddScriptVariable(8," + "'" +
"H_REF" + "'" + "," + "'" + "H_REF" + "'" + ",0)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_AddScriptVariable(9," + "'" +
"NextToHeadwayCar" + "'" + "," + "'" + "NextToHeadwayCar" + "'" + ",0)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_AddScriptVariable(10," + "'" +
"CorrectedHeadwaySpeed" + "'" + "," + "'" + "CorrectedHeadwaySpeed" + "'" +
",0)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_AddScriptVariable(11," + "'" +
"CorrectedHeadwayDistance" + "'" + "," + "'" + "CorrectedHeadwayDistance" +
"'" + ",0)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_AddScriptVariable(12," + "'" +
"Th" + "'" + "," + "'" + "Th" + "'" + ",0)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_AddScriptVariable(13," + "'" +
"O_REF" + "'" + "," + "'" + "O_REF" + "'" + ",0)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_AddScriptVariable(14," + "'" +
"NextToOncomingCar" + "'" + "," + "'" + "NextToOncomingCar" + "'" + ",0)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_AddScriptVariable(15," + "'" +
"CorrectedOncomingSpeed" + "'" + "," + "'" + "CorrectedOncomingSpeed" + "'" +
",0)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_AddScriptVariable(16," + "'" +
"OncomeDistance" + "'" + "," + "'" + "OncomeDistance" + "'" + ",0)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_AddScriptVariable(17," + "'" +
"To" + "'" + "," + "'" + "To" + "'" + ",0)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_AddScriptVariable(18," + "'" +
"CarsOvertaken" + "'" + "," + "'" + "CarsOvertaken" + "'" + ",0)");
    SW.WriteLine("    FUNC Logfile_Reset(1)");

```

```

SW.WriteLine("    SLEEP 0");

SW.Write(Environment.NewLine);
SW.Write(Environment.NewLine);

SW.WriteLine("////////////////////////////////////
////////////////////////////////////");
SW.WriteLine("//                                ERROR
MANAGEMENT                                //");

SW.WriteLine("////////////////////////////////////
////////////////////////////////////");
SW.Write(Environment.NewLine);

SW.WriteLine("    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_TOO_FAST,
ERRMODE_IGNORE)");
SW.WriteLine("    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_BLINKER_NOT_SET,
ERRMODE_IGNORE)");
SW.WriteLine("    FUNC
Error_SetErrorMode(ERR_BELT_NOT_FASTENED, ERRMODE_IGNORE)");
SW.WriteLine("    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_OVERTAKING_RIGHT,
ERRMODE_IGNORE)");
SW.WriteLine("    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_OVERTAKING,
ERRMODE_IGNORE)");
SW.WriteLine("    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_HEADWAY,
ERRMODE_IGNORE)");
SW.WriteLine("    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_SIDE_WRONG,
ERRMODE_IGNORE)");
SW.WriteLine("    FUNC
Error_SetErrorMode(ERR_OVERTAKING_DANGEROUS, ERRMODE_IGNORE)");
SW.WriteLine("    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_ENGINE_STALLED,
ERRMODE_IGNORE)");
for (int i = 2; i <= 124 ; i++)
{
    SW.WriteLine("    FUNC
Error_SetErrorMode(\"+i+\",ERRMODE_IGNORE)");
}
SW.WriteLine("    SLEEP 0");
SW.Write(Environment.NewLine);
SW.Write(Environment.NewLine);

SW.WriteLine("////////////////////////////////////
////////////////////////////////////");
SW.WriteLine("//                                WORLD
SETUP                                //");

SW.WriteLine("////////////////////////////////////
////////////////////////////////////");
SW.Write(Environment.NewLine);

SW.WriteLine("    FUNC Driver_SetWorld (WORLD_SEGMENTS)");
SW.WriteLine("    FUNC Driver_SetPositionDirect (startpos)");
SW.WriteLine("    SLEEP 0");
SW.Write(Environment.NewLine);
SW.WriteLine("    FUNC Traffic_ResetSigns (2)");
SW.Write(Environment.NewLine);

for (int i = 1; i <= NumberOfHCars; i++)
{

```

```

        SW.WriteLine("          FUNC HCAR" + i +
"=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
HCARStartPosition" + i + ")");
        SW.WriteLine("          FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR" + i +
",0,2)");
        SW.WriteLine("          FUNC Traffic_SetRoute(HCAR" + i +
",ENDROUTE_REMOVE,HCAREndPosition)\r\n");
    }
    SW.Write(Environment.NewLine);

    for (int i = 1 ; i <= NumberOfOCars ; i++)
    {
        SW.WriteLine("          FUNC OCAR" + i +
"=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
OCARStartPosition"+i+")");
        SW.WriteLine("          FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR" + i +
",0,2)");
        SW.WriteLine("          FUNC Traffic_SetRoute(OCAR" + i +
",ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)\r\n");
    }
    SW.WriteLine("      SLEEP 0");

    SW.Write(Environment.NewLine);
    SW.Write(Environment.NewLine);

SW.WriteLine("//////////////////////////////////////////
//////////////////////////////////////////");
    SW.WriteLine("//
PREPARATION                                     //");

SW.WriteLine("//////////////////////////////////////////
//////////////////////////////////////////");
    SW.Write(Environment.NewLine);

    SW.WriteLine("LABEL prepare");
    SW.WriteLine("      VAR v 0");
    SW.WriteLine("      FUNC v = Driver_GetSpeed()");
    SW.WriteLine("      IF v > minspeed");

    for (int i = 1 ; i <= NumberOfOCars ; i++)
    {
        SW.WriteLine("          FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR" +
i + ",~,1)");
    }
    SW.Write(Environment.NewLine);

    for (int i = 1; i <= NumberOfHCars; i++)
    {
        SW.WriteLine("          FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR" +
i + ",~,1)");
    }
    SW.Write(Environment.NewLine);

    SW.WriteLine("      SLEEP 0");
    SW.WriteLine("      GOTO go");
    SW.WriteLine("    ENDIF");
    SW.WriteLine("      SLEEP 0");
    SW.WriteLine("      GOTO prepare");

```

```

SW.WriteLine("LABEL go");

SW.Write(Environment.NewLine);
SW.Write(Environment.NewLine);

SW.WriteLine("////////////////////////////////////
////////////////////////////////////");
SW.WriteLine("//                                MAIN
LOOP                                //");

SW.WriteLine("////////////////////////////////////
////////////////////////////////////");
SW.Write(Environment.NewLine);

SW.WriteLine("LABEL mainloop");
SW.Write(Environment.NewLine);

SW.WriteLine(" IF mypos.track < 1");
SW.WriteLine("     LET MovedIntoOpositeLane 1");
SW.WriteLine(" ELSE");
SW.WriteLine("     LET MovedIntoOpositeLane 0");
SW.WriteLine(" ENDIF");
SW.Write(Environment.NewLine);

SW.WriteLine(" LET CarsOvertaken 0");
SW.WriteLine(" LET CorrectedHeadwaySpeed 0");
SW.Write(Environment.NewLine);
SW.WriteLine(" FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR1)");

for (int i = 1; i <= NumberOfHCars; i++)
{
    SW.WriteLine("     FUNC PosOfHCar"+ i + " =
Traffic_GetPosition(HCAR"+i+"");
    SW.WriteLine("     IF mypos > PosOfHCar" + i); // Make
it more percise. Might need to add an offset or check we go back in lane to
exclude false attempts
    SW.WriteLine("         LET CarsOvertaken "+i);
    if (i < NumberOfHCars) SW.WriteLine("         LET
H_REF " + (i+1));
    if (i < NumberOfHCars) SW.WriteLine("         FUNC
DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR"+(i+1)+"");

    SW.WriteLine("         ENDIF\r\n");
}
SW.WriteLine("     SLEEP 0");

SW.Write(Environment.NewLine);
SW.Write(Environment.NewLine);

SW.WriteLine("     FUNC MyAcceleration =
Driver_GetAcceleration()");
SW.WriteLine("     FUNC MySpeed = Driver_GetSpeed()");
SW.WriteLine("     FUNC Headway = Surround_GetHeadway()");

```



```

        SW.WriteLine("    FUNC AheadDistance,AheadSpeed =
Surround_GetNextAheadDistAndSpeed()");
        SW.WriteLine("    FUNC OncomeDistance,OncomeSpeed =
Surround_GetNextOncomeDistAndSpeed()");

        //SW.WriteLine("    CALC CorrectedOncomingDistance =
OncomeDistance + 4.834");
        SW.WriteLine("    CALC CorrectedOncomingSpeed = OncomeSpeed +
0.1");
        SW.WriteLine("    CALC CorrectedHeadwayDistance = Headway +
8.8");
        SW.WriteLine("    CALC CorrectedHeadwaySpeed =
CorrectedHeadwaySpeed + 0.1");

        SW.Write(Environment.NewLine);

        //Done as folows because HeadwayDistance is not computed when
in oposite lane!
        SW.WriteLine("    IF HistoryOfCarsOvertaken <> CarsOvertaken");
        SW.WriteLine("        LET NextToHeadwayCar 1");
        SW.WriteLine("    ELSE");
        SW.WriteLine("        LET NextToHeadwayCar 0");
        SW.WriteLine("    ENDIF");
        SW.WriteLine("    LET HistoryOfCarsOvertaken = CarsOvertaken");

        SW.Write(Environment.NewLine);
        SW.WriteLine("    LET NextToOncomingCar 0");
        SW.WriteLine("    IF OncomeDistance < 0");
        SW.WriteLine("        IF OncomeDistanceHistory > 0");
        SW.WriteLine("            CALC O_REF = O_REF + 1");
        SW.WriteLine("            LET NextToOncomingCar 1");
        SW.WriteLine("        ENDIF");
        SW.WriteLine("    ENDIF");
        SW.WriteLine("    LET OncomeDistanceHistory = OncomeDistance");

        SW.Write(Environment.NewLine);
        SW.Write(Environment.NewLine);

        SW.WriteLine("    VAR TEMP 0");
        SW.WriteLine("    IF MySpeed > 0");
        SW.WriteLine("        CALC TEMP = MySpeed * 0.27778");
        SW.WriteLine("        CALC Th = CorrectedHeadwayDistance /
TEMP"); // Magic Number Converts km/h into m/s
        SW.WriteLine("        CALC To = OncomeDistance / TEMP");
        SW.WriteLine("    ENDIF");

        SW.Write(Environment.NewLine);
        SW.Write(Environment.NewLine);

        SW.WriteLine("//////////////////////////////////////////
//////////////////////////////////////////");
        SW.WriteLine("//                                     DEBUG
MODULE                                     //"");

        SW.WriteLine("//////////////////////////////////////////
//////////////////////////////////////////");
        SW.Write(Environment.NewLine);

```

```

        SW.WriteLine("    //FUNC System_SetText(MySpeed)");
        SW.WriteLine("    //FUNC System_SetText(MyAcceleration)");
        SW.WriteLine("    //FUNC
System_SetText(MovedIntoOppositeLane)");
        SW.WriteLine("    //FUNC System_SetText(H_REF)");
        SW.WriteLine("    //FUNC System_SetText(NextToHeadwayCar)");
        SW.WriteLine("    //FUNC
System_SetText(CorrectedHeadwaySpeed)");
        SW.WriteLine("    //FUNC
System_SetText(CorrectedHeadwayDistance)");
        SW.WriteLine("    //FUNC System_SetText(Th)");
        SW.WriteLine("    //FUNC System_SetText(O_REF)");
        SW.WriteLine("    //FUNC System_SetText(NextToOncomingCar)");
        SW.WriteLine("    //FUNC
System_SetText(CorrectedOncomingSpeed)");
        SW.WriteLine("    //FUNC
System_SetText(CorrectedOncomingDistance)");
        SW.WriteLine("    //FUNC System_SetText(To)");
        SW.WriteLine("    //FUNC System_SetText(CarsOvertaken)");
        SW.WriteLine("    //FUNC System_SetText()");
        SW.WriteLine("    //FUNC System_SetText()");

        SW.Write(Environment.NewLine);
        SW.Write(Environment.NewLine);
        SW.WriteLine("    IFONCE mypos > endpos");
        SW.WriteLine("        GOTO ends");
        SW.WriteLine("    ENDIF");

        SW.Write(Environment.NewLine);

        SW.WriteLine("GOTO mainloop");
        SW.Write(Environment.NewLine);
        SW.Write(Environment.NewLine);

SW.WriteLine("////////////////////////////////////
////////////////////////////////////");
        SW.WriteLine("//                                END
SCENARIO                                //"");

SW.WriteLine("////////////////////////////////////
////////////////////////////////////");

        SW.Write(Environment.NewLine);
        SW.Write(Environment.NewLine);
        SW.WriteLine("LABEL ends");
        SW.WriteLine("    FUNC System_Stop()");
        SW.WriteLine("END");

        SW.Close();
        Console.WriteLine("Done.");
        System.Diagnostics.Process.Start(@"D:\Template.sce");
    }
}

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Preamble

This License governs Your use of the Work. This License is intended to allow developers to use the Source Code and Executable Files provided as part of the Work in any application in any form.

The main points subject to the terms of the License are:

- Source Code and Executable Files can be used in commercial applications;
- Source Code and Executable Files can be redistributed; and
- Source Code can be modified to create derivative works.
- No claim of suitability, guarantee, or any warranty whatsoever is provided. The software is provided "as-is".
- The Article(s) accompanying the Work may not be distributed or republished without the Author's consent

This License is entered between You, the individual or other entity reading or otherwise making use of the Work licensed pursuant to this License and the individual or other entity which offers the Work under the terms of this License ("Author").

License

THE WORK (AS DEFINED BELOW) IS PROVIDED UNDER THE TERMS OF THIS CODE PROJECT OPEN LICENSE ("LICENSE"). THE WORK IS PROTECTED BY COPYRIGHT AND/OR OTHER APPLICABLE LAW. ANY USE OF THE WORK OTHER THAN AS AUTHORIZED UNDER THIS LICENSE OR COPYRIGHT LAW IS PROHIBITED.

BY EXERCISING ANY RIGHTS TO THE WORK PROVIDED HEREIN, YOU ACCEPT AND AGREE TO BE BOUND BY THE TERMS OF THIS LICENSE. THE AUTHOR GRANTS YOU THE RIGHTS CONTAINED HEREIN IN CONSIDERATION OF YOUR ACCEPTANCE OF SUCH TERMS AND CONDITIONS. IF YOU DO NOT AGREE TO ACCEPT AND BE BOUND BY THE TERMS OF THIS LICENSE, YOU CANNOT MAKE ANY USE OF THE WORK.

1. Definitions.

- a. **"Articles"** means, collectively, all articles written by Author which describes how the Source Code and Executable Files for the Work may be used by a user.
- b. **"Author"** means the individual or entity that offers the Work under the terms of this License.
- c. **"Derivative Work"** means a work based upon the Work or upon the Work and other pre-existing works.
- d. **"Executable Files"** refer to the executables, binary files, configuration and any required data files included in the Work.
- e. **"Publisher"** means the provider of the website, magazine, CD-ROM, DVD or other medium from or by which the Work is obtained by You.

- f. **"Source Code"** refers to the collection of source code and configuration files used to create the Executable Files.
 - g. **"Standard Version"** refers to such a Work if it has not been modified, or has been modified in accordance with the consent of the Author, such consent being in the full discretion of the Author.
 - h. **"Work"** refers to the collection of files distributed by the Publisher, including the Source Code, Executable Files, binaries, data files, documentation, whitepapers and the Articles.
 - i. **"You"** is you, an individual or entity wishing to use the Work and exercise your rights under this License.
- 2. **Fair Use/Fair Use Rights.** Nothing in this License is intended to reduce, limit, or restrict any rights arising from fair use, fair dealing, first sale or other limitations on the exclusive rights of the copyright owner under copyright law or other applicable laws.
- 3. **License Grant.** Subject to the terms and conditions of this License, the Author hereby grants You a worldwide, royalty-free, non-exclusive, perpetual (for the duration of the applicable copyright) license to exercise the rights in the Work as stated below:
 - a. You may use the standard version of the Source Code or Executable Files in Your own applications.
 - b. You may apply bug fixes, portability fixes and other modifications obtained from the Public Domain or from the Author. A Work modified in such a way shall still be considered the standard version and will be subject to this License.
 - c. You may otherwise modify Your copy of this Work (excluding the Articles) in any way to create a Derivative Work, provided that You insert a prominent notice in each changed file stating how, when and where You changed that file.
 - d. You may distribute the standard version of the Executable Files and Source Code or Derivative Work in aggregate with other (possibly commercial) programs as part of a larger (possibly commercial) software distribution.
 - e. The Articles discussing the Work published in any form by the author may not be distributed or republished without the Author's consent. The author retains copyright to any such Articles. You may use the Executable Files and Source Code pursuant to this License but you may not repost or republish or otherwise distribute or make available the Articles, without the prior written consent of the Author.

Any subroutines or modules supplied by You and linked into the Source Code or Executable Files this Work shall not be considered part of this Work and will not be subject to the terms of this License.

- 4. **Patent License.** Subject to the terms and conditions of this License, each Author hereby grants to You a perpetual, worldwide, non-exclusive, no-charge, royalty-free, irrevocable (except as stated in this section) patent license to make, have made, use, import, and otherwise transfer the Work.
- 5. **Restrictions.** The license granted in Section 3 above is expressly made subject to and limited by the following restrictions:
 - a. You agree not to remove any of the original copyright, patent, trademark, and attribution notices and associated disclaimers that may appear in the Source Code or Executable Files.
 - b. You agree not to advertise or in any way imply that this Work is a product of Your own.
 - c. The name of the Author may not be used to endorse or promote products derived from the Work without the prior written consent of the Author.

- d. You agree not to sell, lease, or rent any part of the Work. This does not restrict you from including the Work or any part of the Work inside a larger software distribution that itself is being sold. The Work by itself, though, cannot be sold, leased or rented.
 - e. You may distribute the Executable Files and Source Code only under the terms of this License, and You must include a copy of, or the Uniform Resource Identifier for, this License with every copy of the Executable Files or Source Code You distribute and ensure that anyone receiving such Executable Files and Source Code agrees that the terms of this License apply to such Executable Files and/or Source Code. You may not offer or impose any terms on the Work that alter or restrict the terms of this License or the recipients' exercise of the rights granted hereunder. You may not sublicense the Work. You must keep intact all notices that refer to this License and to the disclaimer of warranties. You may not distribute the Executable Files or Source Code with any technological measures that control access or use of the Work in a manner inconsistent with the terms of this License.
 - f. You agree not to use the Work for illegal, immoral or improper purposes, or on pages containing illegal, immoral or improper material. The Work is subject to applicable export laws. You agree to comply with all such laws and regulations that may apply to the Work after Your receipt of the Work.
6. **Representations, Warranties and Disclaimer.** THIS WORK IS PROVIDED "AS IS", "WHERE IS" AND "AS AVAILABLE", WITHOUT ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES OR CONDITIONS OR GUARANTEES. YOU, THE USER, ASSUME ALL RISK IN ITS USE, INCLUDING COPYRIGHT INFRINGEMENT, PATENT INFRINGEMENT, SUITABILITY, ETC. AUTHOR EXPRESSLY DISCLAIMS ALL EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY WARRANTIES OR CONDITIONS, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, WARRANTIES OR CONDITIONS OF MERCHANTABILITY, MERCHANTABLE QUALITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR ANY WARRANTY OF TITLE OR NON-INFRINGEMENT, OR THAT THE WORK (OR ANY PORTION THEREOF) IS CORRECT, USEFUL, BUG-FREE OR FREE OF VIRUSES. YOU MUST PASS THIS DISCLAIMER ON WHENEVER YOU DISTRIBUTE THE WORK OR DERIVATIVE WORKS.
7. **Indemnity.** You agree to defend, indemnify and hold harmless the Author and the Publisher from and against any claims, suits, losses, damages, liabilities, costs, and expenses (including reasonable legal or attorneys' fees) resulting from or relating to any use of the Work by You.
8. **Limitation on Liability.** EXCEPT TO THE EXTENT REQUIRED BY APPLICABLE LAW, IN NO EVENT WILL THE AUTHOR OR THE PUBLISHER BE LIABLE TO YOU ON ANY LEGAL THEORY FOR ANY SPECIAL, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL, PUNITIVE OR EXEMPLARY DAMAGES ARISING OUT OF THIS LICENSE OR THE USE OF THE WORK OR OTHERWISE, EVEN IF THE AUTHOR OR THE PUBLISHER HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.
9. **Termination.**
- a. This License and the rights granted hereunder will terminate automatically upon any breach by You of any term of this License. Individuals or entities who have received Derivative Works from You under this License, however, will not have their licenses terminated provided such individuals or entities remain in full compliance with those licenses. Sections 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10 and 11 will survive any termination of this License.
 - b. If You bring a copyright, trademark, patent or any other infringement claim against any contributor over infringements You claim are made by the Work, your License from such contributor to the Work ends automatically.
 - c. Subject to the above terms and conditions, this License is perpetual (for the duration of the applicable copyright in the Work). Notwithstanding the above, the Author reserves the right to release the Work under different license terms or to stop distributing the Work at any time; provided, however that any such election will not serve to withdraw this License (or any other license that has been, or is required to

be, granted under the terms of this License), and this License will continue in full force and effect unless terminated as stated above.

10. **Publisher.** The parties hereby confirm that the Publisher shall not, under any circumstances, be responsible for and shall not have any liability in respect of the subject matter of this License. The Publisher makes no warranty whatsoever in connection with the Work and shall not be liable to You or any party on any legal theory for any damages whatsoever, including without limitation any general, special, incidental or consequential damages arising in connection to this license. The Publisher reserves the right to cease making the Work available to You at any time without notice

11. **Miscellaneous**

- a. This License shall be governed by the laws of the location of the head office of the Author or if the Author is an individual, the laws of location of the principal place of residence of the Author.
- b. If any provision of this License is invalid or unenforceable under applicable law, it shall not affect the validity or enforceability of the remainder of the terms of this License, and without further action by the parties to this License, such provision shall be reformed to the minimum extent necessary to make such provision valid and enforceable.
- c. No term or provision of this License shall be deemed waived and no breach consented to unless such waiver or consent shall be in writing and signed by the party to be charged with such waiver or consent.
- d. This License constitutes the entire agreement between the parties with respect to the Work licensed herein. There are no understandings, agreements or representations with respect to the Work not specified herein. The Author shall not be bound by any additional provisions that may appear in any communication from You. This License may not be modified without the mutual written agreement of the Author and You.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΓΕΝΕΣΗΣ ΤΥΧΑΙΩΝ ΑΡΙΘΜΩΝ

```
using System;

namespace TestSimpleRNG
{
    /// <summary>
    /// SimpleRNG is a simple random number generator based on
    /// George Marsaglia's MWC (multiply with carry) generator.
    /// Although it is very simple, it passes Marsaglia's DIEHARD
    /// series of random number generator tests.
    ///
    /// Written by John D. Cook
    /// http://www.johndcook.com
    /// </summary>
    public class SimpleRNG
    {
        private static uint m_w;
        private static uint m_z;

        static SimpleRNG()
        {
            // These values are not magical, just the default values
            Marsaglia used.
            // Any pair of unsigned integers should be fine.
            m_w = 521288629;
            m_z = 362436069;
        }

        // The random generator seed can be set three ways:
        // 1) specifying two non-zero unsigned integers
        // 2) specifying one non-zero unsigned integer and taking a default
        value for the second
        // 3) setting the seed from the system time

        public static void SetSeed(uint u, uint v)
        {
            if (u != 0) m_w = u;
            if (v != 0) m_z = v;
        }

        public static void SetSeed(uint u)
        {
            m_w = u;
        }

        public static void SetSeedFromSystemTime()
        {
            System.DateTime dt = System.DateTime.Now;
            long x = dtToFileTime();
            SetSeed((uint)(x >> 16), (uint)(x % 4294967296));
        }

        // Produce a uniform random sample from the open interval (0, 1).
        // The method will not return either end point.
        public static double GetUniform()
        {
            // 0 <= u <= 2^32
```

```

        uint u = GetUint();
        // The magic number below is 1/(2^32 + 2).
        // The result is strictly between 0 and 1.
        return (u + 1) * 2.328306435454494e-10;
    }

    // Get normal (Gaussian) random sample with mean 0 and standard
deviation 1
    public static double GetNormal()
    {
        // Use Box-Muller algorithm
        double u1 = GetUniform();
        double u2 = GetUniform();
        double r = Math.Sqrt( -2.0*Math.Log(u1) );
        double theta = 2.0*Math.PI*u2;
        return r*Math.Sin(theta);
    }

    // Get normal (Gaussian) random sample with specified mean and
standard deviation
    public static double GetNormal(double mean, double
standardDeviation)
    {
        return mean + standardDeviation*GetNormal();
    }

    // Get exponential random sample with mean 1
    public static double GetExponential()
    {
        return -Math.Log( GetUniform() );
    }

    // Get exponential random sample with specified mean
    public static double GetExponential(double mean)
    {
        return mean*GetExponential();
    }

    // This is the heart of the generator.
    // It uses George Marsaglia's MWC algorithm to produce an unsigned
integer.
    // See
http://www.bobwheeler.com/statistics/Password/MarsagliaPost.txt
    private static uint GetUint()
    {
        m_z = 36969 * (m_z & 65535) + (m_z >> 16);
        m_w = 18000 * (m_w & 65535) + (m_w >> 16);
        return (m_z << 16) + (m_w & 65535);
    }
}

```


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΜΕΤΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

```
using System;
using System.IO;
using System.Text.RegularExpressions;

namespace TestSimpleRNG
{
    /// <summary>
    /// Test application for the SimpleRNG random number generator.
    /// This verifies that the random numbers have the expected
    /// distribution using a standard statistical test.
    /// Unfortunately the test is more complicated than the generator
    itself.
    /// </summary>
    class Testharness
    {
        /// <summary>
        /// Kolmogorov-Smirnov test for distributions. See Knuth volume 2,
        page 48-51 (third edition).
        /// This test should *fail* on average one time in 1000 runs.
        /// That's life with random number generators: if the test passed
        all the time,
        /// the source wouldn't be random enough! If the test were to fail
        more frequently,
        /// the most likely explanation would be a bug in the code.
        /// </summary>

        static void FileCreation()
        {
            StreamReader SR = new
            StreamReader(@"C:\Users\user\Desktop\Sirit\Distribution
            Test\SimpleRNG_demo\SimpleRNG_demo\TestSimpleRNG\code.txt");
            string file = SR.ReadToEnd();
            string FinalFile = "";
            string FinalFile2 = "";
            string[] filesplit = file.Split('~');
            int iterations = filesplit.Length;
            for (int i = 0; i < iterations - 1; i++)
            {
                FinalFile += filesplit[i] + SimpleRNG.GetNormal(50,
            10).ToString("F1");
            }
            FinalFile += filesplit[iterations - 1];

            string[] filesplit2 = FinalFile.Split('|');
            iterations = filesplit2.Length;
            for (int i = 0; i < iterations - 1; i++)
            {
                FinalFile2 += filesplit2[i] +
            SimpleRNG.GetExponential(30).ToString("F1");
            }
            FinalFile2 += filesplit2[iterations - 1];
            StreamWriter SW = new
            StreamWriter(@"C:\Users\user\Desktop\Sirit\Distribution
            Test\SimpleRNG_demo\SimpleRNG_demo\TestSimpleRNG\NewCode.txt");
            SW.Write(FinalFile2);
            SR.Close();
        }
    }
}
```

```

        SW.Close();
    }

    static void Main(string[] args)
    {
        DirectoryInfo di = new DirectoryInfo(".");
        string appPath = di.FullName;
        Console.WriteLine(appPath);

        //StreamReader SR = new StreamReader()

        SimpleRNG.SetSeedFromSystemTime();
        int numReps = 1000;
        double failureProbability = 0.001; // probability of test
failing with normal input
        int j;
        double[] samples = new double[numReps];

        for (j = 0; j != numReps; ++j)
            samples[j] = SimpleRNG.GetUniform();

        System.Array.Sort(samples);

        double CDF;
        double temp;
        int j_minus = 0, j_plus = 0;
        double K_plus = -double.MaxValue;
        double K_minus = -double.MaxValue;

        for (j = 0; j != numReps; ++j)
        {
            CDF = samples[j];
            temp = (j + 1.0) / numReps - CDF;
            if (K_plus < temp)
            {
                K_plus = temp;
                j_plus = j;
            }
            temp = CDF - (j + 0.0) / numReps;
            if (K_minus < temp)
            {
                K_minus = temp;
                j_minus = j;
            }
        }

        double sqrtNumReps = Math.Sqrt((double)numReps);
        K_plus *= sqrtNumReps;
        K_minus *= sqrtNumReps;

        // We divide the failure probability by four because we have
four tests:
        // left and right tests for K+ and K-.
        double p_low = 0.25 * failureProbability;
        double p_high = 1.0 - 0.25 * failureProbability;
        double cutoff_low = Math.Sqrt(0.5 * Math.Log(1.0 / (1.0 -
p_low))) - 1.0 / (6.0 * sqrtNumReps);
        double cutoff_high = Math.Sqrt(0.5 * Math.Log(1.0 / (1.0 -
p_high))) - 1.0 / (6.0 * sqrtNumReps);

        Console.WriteLine("\n\nTesting the random number
distribution");
    }

```

```

        Console.WriteLine("using the Kolmogorov-Smirnov (KS) test.\n");

        Console.WriteLine("K+ statistic: {0}", K_plus);
        Console.WriteLine("K- statistic: {0}", K_minus);
        Console.WriteLine("Acceptable interval: [{0}, {1}]",
cutoff_low, cutoff_high);
        Console.WriteLine("K+ max at {0} {1}", j_plus,
samples[j_plus]);
        Console.WriteLine("K- max at {0} {1}", j_minus,
samples[j_minus]);

        if (cutoff_low <= K_plus && K_plus <= cutoff_high && cutoff_low
<= K_minus && K_minus <= cutoff_high)
        {
            Console.WriteLine("\nKS test passed\n");
            FileCreation();
            Console.ReadLine();
        }
        else
        {
            Console.WriteLine("\nKS test failed\n");
            Console.ReadLine();
        }
    }
}

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΚΩΔΙΚΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ ΟΔΗΓΗΣ

Name: OVERTAKING

BEGIN

LABEL Start

```
////////////////////////////////////  
//                               MY VARIABLES                               //  
////////////////////////////////////
```

```
VAR minspeed 10  
VAR myobjid 0  
VEC startpos 1,180,0  
VEC endpos 1,3000,0  
VEC OCARStartPosition 1,180,180  
VEC OCAREndPosition 112,10,0  
VEC HCAREndPosition 70,40,180  
VAR ROADNO 0  
VAR DummyVar 0  
VAR MyAcceleration 0  
VAR MySpeed 0  
VAR Headway  
VAR AheadDistance  
VAR AheadSpeed  
VAR OncomeDistance  
VAR OncomeSpeed  
VAR MovedIntoOpositeLane 0  
VAR NextToHeadwayCar 0  
VAR NextToOncomingCar 0  
VAR CarsOvertaken 0  
VAR HistoryOfCarsOvertaken 0  
VAR Th  
VAR To  
VAR CorrectedHeadwayDistance  
VAR CorrectedHeadwaySpeed  
VAR CorrectedOncomingSpeed  
VAR H_REF 1  
VAR O_REF 1  
VAR OncomeDistanceHistory
```

```
////////////////////////////////////  
//                               OPPOSING LANE CAR VARIABLES                               //  
////////////////////////////////////
```

```
VAR OCAR1  
VAR OCAR2  
VAR OCAR3  
VAR OCAR4  
VAR OCAR5  
VAR OCAR6  
VAR OCAR7  
VAR OCAR8  
VAR OCAR9  
VAR OCAR10  
VAR OCAR11  
VAR OCAR12  
VAR OCAR13
```

```

VAR OCAR14
VAR OCAR15
VAR OCAR16
VAR OCAR17
VAR OCAR18
VAR OCAR19
VAR OCAR20

VEC OCARStartPosition1 1,280,180
VEC OCARStartPosition2 1,530,180
VEC OCARStartPosition3 1,780,180
VEC OCARStartPosition4 1,1030,180
VEC OCARStartPosition5 1,1280,180
VEC OCARStartPosition6 1,1530,180
VEC OCARStartPosition7 1,1780,180
VEC OCARStartPosition8 1,2030,180
VEC OCARStartPosition9 1,2280,180
VEC OCARStartPosition10 1,2530,180
VEC OCARStartPosition11 1,2780,180
VEC OCARStartPosition12 1,3030,180
VEC OCARStartPosition13 1,3280,180
VEC OCARStartPosition14 1,3530,180
VEC OCARStartPosition15 1,3780,180
VEC OCARStartPosition16 1,4030,180
VEC OCARStartPosition17 1,4280,180
VEC OCARStartPosition18 1,4530,180
VEC OCARStartPosition19 1,4780,180
VEC OCARStartPosition20 1,5030,180

```

```

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//                                     HEADWAY LANE CAR VARIABLES                               //
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

```

```

VAR HCAR1
VAR HCAR2
VAR HCAR3
VAR HCAR4
VAR HCAR5
VAR HCAR6
VAR HCAR7
VAR HCAR8
VAR HCAR9
VAR HCAR10

VEC HCARStartPosition1 1,280,0
VEC HCARStartPosition2 1,380,0
VEC HCARStartPosition3 1,480,0
VEC HCARStartPosition4 1,580,0
VEC HCARStartPosition5 1,680,0
VEC HCARStartPosition6 1,780,0
VEC HCARStartPosition7 1,880,0
VEC HCARStartPosition8 1,980,0
VEC HCARStartPosition9 1,1080,0
VEC HCARStartPosition10 1,1180,0

VEC PosOfHCar1
VEC PosOfHCar2
VEC PosOfHCar3
VEC PosOfHCar4
VEC PosOfHCar5
VEC PosOfHCar6

```

```

VEC PosOfHCar7
VEC PosOfHCar8
VEC PosOfHCar9
VEC PosOfHCar10

```

```

/////////////////////////////////////////////////////////////////
//                                     LOGFILES                                //
/////////////////////////////////////////////////////////////////

```

```

    FUNC Logfile_Reset(4)
    FUNC Logfile_SetRate(100)
    SLEEP 0
    FUNC Logfile_AddScriptVariable(3,"MySpeed","Speed",0)
    FUNC Logfile_AddScriptVariable(4,"MyAcceleration","Acceleration",0)
    FUNC
Logfile_AddScriptVariable(7,"MovedIntoOpositeLane","MovedIntoOpositeLane",0
)
    FUNC Logfile_AddScriptVariable(8,"H_REF","H_REF",0)
    FUNC
Logfile_AddScriptVariable(9,"NextToHeadwayCar","NextToHeadwayCar",0)
    FUNC
Logfile_AddScriptVariable(10,"CorrectedHeadwaySpeed","CorrectedHeadwaySpeed
",0)
    FUNC
Logfile_AddScriptVariable(11,"CorrectedHeadwayDistance","CorrectedHeadwayDi
stance",0)
    FUNC Logfile_AddScriptVariable(12,"Th","Th",0)
    FUNC Logfile_AddScriptVariable(13,"O_REF","O_REF",0)
    FUNC
Logfile_AddScriptVariable(14,"NextToOncomingCar","NextToOncomingCar",0)
    FUNC
Logfile_AddScriptVariable(15,"CorrectedOncomingSpeed","CorrectedOncomingSpe
ed",0)
    FUNC
Logfile_AddScriptVariable(16,"OncomeDistance","OncomeDistance",0)
    FUNC Logfile_AddScriptVariable(17,"To","To",0)
    FUNC Logfile_AddScriptVariable(18,"CarsOvertaken","CarsOvertaken",0)
    FUNC Logfile_Reset(1)
    SLEEP 0

```

```

/////////////////////////////////////////////////////////////////
//                                     ERROR MANAGEMENT                        //
/////////////////////////////////////////////////////////////////

```

```

    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_TOO_FAST, ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_BLINKER_NOT_SET, ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_BELT_NOT_FASTENED, ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_OVERTAKING_RIGHT, ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_OVERTAKING, ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_HEADWAY, ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_SIDE_WRONG, ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_OVERTAKING_DANGEROUS, ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(ERR_ENGINE_STALLED, ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(2,ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(3,ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(4,ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(5,ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(6,ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(7,ERRMODE_IGNORE)
    FUNC Error_SetErrorMode(8,ERRMODE_IGNORE)

```

[illegible]

```

FUNC Error_SetErrorMode(71,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(72,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(73,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(74,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(75,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(76,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(77,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(78,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(79,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(80,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(81,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(82,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(83,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(84,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(85,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(86,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(87,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(88,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(89,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(90,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(91,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(92,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(93,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(94,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(95,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(96,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(97,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(98,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(99,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(100,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(101,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(102,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(103,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(104,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(105,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(106,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(107,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(108,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(109,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(110,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(111,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(112,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(113,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(114,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(115,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(116,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(117,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(118,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(119,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(120,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(121,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(122,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(123,ERRMODE_IGNORE)
FUNC Error_SetErrorMode(124,ERRMODE_IGNORE)
SLEEP 0

```

```

////////////////////////////////////
//                                WORLD SETUP                                //
////////////////////////////////////

```

```

FUNC Driver_SetWorld (WORLD_SEGMENTS)

```



```

FUNC Driver_SetPositionDirect (startpos)
SLEEP 0

FUNC Traffic_ResetSigns (2)

    FUNC
    HCAR1=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    HCARStartPosition1)
        FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR1,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(HCAR1,ENDROUTE_REMOVE,HCAREndPosition)

    FUNC
    HCAR2=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    HCARStartPosition2)
        FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR2,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(HCAR2,ENDROUTE_REMOVE,HCAREndPosition)

    FUNC
    HCAR3=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    HCARStartPosition3)
        FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR3,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(HCAR3,ENDROUTE_REMOVE,HCAREndPosition)

    FUNC
    HCAR4=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    HCARStartPosition4)
        FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR4,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(HCAR4,ENDROUTE_REMOVE,HCAREndPosition)

    FUNC
    HCAR5=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    HCARStartPosition5)
        FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR5,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(HCAR5,ENDROUTE_REMOVE,HCAREndPosition)

    FUNC
    HCAR6=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    HCARStartPosition6)
        FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR6,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(HCAR6,ENDROUTE_REMOVE,HCAREndPosition)

    FUNC
    HCAR7=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    HCARStartPosition7)
        FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR7,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(HCAR7,ENDROUTE_REMOVE,HCAREndPosition)

    FUNC
    HCAR8=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    HCARStartPosition8)
        FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR8,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(HCAR8,ENDROUTE_REMOVE,HCAREndPosition)

    FUNC
    HCAR9=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    HCARStartPosition9)
        FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR9,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(HCAR9,ENDROUTE_REMOVE,HCAREndPosition)

    FUNC
    HCAR10=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    HCARStartPosition10)

```

```

FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR10,0,2)
FUNC Traffic_SetRoute(HCAR10,ENDROUTE_REMOVE,HCAREndPosition)

FUNC
OCAR1=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
OCARStartPosition1)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR1,0,2)
    FUNC Traffic_SetRoute(OCAR1,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

FUNC
OCAR2=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
OCARStartPosition2)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR2,0,2)
    FUNC Traffic_SetRoute(OCAR2,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

FUNC
OCAR3=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
OCARStartPosition3)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR3,0,2)
    FUNC Traffic_SetRoute(OCAR3,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

FUNC
OCAR4=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
OCARStartPosition4)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR4,0,2)
    FUNC Traffic_SetRoute(OCAR4,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

FUNC
OCAR5=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
OCARStartPosition5)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR5,0,2)
    FUNC Traffic_SetRoute(OCAR5,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

FUNC
OCAR6=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
OCARStartPosition6)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR6,0,2)
    FUNC Traffic_SetRoute(OCAR6,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

FUNC
OCAR7=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
OCARStartPosition7)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR7,0,2)
    FUNC Traffic_SetRoute(OCAR7,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

FUNC
OCAR8=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
OCARStartPosition8)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR8,0,2)
    FUNC Traffic_SetRoute(OCAR8,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

FUNC
OCAR9=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
OCARStartPosition9)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR9,0,2)
    FUNC Traffic_SetRoute(OCAR9,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

FUNC
OCAR10=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
OCARStartPosition10)
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR10,0,2)

```

```

        FUNC Traffic_SetRoute(OCAR10,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

    FUNC
    OCAR11=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    OCARStartPosition11)
        FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR11,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(OCAR11,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

    FUNC
    OCAR12=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    OCARStartPosition12)
        FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR12,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(OCAR12,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

    FUNC
    OCAR13=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    OCARStartPosition13)
        FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR13,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(OCAR13,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

    FUNC
    OCAR14=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    OCARStartPosition14)
        FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR14,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(OCAR14,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

    FUNC
    OCAR15=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    OCARStartPosition15)
        FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR15,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(OCAR15,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

    FUNC
    OCAR16=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    OCARStartPosition16)
        FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR16,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(OCAR16,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

    FUNC
    OCAR17=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    OCARStartPosition17)
        FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR17,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(OCAR17,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

    FUNC
    OCAR18=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    OCARStartPosition18)
        FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR18,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(OCAR18,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

    FUNC
    OCAR19=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    OCARStartPosition19)
        FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR19,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(OCAR19,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

    FUNC
    OCAR20=Traffic_InsertVehicle(OBJECT_SMALL_CAR,0,INSFLAG_DEFAULT,
    OCARStartPosition20)
        FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR20,0,2)
        FUNC Traffic_SetRoute(OCAR20,ENDROUTE_REMOVE,OCAREndPosition)

```

SLEEP 0

```
////////////////////////////////////  
//                                PREPARATION                                //  
////////////////////////////////////
```

```
LABEL prepare  
  VAR v 0  
  FUNC v = Driver_GetSpeed()  
  IF v > minspeed  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR1,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR2,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR3,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR4,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR5,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR6,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR7,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR8,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR9,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR10,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR11,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR12,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR13,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR14,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR15,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR16,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR17,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR18,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR19,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(OCAR20,~,1)  
  
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR1,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR2,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR3,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR4,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR5,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR6,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR7,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR8,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR9,~,1)  
    FUNC Traffic_SetSpeed(HCAR10,~,1)
```

SLEEP 0

GOTO go

ENDIF

SLEEP 0

GOTO prepare

LABEL go

```
////////////////////////////////////  
//                                MAIN LOOP                                //  
////////////////////////////////////
```

LABEL mainloop

IF mypos.track < 1

LET MovedIntoOpositeLane 1

ELSE

LET MovedIntoOpositeLane 0

ENDIF

```

LET CarsOvertaken 0
LET CorrectedHeadwaySpeed 0

FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed = Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR1)
  FUNC PosOfHCar1 = Traffic_GetPosition(HCAR1)
  IF mypos > PosOfHCar1
    LET CarsOvertaken 1
    LET H_REF 2
    FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR2)
  ENDIF

  FUNC PosOfHCar2 = Traffic_GetPosition(HCAR2)
  IF mypos > PosOfHCar2
    LET CarsOvertaken 2
    LET H_REF 3
    FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR3)
  ENDIF

  FUNC PosOfHCar3 = Traffic_GetPosition(HCAR3)
  IF mypos > PosOfHCar3
    LET CarsOvertaken 3
    LET H_REF 4
    FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR4)
  ENDIF

  FUNC PosOfHCar4 = Traffic_GetPosition(HCAR4)
  IF mypos > PosOfHCar4
    LET CarsOvertaken 4
    LET H_REF 5
    FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR5)
  ENDIF

  FUNC PosOfHCar5 = Traffic_GetPosition(HCAR5)
  IF mypos > PosOfHCar5
    LET CarsOvertaken 5
    LET H_REF 6
    FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR6)
  ENDIF

  FUNC PosOfHCar6 = Traffic_GetPosition(HCAR6)
  IF mypos > PosOfHCar6
    LET CarsOvertaken 6
    LET H_REF 7
    FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR7)
  ENDIF

  FUNC PosOfHCar7 = Traffic_GetPosition(HCAR7)
  IF mypos > PosOfHCar7
    LET CarsOvertaken 7
    LET H_REF 8
    FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR8)
  ENDIF

  FUNC PosOfHCar8 = Traffic_GetPosition(HCAR8)

```

```

    IF mypos > PosOfHCar8
        LET CarsOvertaken 8
        LET H_REF 9
        FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR9)
    ENDIF

    FUNC PosOfHCar9 = Traffic_GetPosition(HCAR9)
    IF mypos > PosOfHCar9
        LET CarsOvertaken 9
        LET H_REF 10
        FUNC DummyVar,CorrectedHeadwaySpeed =
Traffic_GetDistAndVelocity(HCAR10)
    ENDIF

    FUNC PosOfHCar10 = Traffic_GetPosition(HCAR10)
    IF mypos > PosOfHCar10
        LET CarsOvertaken 10
    ENDIF

SLEEP 0

FUNC MyAcceleration = Driver_GetAcceleration()
FUNC MySpeed = Driver_GetSpeed()
FUNC Headway = Surround_GetHeadway()
FUNC AheadDistance,AheadSpeed = Surround_GetNextAheadDistAndSpeed()
FUNC OncomeDistance,OncomeSpeed =
Surround_GetNextOncomeDistAndSpeed()
CALC CorrectedOncomingSpeed = OncomeSpeed + 0.1
CALC CorrectedHeadwayDistance = Headway + 8.8
CALC CorrectedHeadwaySpeed = CorrectedHeadwaySpeed + 0.1

IF HistoryOfCarsOvertaken <> CarsOvertaken
    LET NextToHeadwayCar 1
ELSE
    LET NextToHeadwayCar 0
ENDIF
LET HistoryOfCarsOvertaken = CarsOvertaken

LET NextToOncomingCar 0
IF OncomeDistance < 0
    IF OncomeDistanceHistory > 0
        CALC O_REF = O_REF + 1
        LET NextToOncomingCar 1
    ENDIF
ENDIF
LET OncomeDistanceHistory = OncomeDistance

VAR TEMP 0
IF MySpeed > 0
    CALC TEMP = MySpeed * 0.27778
    CALC Th = CorrectedHeadwayDistance / TEMP
    CALC To = OncomeDistance / TEMP
ENDIF

```

```

////////////////////////////////////
//                                DEBUG MODULE                                //
////////////////////////////////////

//FUNC System_SetText(MySpeed)
//FUNC System_SetText(MyAcceleration)
//FUNC System_SetText(MovedIntoOpositeLane)
//FUNC System_SetText(H_REF)
//FUNC System_SetText(NextToHeadwayCar)
//FUNC System_SetText(CorrectedHeadwaySpeed)
//FUNC System_SetText(CorrectedHeadwayDistance)
//FUNC System_SetText(Th)
//FUNC System_SetText(O_REF)
//FUNC System_SetText(NextToOncomingCar)
//FUNC System_SetText(CorrectedOncomingSpeed)
//FUNC System_SetText(CorrectedOncomingDistance)
//FUNC System_SetText(To)
//FUNC System_SetText(CarsOvertaken)
//FUNC System_SetText()
//FUNC System_SetText()

IFONCE mypos > endpos
    GOTO ends
ENDIF

GOTO mainloop

////////////////////////////////////
//                                END SCENARIO                                //
////////////////////////////////////

LABEL ends
    FUNC System_Stop()
END

```