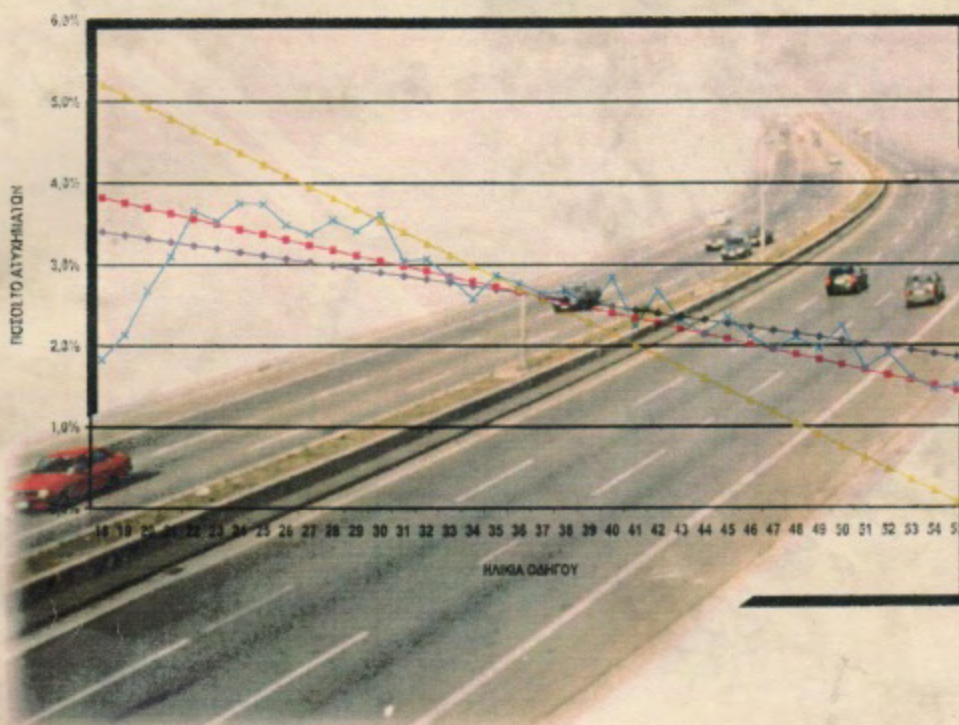


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΟΔΟΥ
ΑΝΑ ΗΛΙΚΙΑ ΟΔΗΓΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ
ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΙΩΝ
ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΚΑΠΟΤΣΗΣ.Φ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΓΙΩΡΓΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2002

**Αφιερώνω τη διπλωματική μου εργασία στη μνήμη του παππού μου
Σταματίου Κωνσταντίνου.**

Γεώργιος. Φ. Καπότσης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στο Λέκτορα του Ε.Μ.Π. κ_ο Γ. Γιαννή τόσο για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όσο και για την πολύτιμη καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια της πορείας εργασίας μέχρι την ολοκλήρωσή της.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του Ε.Μ.Π. κ_ο Γ. Κανελλαΐδη, τον Αναπλ. Καθηγητή του Ε.Μ.Π. κ_ο Ι. Γκόλια και τον Επίκουρο καθηγητή του Ε.Μ.Π κ_ο Δ. Τσαμπούλα για τις πολύτιμες συμβουλές και παρατηρήσεις τους πάνω στην έρευνα που εκπονήθηκε.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον Τηλέμαχο για την σημαντική βοήθεια στην προσπάθεια εξαγωγής αρχικών πινάκων από την Access.

Γεώργιος Φραγκίσκου Καπότσης

ΣΥΝΟΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει στόχο τη διερεύνηση της σχετικής επικινδυνότητας της οδού, ανά ηλικία οδηγού, συναρτήσει επιλεγμένων γεωμετρικών χαρακτηριστικών, όπως εκείνα που περιέχονται στη βάση δεδομένων του Τομέα ΜΣΥ, ΕΜΠ. Η έλλειψη δεδομένων τα οχηματοχιλιόμετρα και επιβατοχιλιόμετρα οδήγησε την εισαγωγή της έννοιας της σχετικής επικινδυνότητας της οδού η οποία επιτρέπει την ανάλυση χωρίς δεδομένα κυκλοφορίας. Η στατιστική ανάλυση που ακολούθησε οδήγησε στον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και προέκυψαν δυο μαθηματικές εξισώσεις. Η πρώτη συνδυάζει την κατωφέρεια της οδού με την ηλικία του οδηγού, τον αριθμό των λωρίδων ανά κατεύθυνση και την διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού. Η δεύτερη αφορά στην οριζοντιογραφία της οδού και συσχετίζει την δεξιά στροφή με την ηλικία του εμπλεκόμενου στο ατύχημα οδηγού, τον αριθμό λωρίδων ανά κατεύθυνση, τη διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού και την κεντρική νησίδα διαχωρισμού των κατευθύνσεων. Από ανάλυση αυτές προκύπτει ότι οι νέοι οδηγοί από 18 έως και 36 ετών είναι πιο επιρρεπείς στα οδικά ατυχήματα όταν τα χαρακτηριστικά της οδού είναι δυσμενή όπως για παράδειγμα όταν δεν υπάρχει διαγράμμιση κατευθύνσεων, ενώ αντίθετα οδηγοί από 37 έως και 55 ετών εμπλέκονται σε μεγαλύτερο αριθμό ατυχημάτων για ευμενή χαρακτηριστικά της οδού.

SUMMARY

The present diploma thesis aims at studying the relative road accident risk by driver age, as a function of selected geometrical characteristics, such as those contained in the database of the Department of Transportation Planning and Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA). The lack of vehicle-kilometer and passenger-kilometer data has led to the introduction of the concept of the “relative road accident risk”, which allows the analysis without using traffic data. The statistical analysis has led to the development of two mathematical models.. The first model correlates the downward gradient of the road with the age of the driver, the number of traffic lanes per direction and the direction markings on the road axis. The second model correlates the right-turn with the age of the driver, the number of traffic lanes per direction, the direction markings on the road axis and the central median. The application of the models showed that young drivers between 18 and 36 years old are more likely to get involved in road accidents when the characteristics of the road are unfavorable (e.g. no direction markings), while older drivers between 37 to 55 years old are involved in more road accidents than usually when road characteristics are favorable.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της **επικινδυνότητας της οδού ανά ηλικία, συναρτήσει επιλεγμένων γεωμετρικών χαρακτηριστικών**. Με βάση τη σχετική βιβλιογραφική ανασκόπηση και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της, επελέγη η στατιστική ανάλυση των δεδομένων με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης. Παράλληλα ανάλογη έρευνα δεν έχει πραγματοποιηθεί στο παρελθόν και θεωρήθηκε σκόπιμο η πρώτη προσέγγιση να γίνει με την παραπάνω μέθοδο.

Η **έλλειψη** δεδομένων για τους δείκτες των οχηματοχιλιομέτρων και των επιβατοχιλιομέτρων οδήγησε στη χρήση του όρου της **σχετικής επικινδυνότητας** της οδού για να είναι δυνατή η εξαγωγή αποτελεσμάτων με στόχο τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας της Ελλάδας.

Τα **στοιχεία** που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση **προέκυψαν** από τη βάση δεδομένων του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Ε.Μ.Π τα οποία συλλέγει η Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδας (Ε.Σ.Υ.Ε). Η ΕΣΥΕ τροφοδοτείται από τα στοιχεία που περιέχονται στο δελτίο ατυχημάτων που συμπληρώνει η Τροχαία.

Στη συνέχεια ακολούθησε **στατιστική ανάλυση** των δεδομένων με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression). Το αποτέλεσμα της ανάλυσης αυτής ήταν η ανάπτυξη δυο μαθηματικών εξισώσεων που συσχετίζουν αριθμό ατυχημάτων με γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα η **πρώτη συνδυάζει** τη κατωφέρεια της οδού με την ηλικία του οδηγού, τον αριθμό των λωρίδων ανά κατεύθυνση και την διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού. Η **δεύτερη αφορά** την οριζοντιογραφία της οδού και συσχετίζει την δεξιά στροφή με την ηλικία του εμπλεκόμενου στο ατύχημα οδηγού, τον αριθμό λωρίδων ανά κατεύθυνση, τη διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού και την κεντρική νησίδα διαχωρισμού των κατευθύνσεων.

Με την ολοκλήρωση λοιπόν της στατιστικής ανάλυσης προέκυψαν δυο βασικά στοιχεία:

1. Προσδιορίστηκαν οι παράμετροι και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά με στατιστικά **σημαντική επιρροή** στη συχνότητα των οδικών ατυχημάτων.
2. Προσδιορίστηκε η **ευαισθησία** της επιρροής των μεταβλητών του προτύπου στη συχνότητα οδικών ατυχημάτων.

Πιο συγκεκριμένα, τα μαθηματικά πρότυπα που αναπτύχθηκαν (σχέση 5.1 και σχέση 5.2) έδειξαν ότι οι μεταβλητές που επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα είναι :

- Για το πρώτο μαθηματικό πρότυπο (σχέση 5.1) που δείχνει την **επιρροή της κατωφέρειας** στα οδικά ατυχήματα, η ηλικία του εμπλεκόμενου οδηγού στο ατύχημα και η διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού.
- Όσον αφορά στο δεύτερο μαθηματικό πρότυπο (σχέση 5.2) που δείχνει την **επιρροή της δεξιάς στροφής** στα οδικά ατυχήματα οι επιπλέον μεταβλητές είναι η ηλικία του χρήστη της οδού, η διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού και η ύπαρξη ή όχι κεντρικής νησίδας ανάμεσα στις δυο κατευθύνσεις.

Τα συμπεράσματα παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

Για οδηγούς ηλικίας από 18 έως 36 τα **δυσμενή χαρακτηριστικά** των οδών όπως είναι κλειστές στροφές, μεγάλες κλίσεις, οδοί χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων επιδρούν αρνητικά στην οδηγική τους συμπεριφορά με αποτέλεσμα την αυξημένη συμμετοχή τους σε οδικά ατυχήματα. Αντίθετα οδηγοί άνω των 36 ετών εμφανίζονται πιο **επιρρεπής** όταν τα χαρακτηριστικά είναι ευμενή.

Η δυνατότητα που δίνεται στους νέους οδηγούς σε οδούς **δυσωρίδων** κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση για περισσότερους ελιγμούς προσπεράσεων σε συνδυασμό με την επιθετικότητα και την ανυπομονησία που τους διακατέχει κατατάσσει τους τελευταίους σε ομάδα υψηλού κινδύνου.

Παρατηρείται ότι η **μη αντίληψη του κινδύνου** οδικού ατυχήματος στους νέους οδηγούς αυξάνεται στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει **διαγράμμιση κατευθύνσεων** στον άξονα της οδού. Αντίθετα οι μεγάλοι σε ηλικία οδηγοί αντιμετωπίζουν πιο ώριμα και πιο σωστά τις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει διαγράμμιση κατευθύνσεων εξαιτίας της εμπειρίας που διαθέτουν για την αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων

Οι νέοι οδηγοί εμπλέκονται σε περισσότερα ατυχήματα από ότι οι πιο ηλικιωμένοι οδηγοί. Είναι αποδεκτό ότι οι μικρής ηλικίας οδηγοί αποτελούν σημαντικό μέρος του συνόλου των χρηστών του υπεραστικού οδικού δικτύου με αποτέλεσμα να έχουν υψηλά ποσοστά συμμετοχής σε ατυχήματα. Οι νέοι γενικά διακατέχονται από **ενθουσιασμό, ανυπομονησία, αίσθημα συναγωνισμού** και ενώ δεν έχουν πλήρη **την αίσθηση του κινδύνου** όχι μόνο απωθούνται από αυτήν αλλά αντιθέτως έλκονται. Είναι χαρακτηριστικά των νέων τα οποία υπάρχουν βέβαια και στις μεγαλύτερες ηλικίες σε όχι όμως σε τόσο μεγάλο βαθμό.

Το γεγονός ότι το ποσοστό των ατυχημάτων **εμφανίζεται αυξημένο** στις **κλειστές δεξιές** στροφές δείχνει ότι ο νέος Έλληνας οδηγός εμφανίζει μια τάση **ακατάλληλης οδικής συμπεριφοράς**.

Λαμβάνοντας υπ' όψη τα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας αυτής, **γίνονται προτάσεις** αναφορικά με τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν από τους αρμόδιους φορείς για βελτίωση της οδικής ασφάλειας και κατ' επέκταση τη μείωση των οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελίδα
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Γενική ανασκόπηση	1
1.2 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας	4
1.3 Μεθοδολογία	5
1.4 Δομή διπλωματικής εργασίας	8
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	11
2.1 Εισαγωγή	11
2.2 Σχέσεις ατυχημάτων και γεωμετρικών χαρακτηριστικών	11
2.3 Κριτική αξιολόγηση	20
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	22
3.1 Μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης	22
3.2 Γραμμική παλινδρόμηση (linear regression)	24
3.2.1 Βασικές αρχές παλινδρομήσεων	25
3.2.2 Κριτήρια αποδοχής σχέσεων	27
3.3 Λειτουργία του λογισμικού SPSS	28
3.3.1 Γενικά	28
3.3.2 Βασικές έννοιες του προγράμματος	28
3.3.3 Μέθοδοι ελέγχου γραμμικών παλινδρομήσεων	30
3.4 Έλεγχοι αποτελεσμάτων	32
4. ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	35
4.1 Συλλογή στοιχείων	35
4.1.1 Τρόπος καταγραφής οδικών ατυχημάτων	36
4.1.2 Περιγραφή της βάσης δεδομένων	38
4.1.3 Διερεύνηση στοιχείων ατυχημάτων	39

5. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ	57
5.1 Απαιτήσεις του λογισμικού SPSS	57
5.2 Εισαγωγή δεδομένων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή	58
5.2.1 Επιλογή μεταβλητών	60
5.2.2 Ανεξάρτητες μεταβλητές	61
5.2.3 Κριτήρια επιλογής παραμέτρων	63
5.3 Στατιστική έλεγχοι δεδομένων	66
5.4 Ανάπτυξη προτύπου	68
5.5 Συσχέτιση ατυχημάτων με κατωφέρεια	69
5.5.1 Μόρφωση μαθηματικής σχέσης	69
5.5.2 Χαρακτηριστικά διαγράμματα	70
5.5.2.α Συσχέτιση ατυχημάτων με κατωφέρεια	72
5.5.2.β Συσχέτιση ατυχημάτων με διαγράμμιση κατευθύνσεων	75
5.6 Συσχέτιση ατυχημάτων με δεξιά στροφή	79
5.6.1 Μόρφωση τελικής εξίσωσης	79
5.6.2 Χαρακτηριστικά διαγράμματα	80
5.6.2.α Συσχέτιση ατυχημάτων και δεξιάς στροφής	82
5.6.2.β Συσχέτιση ατυχημάτων με διαγράμμιση κατευθύνσεων	85
5.6.2.γ Συσχέτιση ατυχημάτων με κεντρική νησίδα	89
5.7 Τελικές σχέσεις	92
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	94
6.1 Σύνοψη	94
6.2 Συμπεράσματα	97
6.3 Προτάσεις	102
6.4 Περαιτέρω έρευνα	105
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	107

<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1</u>	111
Αρχικοί πίνακες επιλεγμένων γεωμετρικών χαρακτηριστικών.	111
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2</u>	132
Αρχεία ελέγχου αποτελεσμάτων (SPSS viewer).	132
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3</u>	136
Συγκριτικά διαγράμματα των μαθηματικών προτύπων.	136

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1 Παράδειγμα ερωτήματος από την Access.	42
Πίνακας 4.2 Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και συνθήκες ανωφέρειας.	45
Πίνακας 4.3 Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και συνθήκες κατωφέρειας.	47
Πίνακας 4.4 Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και αριστερή στροφή.	49
Πίνακας 4.5 Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και δεξιά στροφή.	51
Πίνακας 4.6 Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και συνθήκες φωτισμού.	53
Πίνακας 4.7 Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και αριθμού λωρίδων κατεύθυνσης.	55
Πίνακας 5.1 Σύνολο εξεταζόμενων χαρακτηριστικών.	61

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Πίνακας 1	Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και συνθήκες ανωφέρειας.	112
Πίνακας 2	Αριθμός ατυχημάτων ανά ηλικία παθόντος, κατοικημένη ή μη περιοχή και συνθήκες ανωφέρειας.	113
Πίνακας 3	Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο οχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και συνθήκες ανωφέρειας.	114
Πίνακας 4	Αριθμός ατυχημάτων ανάλογα ατμοσφαιρικών συνθηκών, κατοικημένη ή μη περιοχή και συνθήκες ανωφέρειας.	115
Πίνακας 5	Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και συνθήκες κατωφέρειας.	116
Πίνακας 6	Αριθμός ατυχημάτων ανά ηλικία παθόντος, κατοικημένη ή μη περιοχή και συνθήκες κατωφέρειας.	117
Πίνακας 7	Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο οχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και συνθήκες κατωφέρειας.	118
Πίνακας 8	Αριθμός ατυχημάτων ανάλογα ατμοσφαιρικών συνθηκών, κατοικημένη ή μη περιοχή και συνθήκες κατωφέρειας.	119
Πίνακας 9	Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και αριθμού κατευθύνσεων.	120
Πίνακας 10	Αριθμός ατυχημάτων ανά ηλικία παθόντος, κατοικημένη ή μη περιοχή και αριθμού κατευθύνσεων.	121
Πίνακας 11	Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο οχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και αριθμού κατευθύνσεων.	122
Πίνακας 12	Αριθμός ατυχημάτων ανάλογα ατμοσφαιρικών συνθηκών, κατοικημένη ή μη περιοχή και αριθμού κατευθύνσεων.	123
Πίνακας 13	Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και αριθμού λωρίδων κατεύθυνσης.	124
Πίνακας 14	Αριθμός ατυχημάτων ανά ηλικία παθόντος, κατοικημένη ή μη περιοχή και αριθμού λωρίδων κατεύθυνσης.	125
Πίνακας 15	Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο οχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και αριθμού λωρίδων κατεύθυνσης.	126
Πίνακας 16	Αριθμός ατυχημάτων ανάλογα ατμοσφαιρικών συνθηκών, κατοικημένη ή μη περιοχή και αριθμού λωρίδων κατεύθυνσης.	127
Πίνακας 17	Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και δεξιά στροφή.	128
Πίνακας 18	Αριθμός ατυχημάτων ανά ηλικία παθόντος, κατοικημένη ή μη	

	περιοχή και δεξιά στροφή.	129
Πίνακας 19	Αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο οχήματος, κατοικημένη ή μη περιοχή και δεξιά στροφή.	130
Πίνακας 20	Αριθμός ατυχημάτων ανάλογα ατμοσφαιρικών συνθηκών, κατοικημένη ή μη περιοχή και δεξιά στροφή.	131

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.1	Ετήσιος αριθμός οδικών ατυχημάτων και νεκρών στην Ελλάδα.	2
Διάγραμμα 1.2	Σχηματική απεικόνιση της ακολουθούμενης μεθοδολογίας.	8
Διάγραμμα 5.5.1	Συσχέτιση ατυχημάτων-κατωφέρειας συναρτήσει ηλικίας για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.	71
Διάγραμμα 5.5.2	Συσχέτιση ατυχημάτων- διαγράμμισης κατευθύνσεων ανά ηλικία για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με μη ευκρινή διαγράμμιση.	72
Διάγραμμα 5.5.3	Συσχέτιση ατυχημάτων-αριθμού λωρίδων ανά ηλικία σε απότομη Κατωφέρεια χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.	72
Διάγραμμα 5.5.4	Συσχέτιση ατυχημάτων-κατωφέρειας για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση και ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων ανά ηλικία.	75
Διάγραμμα 5.5.5	Συσχέτιση ατυχημάτων-κατωφέρειας για 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων συναρτήσει ηλικίας.	75
Διάγραμμα 5.5.6	Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων σε 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση σε μεγάλη κλίση κατωφέρειας ανά ηλικία.	77
Διάγραμμα 5.5.7	Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων σε 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση σε ομαλή κατωφέρεια ανά ηλικία.	78
Διάγραμμα 5.5.8	Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων σε 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση σε σχέση με την ηλικία.	78
Διάγραμμα 5.6.1	Συσχέτιση ατυχημάτων-δεξιάς στροφής σε σχέση με την ηλικία για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με κεντρική νησίδα, χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.	81
Διάγραμμα 5.6.2	Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με κεντρική νησίδα, χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.	81
Διάγραμμα 5.6.3	Συσχέτιση ατυχημάτων-κεντρικής νησίδας σε σχέση με την ηλικία για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση σε κλειστή δεξιά στροφή, χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.	82

Διάγραμμα 5.6.4	Συσχέτιση ατυχημάτων-αριθμού λωρίδων σε σχέση με την ηλικία σε κλειστή δεξιά στροφή, με κεντρική νησίδα χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.	82
Διάγραμμα 5.6.5	Συσχέτιση ατυχημάτων-δεξιάς στροφής για 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση με κεντρική νησίδα χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.	84
Διάγραμμα 5.6.6	Συσχέτιση ατυχημάτων-δεξιάς στροφής για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση χωρίς κεντρική νησίδα και χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.	85
Διάγραμμα 5.6.7	Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων σε 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με κεντρική νησίδα σε σχέση με την ηλικία για κλειστή δεξιά στροφή.	88
Διάγραμμα 5.6.8	Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων σε 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση χωρίς κεντρική νησίδα σε σχέση με την ηλικία για κλειστή δεξιά στροφή.	88
Διάγραμμα 5.6.9	Συσχέτιση ατυχημάτων-κεντρικής νησίδας σε σχέση με την ηλικία για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση σε ομαλή δεξιά στροφή, χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.	91
Διάγραμμα 5.6.10	Συσχέτιση ατυχημάτων-κεντρικής νησίδας σε σχέση με την ηλικία για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση σε κλειστή δεξιά στροφή, ευκρινούς διαγράμμισης κατευθύνσεων.	92

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Διάγραμμα 1	Συσχέτιση ατυχημάτων-κατωφέρειας για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.	137
Διάγραμμα 2	Συσχέτιση ατυχημάτων-κατωφέρειας για 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση με ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.	137
Διάγραμμα 3	Συσχέτιση ατυχημάτων-κατωφέρειας για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με μη ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.	137
Διάγραμμα 4	Συσχέτιση ατυχημάτων-κατωφέρειας για 1 λωρίδες ανά κατεύθυνση με μη ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.	137

Διάγραμμα 5	Συσχέτιση ατυχημάτων-κατωφέρειας για 1 λωρίδες ανά κατεύθυνση χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.	138
Διάγραμμα 6	Συσχέτιση ατυχημάτων-κατωφέρειας για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.	138
Διάγραμμα 7	Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων σε 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση σε μεγάλη κλίση κατωφέρειας σε σχέση με την ηλικία.	138
Διάγραμμα 8	Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων σε 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση σε μεγάλη κλίση κατωφέρειας σε σχέση με την ηλικία.	138
Διάγραμμα 9	Συσχέτιση ατυχημάτων-αριθμού λωρίδων σε σχέση με την ηλικία σε ομαλή κατωφέρεια, χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.	139
Διάγραμμα 10	Συσχέτιση ατυχημάτων-αριθμού λωρίδων σε σχέση με την ηλικία σε απότομη κατωφέρεια, χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.	139
Διάγραμμα 11	Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων για 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση για ομαλή κατωφέρειας σε σχέση με την ηλικία.	139
Διάγραμμα 12	Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων σε 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση για ομαλή κατωφέρεια σε σχέση με την ηλικία.	139
Διάγραμμα 13	Συσχέτιση ατυχημάτων-αριθμού λωρίδων σε σχέση με την ηλικία σε απότομη κατωφέρεια, με μη ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων.	140
Διάγραμμα 14	Συσχέτιση ατυχημάτων-αριθμού λωρίδων σε σχέση με την ηλικία σε ομαλή κατωφέρεια, με μη ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων.	140
Διάγραμμα 15	Συσχέτιση ατυχημάτων-αριθμού λωρίδων σε σχέση με την ηλικία σε απότομη κατωφέρεια, με ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων.	140
Διάγραμμα 16	Συσχέτιση ατυχημάτων-αριθμού λωρίδων σε σχέση με την ηλικία σε ομαλή κατωφέρεια με ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων.	140
Διάγραμμα 17	Συσχέτιση ατυχημάτων-δεξιάς στροφής για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση χωρίς κεντρική νησίδα και χωρίς διαγράμμιση	

	κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.	141
Διάγραμμα 18	Συσχέτιση ατυχημάτων-δεξιάς στροφής για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με κεντρική νησίδα και χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.	141
Διάγραμμα 19	Συσχέτιση ατυχημάτων-δεξιάς στροφής για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με κεντρική νησίδα και με μη ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.	141
Διάγραμμα 20	Συσχέτιση ατυχημάτων-δεξιάς στροφής για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με κεντρική νησίδα και με ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.	141
Διάγραμμα 21	Συσχέτιση ατυχημάτων-αριθμού λωρίδων σε σχέση με την ηλικία για ομαλή δεξιά στροφή χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων και χωρίς κεντρική νησίδα.	142
Διάγραμμα 22	Συσχέτιση ατυχημάτων-αριθμού λωρίδων σε σχέση με την ηλικία για κλειστή δεξιά στροφή χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων και χωρίς κεντρική νησίδα.	142
Διάγραμμα 23	Συσχέτιση ατυχημάτων-αριθμού λωρίδων σε σχέση με την ηλικία για κλειστή δεξιά στροφή χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων και με κεντρική νησίδα.	142
Διάγραμμα 24	Συσχέτιση ατυχημάτων-αριθμού λωρίδων σε σχέση με την ηλικία για κλειστή δεξιά στροφή με ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων και με κεντρική νησίδα.	142
Διάγραμμα 25	Συσχέτιση ατυχημάτων-κεντρικής νησίδας σε σχέση με την ηλικία για κλειστή δεξιά στροφή, χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.	143
Διάγραμμα 26	Συσχέτιση ατυχημάτων-κεντρικής νησίδας σε σχέση με την ηλικία για ομαλή δεξιά στροφή, χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.	143
Διάγραμμα 27	Συσχέτιση ατυχημάτων-κεντρικής νησίδας σε σχέση με την ηλικία για κλειστή δεξιά στροφή, με μη ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων.	143
Διάγραμμα 28	Συσχέτιση ατυχημάτων-κεντρικής νησίδας σε σχέση με την ηλικία για ομαλή δεξιά στροφή, με μη ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων.	143
Διάγραμμα 29	Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων για 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση σε κλειστή δεξιά στροφή, με κεντρική νησίδα σε σχέση με την ηλικία.	144

Διάγραμμα 30	Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση σε ομαλή δεξιά στροφή, με κεντρική νησίδα σε σχέση με την ηλικία.	144
Διάγραμμα 31	Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση σε ομαλή δεξιά στροφή, χωρίς κεντρική νησίδα σε σχέση με την ηλικία.	144
Διάγραμμα 32	Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση σε κλειστή δεξιά στροφή, με κεντρική νησίδα σε σχέση με την ηλικία.	144

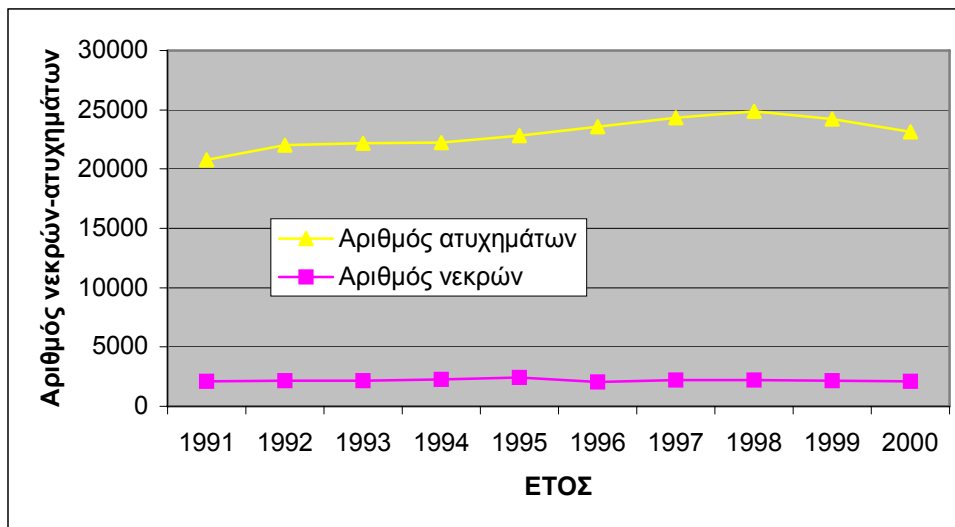
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Στον τομέα της ασφάλειας των μεταφορικών συστημάτων τα **οδικά ατυχήματα** όπως προκύπτει από επίσημα στοιχεία των αρμόδιων υπηρεσιών, συνεχώς αυξάνουν και αποτελούν τη συντριπτική πλειοψηφία του συνόλου των ατυχημάτων στις μεταφορές. Το ποσοστό αυτό είναι ακόμη μεγαλύτερο αφού στα στοιχεία αυτά δεν συμπεριλαμβάνονται πολλά ατυχήματα τα οποία δεν καταγράφει η τροχαία όπως ατυχήματα με ελαφρά τραυματίες ή ορισμένα ατυχήματα ενός οχήματος. Η προσπάθεια βελτίωσης της συγκοινωνιακής υποδομής στην Ελλάδα δεν μπορεί να ακολουθήσει σε ικανοποιητικό βαθμό τους ταχείς ρυθμούς αύξησης των μετακινήσεων έχοντας ως συνέπεια τον πολύ μεγάλο ετήσιο αριθμό τροχαίων ατυχημάτων που συνεχώς αυξάνεται (με εξαίρεση τα έτη 1999 και 2000), κατατάσσοντας την Ελλάδα στις πρώτες θέσεις των χωρών με τους αναλογικά περισσότερους κατ' έτος νεκρούς σε ατυχήματα σε πανευρωπαϊκό επίπεδο. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το έτος 2000 στην Ελλάδα συνέβησαν 23.127 τροχαία ατυχήματα στα οποία έχασαν τη ζωή τους 2.088 άτομα και τραυματίστηκαν (ελαφρά και βαριά) συνολικά 30.803 άτομα. Αυτό φαίνεται και στο διάγραμμα που ακολουθεί όπου παρουσιάζεται ο ετήσιος αριθμός οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα από το 1991 έως και το 2000. Στο ίδιο διάγραμμα φαίνεται επίσης ο συνολικός ετήσιος αριθμός νεκρών οδικών ατυχημάτων για την ίδια χρονική περίοδο (ΕΜΠ 2001).

Διάγραμμα 1.1. Ετήσιος αριθμός οδικών ατυχημάτων και νεκρών στην Ελλάδα.



Το θέμα της **οδικής ασφάλειας** πέρα από την αναγκαιότητα βελτίωσης της οδικής υποδομής είναι πιο **πολύπλοκο** γιατί εξαρτάται από πολλούς **παράγοντες** που συντελούν στην πρόκληση οδικών ατυχημάτων. Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να καταταγούν σε τρεις βασικές κατηγορίες :

- α) Χρήστης οδού
- β) Οδικό περιβάλλον
- γ) Όχημα.

Για να επιτευχθεί δυναμική **παρέμβαση** στο πολυπαραμετρικό αυτό πρόβλημα **απαιτείται λεπτομερής ανάλυση** των επιμέρους παραγόντων που θα βοηθήσουν σε μια καλύτερη προσέγγιση του φαινομένου, καθώς και σε μια σειρά αναλυτικών συμπερασμάτων που θα συμβάλλουν στον προσδιορισμό των καταλληλότερων λύσεων.

Η **διερεύνηση της σχέσης** μεταξύ των **ατυχημάτων** και των **γεωμετρικών χαρακτηριστικών** της οδού έχει αποτελέσει αντικείμενο εκτεταμένων ερευνών στις ΗΠΑ και σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες, αφού και σε αυτές το πρόβλημα της οδικής ασφάλειας είναι αρκετά σοβαρό. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σύμφωνα με εκτιμήσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ο αριθμός των νεκρών σε τροχαία ατυχήματα το έτος 2000 ανήλθε σε 41.274 άτομα, ενώ το ίδιο έτος

ο αριθμός των καταγεγραμμένων τραυματιών εκτιμάται ότι έφτασε τους 1.650.000 περίπου. Πολλές έρευνες στο παρελθόν έχουν δείξει ότι υπάρχει σχέση μεταξύ οδικών ατυχημάτων και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του οδικού δικτύου. Στις περισσότερες από αυτές για την ορθή μακροσκοπική εξέταση των ατυχημάτων και των συνεπειών τους ήταν απαραίτητη η χρήση αντιπροσωπευτικών δεικτών έναντι των απόλυτων αριθμών.

Οι **αντιπροσωπευτικότεροι δείκτες ατυχημάτων** είναι εκείνοι που συσχετίζουν τα ατυχήματα και τα θύματα τους με τα διανυθέντα **οχηματοχιλιόμετρα** (οχημ-χλμ) και τα **επιβατοχιλιόμετρα** (επιβ-χλμ). Οι περισσότερες μελέτες λαμβάνουν υπ' όψη τους, τους αντιπροσωπευτικούς δείκτες ατυχημάτων (Bester et al. 1994, O' Cinneide 1994), υποστηρίζοντας ότι ο δείκτης του αριθμού νεκρών ανά οχηματοχιλιόμετρα είναι ο καταλληλότερος διότι λαμβάνει υπ' όψη του και τον βαθμό χρησιμοποίησης των οχημάτων.

Στην **Ελλάδα σχετικές έρευνες** πραγματοποιούνται την τελευταία εικοσαετία κυρίως από τα πανεπιστήμια και τα αποτελέσματά τους χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση. Η περιορισμένη χρησιμότητα των αναλύσεων αυτών οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στην **έλλειψη επαρκών στοιχείων** για τα οχηματοχιλιόμετρα και επιβατοχιλιόμετρα στη χώρα μας με αποτέλεσμα να είναι μονόδρομος η χρήση εναλλακτικών δεικτών όπως ατυχήματα και νεκροί ανά κάτοικο ή ανά όχημα. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που έχουν επίδραση στη συχνότητα και στη σοβαρότητα των ατυχημάτων αναλύονται και ερμηνεύονται κυρίως με τη **χρήση στατιστικών μεθόδων**. Οι μελέτες που έχουν γίνει δείχνουν ότι σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχουν στατιστικά σημαντικές σχέσεις παρότι συχνά έχουν μια αποσπασματική μορφή.

Σε μερικές περιπτώσεις **οι πληροφορίες** που λαμβάνονται από διαφορετικές πηγές είναι **αντιφατικές**. Η κατάσταση αυτή εξηγείται από τους παρακάτω λόγους:

1. Η επίδραση σε κάθε ατύχημα διάφορων παραγόντων, εκτός από τα γεωμετρικά στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων εκείνων των τυχαίων που

δεν έχουν σχέση με τις οδικές συνθήκες. Είναι επομένως πολύ **δύσκολο να προσδιοριστεί η επιρροή** του κάθε οδικού στοιχείου χωριστά στην πρόκληση του ατυχήματος.

2. **Η μη λεπτομερής καταγραφή των ατυχημάτων** και των συνθηκών κάτω από τις οποίες έγιναν, επηρεάζει προφανώς αρνητικά τις δυνατότητες εξαγωγής χρήσιμων συμπερασμάτων κατά την ανάλυση.

1.2 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Βάση λοιπόν των παραπάνω **σκοπός** αυτής της εργασίας είναι η **διερεύνηση της σχετικής επικινδυνότητας οδού ανά ηλικία οδηγού συναρτήσει επιλεγμένων γεωμετρικών χαρακτηριστικών** που επηρεάζουν τον αριθμό των οδικών ατυχημάτων στο υπεραστικό δίκτυο της Ελλάδας. Για το σκοπό αυτό είναι αναγκαία η εύρεση μαθηματικών σχέσεων μέσω των οποίων θα είναι δυνατή η πρόβλεψη των ατυχημάτων εξαιτίας των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στους χρήστες του υπεραστικού οδικού δικτύου να γνωρίζουν τις κυριότερες παραμέτρους που μπορούν να οδηγήσουν σε οδικό ατύχημα με τραυματισμό ή θάνατο, προκειμένου να οδηγούν πιο προσεκτικά και λιγότερα αδιάφορα. Παράλληλα δίνεται η δυνατότητα στους φορείς που ασχολούνται με την οδική ασφάλεια να σχεδιάζουν ανάλογα με το δυσμενέστερη κάθε φορά κατάσταση.

Αναλυτικότερα, η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σκοπό να **συσχετίσει γεωμετρικά χαρακτηριστικά υπεραστικών οδών** και χαρακτηριστικών οδικών ατυχημάτων οδηγών και οχημάτων με τη χρήση της **γραμμικής παλινδρόμησης**. Επιδιώκει δηλαδή να προσδιορίσει τις παραμέτρους και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που συντελούν στα οδικά ατυχήματα. Πιο συγκεκριμένα, καταβάλλεται προσπάθεια για την εξαγωγή ενός μαθηματικού προτύπου που θα υπολογίζει την πιθανότητα να προκληθεί ένα οδικό ατύχημα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας. Η **αξιοποίηση** των αποτελεσμάτων του μαθηματικού προτύπου μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της εμπλοκής του Έλληνα οδηγού σε οδικό ατύχημα με τραυματισμό. Αυτό μπορεί να συνεπάγεται αλλαγή στην οδική συμπεριφορά των χρηστών του

οδικού δικτύου, μείωση του μεγάλου αριθμού παραβιάσεων του ορίου ταχύτητας και των αντικανονικών προσπεράσεων σε σημεία του δικτύου

Η **πιθανότητα** πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος **συναρτάται** με βασικές **παραμέτρους** όπως για παράδειγμα η ηλικία του χρήστη της οδού, η διαγράμμιση του οδοστρώματος, ο αριθμός των λωρίδων ή ακόμα και οι κλιματολογικές συνθήκες. Για το τελευταίο από σχετική έρευνα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Τομέας ΜΣΥ, ΕΜΠ 2001) προκύπτει ότι ένας **λόγος** που εμφανίζονται **υψηλοί δείκτες** νεκρών των οδικών ατυχημάτων είναι το γεγονός ότι εξαιτίας της καλοκαιρίας στα νότια κράτη η κυκλοφορία δικύκλων και πεζών - που είναι πολύ περισσότερο εκτεθειμένοι στους κινδύνους της οδού - είναι πολύ μεγαλύτερη της αντίστοιχης των βορειότερων κρατών.

Μέσα λοιπόν από την **ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου** θα εντοπιστούν τα βασικότερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού που επηρεάζουν την πιθανότητα πρόκλησης οδικού ατυχήματος. Παράλληλα θα προσδιοριστεί και ο τρόπος με τον οποίο οι παράμετροι αυτές επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα, καθώς επίσης και το βαθμό της επιρροής που έχει η καθεμία στο τελικό αποτέλεσμα. Μέσα από τη προσπάθεια αυτή θα δοθεί η δυνατότητα στους χρήστες του οδικού δικτύου να μπορέσουν να κατανοήσουν τα σημεία εκείνα στα οποία η επιλογή της οδικής συμπεριφορά τους οφείλει να ακολουθεί τους κανόνες οδικής κυκλοφορίας. Επίσης δίνεται η δυνατότητα για λήψη αποτελεσματικότερων μέτρων αφού θα έχει ήδη καθοριστεί ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζεται το αποτέλεσμα από κάθε ένα από τα επιμέρους γεωμετρικά χαρακτηριστικά, στοχεύοντας έτσι στη βελτίωση του μεγάλου προβλήματος της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Κατά την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας και για την επίτευξη του τελικού στόχου της, ακολουθήθηκε συγκεκριμένη μεθοδολογία, όπως αυτή παρουσιάζεται παρακάτω

Αρχικά, μετά τον καθορισμό του θέματος, δηλαδή μετά από την **οριστικοποίηση του επιδιωκόμενου στόχου** πραγματοποιήθηκε

βιβλιογραφική ανασκόπηση τόσο σε ελληνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Στη φάση αυτή πραγματοποιήθηκε αναζήτηση παρεμφερών ερευνών, επιστημονικών άρθρων, καθώς επίσης και γενικών πληροφοριών σχετικά με το θέμα που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες για τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία. Μέσω των παρεμφερών ερευνών καταβλήθηκε προσπάθεια να αποκτηθεί μια **σχετική εμπειρία στην επεξεργασία** τέτοιων θεμάτων, καθώς επίσης και να αποφασιστεί η μέθοδος με βάση την οποία θα πραγματοποιηθεί η επεξεργασία αυτή. Επίσης επιδιώχθηκε και ο **εντοπισμός** της μεθόδου βάσει της οποίας θα πραγματοποιούνταν η στατιστική ανάλυση των δεδομένων, καθώς επίσης και η χρήση του αντίστοιχου λογισμικού. **Λόγω της έλλειψης δεδομένων οχηματοχιλιομέτρων** και επιβατοχιλιομέτρων που θα επέτρεπαν την εισαγωγή του απόλυτου αριθμού της επικινδυνότητας της οδού **εισήχθη** ο όρος της **σχετικής επικινδυνότητας** της οδού ανά ηλικία οδηγού η οποία επιτρέπει την ανάλυση χωρίς τα δεδομένα κυκλοφορίας.

Αφού μελετήθηκαν τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, προέκυψε ότι τα **δεδομένα** για την περαιτέρω ανάλυση, είναι εκείνα που **συλλέγονται** από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος (Ε.Σ.Υ.Ε), μέσω των Δελτίων Οδικών Τροχαίων Ατυχημάτων (**Δ.Ο.Τ.Α**). Τα στοιχεία αυτά θεωρήθηκαν απαραίτητα για τον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών που επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα. Τα **βασικά γεωμετρικά** χαρακτηριστικά της οδού, τα οποία έχουν επίδραση στην οδική ασφάλεια και τα οποία εμφανίζονται στο Δ.Ο.Τ.Α, μπορούν να χωριστούν σε:

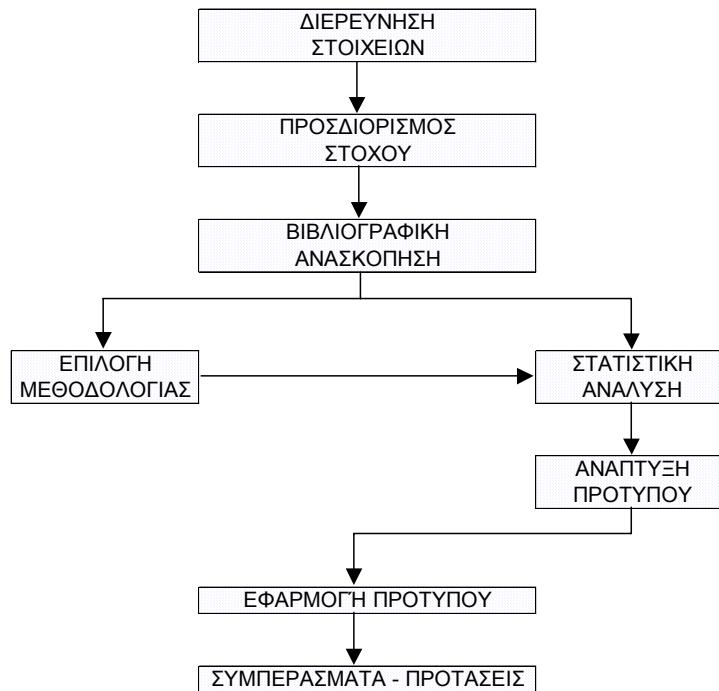
- **Στοιχεία οριζοντιογραφίας** (αριστερή, δεξιά στροφή)
- **Στοιχεία μηκοτομής** (ανωφέρεια, κατωφέρεια)

Και οι δύο **κατηγορίες** είναι εξίσου **σημαντικές** και η επεξεργασία τους μπορεί να οδηγήσει σε χρήσιμα συμπεράσματα. Παρ' όλα αυτά εξαιτίας της πολυδιάστατης δομής του προβλήματος και λόγω του ότι συνδέεται με την

ανθρώπινη συμπεριφορά **θεωρήθηκε απαραίτητη** και η ανάλυση παραμέτρων όπως η ηλικία του οδηγού, το φύλο, κ.λ.π.

Το επόμενο βήμα ήταν η **στατιστική επεξεργασία** των στοιχείων που συλλέχτηκαν μέσω της βάσης δεδομένων της Ε.Σ.Υ.Ε. Η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με το **στατιστικό πρόγραμμα SPSS** το οποίο επιτρέπει την εκτέλεση **γραμμικής παλινδρόμησης** (linear regression). Πιο συγκεκριμένα στην παρούσα έρευνα όλες τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά κωδικοποιήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελούν μεταβλητές, φιλικές ως προς το περιβάλλον του λογισμικού. Το εύρος των τιμών προήλθε από τον αριθμό των ατυχημάτων στο υπεραστικό δίκτυο της χώρας, για την περίοδο από το 1996 έως το 1999. Το λογισμικό αυτό εφαρμόζοντας τη μέθοδο εισόδου stepwise σε συνδυασμό με τη μέθοδο enter, όπου η τελευταία κρίθηκε απαραίτητη, για την στατιστική επεξεργασία τους καθορίζει ποια από τα υπό εξέταση γεωμετρικά χαρακτηριστικά είναι στατιστικά σημαντικά για να συμπεριληφθούν στο μαθηματικό πρότυπο που προκύπτει.

Το **πρότυπο** αυτό στην ουσία **περιγράφει τη σχέση** μεταξύ εξαρτημένης μεταβλητής (αριθμός ατυχημάτων) και μιας σειράς ανεξάρτητων μεταβλητών (γεωμετρικά χαρακτηριστικά, ηλικία οδηγού). Είναι δηλαδή μια σχέση μέσω της οποίας συνδέονται δύο ή περισσότερες μεταβλητές μεταξύ τους. Αυτό αποτελεί το κυριότερο **πλεονέκτημά** της γραμμικής παλινδρόμησης έναντι άλλων μεθόδων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στο ίδιο αποτέλεσμα. Από τη συνάρτηση αυτή προκύπτει η πιθανότητα να προκληθεί ένα οδικό ατύχημα συναρτήσει των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και της ηλικίας οδηγού. Έχοντας αυτές τις πληροφορίες μπορεί κανείς να εξάγει τα συμπεράσματά του και να δώσει τις κατάλληλες λύσεις στο πρόβλημα που μελετάει, κάτι που επιδιώκεται και στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία.



Διάγραμμα 1.2 Σχηματική απεικόνιση της ακολουθούμενης μεθοδολογίας

1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Το κεφάλαιο αυτό είναι εισαγωγικό και έχει σκοπό να δώσει στον αναγνώστη τη **δυνατότητα να σχηματίσει** μια εικόνα για το **αντικείμενο** με το οποίο ασχολείται η παρούσα διπλωματική εργασία. Αρχικά πραγματοποιείται συνοπτική παρουσίαση του προβλήματος της οδικής ασφάλειας και παρατίθενται στοιχεία για τα οδικά ατυχήματα τόσο στην Ελλάδα, όσο στην Ευρώπη. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το **μέρος** του **προβλήματος** με το οποίο ασχολείται η παρούσα διπλωματική εργασία. Γίνεται δηλαδή λόγος για την **επιρροή** των γεωμετρικών χαρακτηριστικών στα οδικά ατυχήματα και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα παρόμοιων ερευνών τόσο από την Ελλάδα όσο κι από την Ευρώπη. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο **στόχος** της συγκεκριμένης έρευνας και περιγράφεται η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε. Το παρόν κεφάλαιο αυτό τελειώνει με την παρουσίαση της δομής της διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Περιέχει τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που έγινε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Παρουσιάζεται

μια σειρά από έρευνες (επιστημονικά άρθρα, διδακτορικές διατριβές, βιβλία, πρακτικά επιστημονικών συναντήσεων κ.τ.λ.), με περιεχόμενο σχετικό με το αντικείμενο της συγκεκριμένης έρευνας. Στη συνέχεια παρατίθενται οι **πληροφορίες** εκείνες που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και αφορούν στη στατιστική μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression) η οποία χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των στοιχείων που πραγματοποιείται στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Στο συγκεκριμένο δηλαδή κεφάλαιο παρουσιάζεται μια **σύνοψη** όλων των **βιβλιογραφικών πηγών** που μελετήθηκαν, ώστε να αποκτηθεί το απαραίτητο γνωσιολογικό υπόβαθρο για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Το θέμα του κεφαλαίου αυτού είναι το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο στηρίζεται η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία. Παρουσιάζει δηλαδή το **γνωσιολογικό υπόβαθρο** στο οποίο στηρίζεται η **στατιστική επεξεργασία** των στοιχείων, καθώς και η ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Στη συνέχεια γίνεται **εκτενής περιγραφή** της λειτουργίας του στατιστικού λογισμικού **SPSS**. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα επιμέρους βήματα της στατιστικής ανάλυσης μέχρι την ανάπτυξη του τελικού μαθηματικού προτύπου, ενώ παράλληλα παρατίθεται και το θεωρητικό υπόβαθρο του καθενός από τα παραπάνω βήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Το θέμα του κεφαλαίου αυτού είναι η επεξεργασία των δεδομένων. **Επιλέγονται οι μεταβλητές** οι οποίες ενδέχεται να έχουν ουσιαστική επίδραση στην οδική ασφάλεια. Στη συνέχεια και με τη βοήθεια της **βάσης δεδομένων Access** (ενός προγράμματος των Windows) διαμορφώθηκαν ερωτήματα (queries) από όπου προήλθαν οι αρχικοί πίνακες με ένα πλήθος χαρακτηριστικών, γεωμετρικών και μη. Στα χαρακτηριστικά αυτά ακολούθησαν **συγκεντρωτικοί έλεγχοι** που επέτρεψαν την εισαγωγή των χαρακτηριστικών στο **αρχείο εισόδου** με τα δεδομένα για το λογισμικό στατιστικής ανάλυσης SPSS.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Το πέμπτο κεφάλαιο **περιγράφει** όλη τη διαδικασία **ανάπτυξης** και **εφαρμογής** του τελικού μαθηματικού προτύπου. Περιέχει ακόμη και τα εξαγόμενα από το πρότυπο αποτελέσματα, τα οποία στην ουσία αποτελούν τα συμπεράσματα της συγκεκριμένης έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Τέλος στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζονται τα **συμπεράσματα** που εξάγονται με βάση τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης και διατυπώνονται προτάσεις για **περαιτέρω έρευνα**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Εισαγωγή

Τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού, τα οποία έχουν επίδραση στην Οδική Ασφάλεια (Κανελλαΐδης 1993), χωρίζονται σε :

- **Στοιχεία οριζοντιογραφίας** (αριστερή, δεξιά στροφή, ευθυγραμμία)
- **Στοιχεία μηκοτομής** (ανωφέρεια, κατωφέρεια)
- **Στοιχεία διατομής** (πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας, πλάτος ερείσματος, πλάτος διαχωριστικής νησίδας, επίκλιση)

2.2 Σχέσεις ατυχημάτων και γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού

Η **διερεύνηση της επίδρασης** των γεωμετρικών χαρακτηριστικών στα οδικά ατυχήματα μιας οδού έχει **αποτελέσει** αντικείμενο εκτεταμένων μελετών στις ΗΠΑ καθώς και σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες με πρωτοπόρες στο τομέα αυτό την Γερμανία και την Αυστρία. Σε **ελάχιστες περιπτώσεις** όμως έγινε προσπάθεια **συσχέτισης** επιλεγμένων γεωμετρικών χαρακτηριστικών για τη επιρροή αυτών στα οδικά ατυχήματα.

Αρκετές μελέτες εντοπίζουν το ενδιαφέρον τους σε **μια κατηγορία χάραξης**, η πλειονότητα των οποίων αφορά την οριζοντιογραφία (Dart et al. 1970, Jorgensen et al. 1978, Glennon et al.1985). Όλες οι διαθέσιμες έρευνες υποστηρίζουν πως ο βαθμός επικινδυνότητας είναι **αυξημένος** στα **καμπύλα τμήματα** σε **σχέση** με τα **ευθύγραμμα τμήματα**.

Μια από τις πιο σημαντικές εργασίες είναι εκείνη του Zeeger το 1991. Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να **προσδιοριστούν** τα **χαρακτηριστικά** εκείνα της οριζόντιας καμπύλης τα οποία **σχετίζονται** με τα ατυχήματα σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας και να καθοριστούν οι τύποι των βελτιώσεων που μειώνουν τα ατυχήματα. Τα αποτελέσματα βασίστηκαν σε μια ανάλυση 10.900 οριζόντιων καμπυλών σε πολιτεία των ΗΠΑ. Οι μεταβλητές που συγκεντρώθηκαν περιελάμβαναν στοιχεία γεωμετρίας, ατυχημάτων καθώς και κυκλοφοριακά στοιχεία.

Το **πρότυπο** που χρησιμοποιήθηκε αποτελεί επέκταση του προτύπου παλινδρόμησης που αναπτύχθηκε από τον **Deacon** και είναι του τύπου :

$$A = [\alpha_1 (L \cdot V) + \alpha_2 (D \cdot V) + \alpha_3 (S \cdot V)](\alpha_4)^w + \varepsilon \quad (2.1)$$

όπου :

- A : ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων στη καμπύλη για περίοδο 5 ετών
- L : μήκος της καμπύλης σε μίλια
- V: κυκλοφοριακός φόρτος σε οχηματοχιλιόμετρα για περίοδο 5 ετών στην καμπύλη (και στις δύο κατευθύνσεις)
- D: βαθμός καμπυλότητας
- S: παρουσία τόξου συναρμογής (κλωθοειδούς)
1 αν υπάρχει και 0 αν όχι
- w: πλάτος καταστρώματος στην καμπύλη σε πόδια

Το τελικό στατιστικό μοντέλο που προέκυψε από την ανάλυση είναι το εξής:

$$A = [1.55 (L)(V) + 0.014 (D)(V) - 0.012(S)(V)](0.978)^{w-30} \quad (2.2)$$

Τα αποτελέσματα κατέδειξαν κατακόρυφη **αύξηση ατυχημάτων** σε επιμέρους **περιπτώσεις** όπου:

- Οι καμπύλες ήταν πιο απότομες

- Το πλάτος καμπύλης ήταν μικρό
- Διαπιστώθηκε ανεπαρκής επίκλιση
- Παρατηρήθηκε έλλειψη τόξων συναρμογής

Μειώσεις ατυχημάτων λόγω βελτιώσεων στις καμπύλες αυτές **παρατηρήθηκαν** μετά από **ομαλοποίηση** τους, διαπλάτυνση λωρίδων κυκλοφορίας και ερεισμάτων, προσθήκη μη ασφαλοστρωμένων ερεισμάτων και κατασκευή τόξων συναρμογής.

Πέρα από την εξέταση **μεμονωμένων καμπυλών** σε οδικό δίκτυο κρίθηκε απαραίτητη από πολλούς μελετητές και η διερεύνηση της **συχνότητας** τους στο δίκτυο αυτό. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αποτελέσματα μελέτης που (Harwood et al. 1994) και αφορούσε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Μετά από συγκέντρωση και επεξεργασία στοιχείων που αφορούσαν ατυχήματα, οριζόντιες καμπύλες καθώς και λειτουργικά χαρακτηριστικά όπως κυκλοφοριακούς φόρτους και κόμβους, **εξήχθη** το συμπέρασμα ότι οι δείκτες ατυχημάτων ήταν ιδιαίτερα **αυξημένοι** σε τμήματα όπου η συχνότητα των καμπυλών ήταν αυξημένη.

Οι μελέτες που αφορούν στην επίδραση των στοιχείων της μηκοτομής στο επίπεδο της Οδικής Ασφάλειας είναι ιδιαίτερα σημαντικές.

Μια από τις πιο παλιές εργασίες (Long et al.1954) η οποία κατέληξε στο ότι, όσον αφορά στα ευθύγραμμα τμήματα, η **κλίση από μόνη** της δεν έχει ουσιαστική **σημασία** στους δείκτες ατυχημάτων ανεξαρτήτως του τύπου της οδού. Ωστόσο, έχει **σημαντική επίδραση** στα καμπύλα, σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα σχετικής μελέτης (Bitzel et al.1957) που έγινε σε οδούς της Γερμανίας κατά την ίδια περίοδο παρατηρήθηκε απότομη αύξηση του δείκτη ατυχημάτων σε τμήματα με κατά μήκος κλίση μεγαλύτερη από 4 %.

Μεταγενέστερες έρευνες (Mullins et al.1961) σε ελεύθερες λεωφόρους της πολιτείας του Texas έδειξαν **συσσώρευση ατυχημάτων** σε κυρτές και κοίλες καμπύλες, κυρίως λόγω ανεπαρκούς μήκους ορατότητας. Ο δείκτης ατυχημάτων ήταν μεγαλύτερος κατά την είσοδο στις καμπύλες αυτές και μεγαλύτερος στις κοίλες από ότι στις κυρτές καμπύλες.

Σύμφωνα με αποτέλεσμα έρευνας (Newman et al.1987) προτάθηκε ένα **θεωρητικό μαθηματικό πρότυπο** το οποίο συσχετίζει τα ατυχήματα σε κυρτές και κατακόρυφες καμπύλες με το διαθέσιμο μήκος ορατότητας. Η μελέτη αφορούσε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Σκοπός της ήταν η εκτίμηση των ενδεχόμενων οφελών στην ασφάλεια, εξαιτίας της αύξησης του μήκους ορατότητας για στάση με προϋπόθεση οι εξεταζόμενες καμπύλες να μην ικανοποιούν τις ελάχιστες απαιτήσεις των γεωμετρικών χαρακτηριστικών κατά AASHTO.

Η ανάπτυξη του προτύπου που ακολουθεί δεν βασίστηκε σε στοιχεία ατυχημάτων αλλά σε λογικές υποθέσεις και στην κρίση του μηχανικού:

$$N = AR_h (L)(V) + AR_h (L_r)(V)(F_{ar}) \quad (2.3)$$

όπου :

- N: αριθμός ατυχημάτων σε τμήμα υπεραστικής οδού, στο οποίο τμήμα υπάρχει κυρτή καμπύλη
- AR_h: μέσος δείκτης ατυχημάτων στη συγκεκριμένη υπεραστική οδό, σε ατυχήματα ανά εκατομμύρια οχηματοχιλιόμετρα
- L: μήκος οδικού τμήματος σε μίλια
- V: κυκλοφοριακός φόρτος, σε εκατομμύρια οχήματα
- L_r: μήκη περιορισμένου μήκους ορατότητας
- F_{ar}: υποθετικός συντελεστής δείκτη ατυχημάτων, ο οποίος ποικίλει ανάλογα με τη σοβαρότητα της περιορισμένης ορατότητας και τη φύση του κινδύνου

Τα στοιχεία της διατομής αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης για πολλές χώρες. Τα αποτελέσματα όλων των σχετικών ερευνών έδειξαν ότι η εξασφάλιση επαρκούς επιπέδου ασφαλείας στο πεδίο αυτό επιτυγχάνεται με την αύξηση του πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας και του πλάτους ερείσματος. Σε έρευνα (Foody et al.1974) προκύπτει το συμπέρασμα ότι μια αύξηση του πλάτους λωρίδας και ερείσματος μεγαλύτερη από 3,3 και 2,4 μέτρα αντίστοιχα δεν επιφέρει θετικά αποτελέσματα.

Η ύπαρξη διαχωριστικής νησίδας σε ένα οδικό δίκτυο συνδέεται άμεσα με τους δείκτες ατυχημάτων και συμβάλλει ουσιαστικά στη μείωση τους. Σύμφωνα με σχετική μελέτη (Garner et al.1973) που έγινε σε υπεραστικούς οδούς στην πολιτεία του Kentucky προτάθηκαν τα ακόλουθα: Το πλάτος νησίδας να είναι τουλάχιστον δώδεκα (12) μέτρα και οι επικλίσεις να κυμαίνονται από 17% έως 10%

Αναφορικά με τα **στοιχεία των επικλίσεων** σε οριζόντιες καμπύλες διαπιστώθηκε ότι όσο **μικρότερες** είναι τόσο αυξάνεται η πιθανότητα πρόκλησης ατυχήματος εξαιτίας της μη ικανοποιητικής αποστράγγισης των υδάτων καθώς και της μεγάλης προσπάθειας που απαιτείται προκειμένου να κρατηθεί το όχημα στη προδιαγεγραμμένη για αυτό τροχιά.

Στη προσπάθεια να εδραιωθεί μια μαθηματική σχέση **μεταξύ της ασφάλειας και του πλάτους λωρίδας** κυκλοφορίας, του πλάτους ερείσματος και άλλων παραγόντων όπως κυκλοφοριακών, σχετική μελέτη του (Zeeger et al.1986) παρέχει σημαντικές πληροφορίες όσον αφορά υπεραστικό οδικό δίκτυο δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονταν από επιμέρους οδικά τμήματα των ΗΠΑ, συνολικού μήκους 5.000 μιλίων περίπου. Από την ανάλυση προέκυψε η παρακάτω σχέση :

$$AO / M / Y = 0.0019 (ADT)^{0.8824} (0.8786)^w (0.9192)^{PA} (0.9316)^{UP} \\ (1.2365)^H (0.8822)^{TER1} (1.3221)^{TER2}$$

όπου :

AO/M/Y	:τα σχετικά ατυχήματα ανά μίλι ανά έτος
ADT	:μέσος ημερήσιος κυκλοφοριακός φόρτος
W	:πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας
PA	:μέσο πλάτος οδοστρωμένου ερείσματος
UP	:μέσο πλάτος μη οδοστρωμένου ερείσματος
H	:βαθμός επικινδυνότητας του παράπλευρου χώρου της οδού, ο οποίος συνδέεται άμεσα με το περιβάλλον της οδού. Ο χρήστης πρέπει να καταχωρήσει μια τιμή σε κλίμακα από 1 έως 7 από μικρότερο σε μεγαλύτερο βαθμό επικινδυνότητας με βάση την οπτική αποτίμηση του τμήματος
TER1	:1 αν το έδαφος είναι ομαλό διαφορετικά 0
TER2	:1 αν το έδαφος είναι ορεινό διαφορετικά 0

Μέσα στο πρόγραμμα υπάρχουν αρκετές **μέθοδοι ποιοτικού ελέγχου**. Ένας από αυτούς γίνεται με τη σύγκριση του αριθμού των σχετικών ατυχημάτων που εισάγονται από το χρήστη, με τον αριθμό που υπολογίζεται με την εφαρμογή του προτύπου πρόβλεψης. Αν η διαφορά της συχνότητας των μέσων σχετικών ατυχημάτων ανά έτος είναι μεγαλύτερη από το 30% της αναμενόμενης τιμής, τότε ο χρήστης λαμβάνει ένα προειδοποιητικό μήνυμα. Υποδεικνύεται λοιπόν χρησιμοποίηση των προβλεπόμενων ατυχημάτων παρά των πραγματικών.

Πολλοί μελετητές υποστηρίζουν ότι η **γεωμετρία της οδού** είναι ένα αντικείμενο **ψυχολογίας** και έχει ιδιαίτερη σημασία στη συμπεριφορά κατά την οδήγηση. Διακρίνονται μελέτες που έγιναν με σκοπό τη διερεύνηση της αντίληψης του κινδύνου που έχουν οι οδηγοί σε ένα μελανό σημείο και μελέτες που έγιναν προκειμένου να προσδιοριστεί ο φόρτος εργασίας τους στο σημείο εκείνο.

Η **αντίληψη του κινδύνου** που έχουν οι οδηγοί αποτελεί μια σημαντική παράμετρο σε θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί στο πεδίο σχετικών ερευνών, συμπεριλαμβανομένων της διατήρησης του επιπέδου κινδύνου (Boyle et al.1984) και του φαινομένου της "**μετανάστευσης των ατυχημάτων**"

(Koornstra et al.1986). Στη διαδικασία που ακολουθείται επισημαίνονται τα μελανά σημεία ενός οδικού δικτύου και κατόπιν χρησιμοποιείται η μέθοδος ανάλυσης ατυχημάτων **"πριν" και "μετά"** προκειμένου να εξακριβωθούν οι συνέπειες της επέμβασης στις επικίνδυνες θέσεις, στον τομέα της ψυχολογίας των οδηγών. Παρ' όλα αυτά μελέτες (McKeena et al.1982) διατύπωσαν αρνητική άποψη όσον αφορά αυτή τη προσέγγιση αποδίδοντας το αποτέλεσμα όχι στην ικανότητα αντίληψης του κινδύνου αλλά στη σύγχυση που επιφέρουν οι αλλαγές στου οδηγούς καθώς και στις ανακατανομές του κυκλοφοριακού φόρτου εξαιτίας αυτών των αλλαγών.

Αντίθετα υπάρχει μια μελέτη (Nicholson et al.1992) που **αμφισβητεί** την ερμηνεία αυτή. Μετά από εξέταση των αλλαγών στην οδική συμπεριφορά εξαιτίας της βελτίωσης της χάραξης σε οριζόντιες καμπύλες στη Νέα Ζηλανδία κατέληξαν στα εξής **αποτελέσματα** :

- Η παρατηρηθείσα μέση ταχύτητα λειτουργίας αυξήθηκε για όλες τις εξεταζόμενες καμπύλες. Το αποτέλεσμα ήταν αναμενόμενο δεδομένου ότι μετά τη βελτίωση οι ταχύτητες μελέτης ήταν μεγαλύτερες.
- Οι παρατηρηθείσες κατανομές των ταχυτήτων, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές της ταχύτητας μελέτης, δείχνουν ότι μειώθηκε σημαντικά η αναλογία των οχημάτων που υπερβαίνουν τα όρια της ταχύτητας μελέτης.
- Υπήρξε ουσιαστική μείωση του απαιτούμενου μέσου συντελεστή τριβής.

Η εισαγωγή της **ταχύτητας λειτουργίας** στις μελέτες αποτελεί σημαντικό στοιχείο στη διερεύνηση της διακύμανσης της οδικής συμπεριφοράς σε σχέση με το σχεδιασμό της οδού. Εξάλλου, ο προσδιορισμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών σύμφωνα με μια **υποτιθέμενη ταχύτητα μελέτης** δεν

θεωρείται πλέον επαρκής, κυρίως σε περιπτώσεις υπεραστικών οδών όπου το μέγεθος αυτό είναι μικρό.(McLean.1981, Hirsh et al.1987).

Μια άλλη έρευνα (Lamm et al.1989) συνέστησε μια απλοποιημένη εκδοχή της διαδικασίας που ακολουθείται από τους Γερμανικούς Κανονισμούς. Υπολόγισε τη **μεταβολή της ταχύτητας V_{85}** (85-th percentile) από μια ευθυγραμμία μέχρι την καμπύλη που ακολουθούσε ή μεταξύ διαδοχικών καμπυλών, λαμβάνοντας υπόψη το αν η ευθυγραμμία ήταν ανεξάρτητη ή μη. Ως ανεξάρτητη ορίστηκε η ευθυγραμμία της οποίας το μήκος ήταν αρκετά μεγάλο και επέτρεπε την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων σε επιμέρους τμήματα. Ο υπολογισμός της ταχύτητας βασίστηκε σε μια ανάλυση παλινδρόμησης στοιχείων τα οποία συγκεντρώθηκαν από 261 οριζόντιες καμπύλες και αφορούσαν υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας σε πολιτεία των ΗΠΑ. Η **αξιολόγηση της οριζόντιας χάραξης** ήταν συνάρτηση της μεταβολής του βαθμού καμπυλότητας (ΔDC) και της μεταβολής της ταχύτητας λειτουργίας (ΔV_{85}) μεταξύ διαδοχικών σημείων.

Συγκεκριμένα από την ανάλυση προέκυψαν τα ακόλουθα :

i) Ασφαλής χάραξη : $\Delta DC \leq 5$ βαθμοί

$$\Delta V_{85} \leq 6 \text{ μίλια / ώρα}$$

ii) Μέτρια χάραξη : $5 \text{ βαθμοί} \leq \Delta DC \leq 10 \text{ βαθμοί}$

$$\Delta V_{85} > 6 \text{ μίλια / ώρα}$$

iii) Επικίνδυνη χάραξη : $\Delta DC > 12$ βαθμοί

$$\Delta V_{85} > 12 \text{ μίλια / ώρα}$$

Η **δεύτερη προσέγγιση** που ακολουθήθηκε στο πεδίο αυτών των ερευνών αφορούσε στο **φόρτο εργασίας των οδηγών**, δηλαδή πώς αντέδρασαν σε μια επικίνδυνη θέση από την στιγμή που την αντιλήφθηκαν. Σύμφωνα με την

έρευνα (Messer et al.1981) ο φόρτος εργασίας είναι **αυξημένος** τόσο για τους **πεπειραμένους οδηγούς** όσο και για κείνους που έχουν **μικρή εμπειρία**. Ιδιαίτερα όσον αφορά τους τελευταίους η αύξηση που παρατηρείται είναι μεγαλύτερη καθώς οι γεωμετρικές ασυνέπειες της χάραξης έχουν αρνητικό αντίκτυπο στις προσδοκίες τους.

Έρευνα (Krammes et al.1992) βασιζόμενη στη μελέτη του Messer et al. και χρησιμοποιώντας στοιχεία μετρήσεων από **υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας** σε πολιτεία των ΗΠΑ, υπολόγισε μια σχέση η οποία ήταν δευτεροβάθμια συνάρτηση της μορφής :

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 \quad (2.5)$$

όπου :

y : μέσος δείκτης ατυχημάτων ανά κατεύθυνση του εξεταζόμενου τμήματος

x : παράμετρος φόρτου εργασίας του οδηγού ανά κατεύθυνση, για το εξεταζόμενο τμήμα

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$: συντελεστές παλινδρόμησης

Οι διάφορες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα στην Ελλάδα παρουσιάζουν είχαν ως στόχο τον προσδιορισμό της επίδρασης των διαφόρων στοιχείων της οδού, του οδικού περιβάλλοντος και της κυκλοφορίας στα οδικά ατυχήματα. Παρόλο που διαπιστώνονται στατιστικά σημαντικές σχέσεις ανάμεσα στα ατυχήματα, η παρουσίαση των σχέσεων μπορεί να θεωρηθεί μόνο ως ενδεικτική, καθώς τα οδικά στοιχεία αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και με τους άλλους παράγοντες που σχετίζονται με τον οδηγό, το όχημα, την κυκλοφορία και το περιβάλλον για να επηρεάσουν κατά ιδιαίτερο τρόπο κάθε φορά τη συχνότητα, τη σοβαρότητα και τον τύπο ατυχημάτων. Το σημαντικότερο πρόβλημα από τους ερευνητές στην Ελλάδα είναι η έλλειψη στοιχείων και πληροφοριών και το οποίο αντιμετωπίζεται με διάφορες

παραδοχές στις επιμέρους έρευνες. Κάτι ανάλογο έγινε και στη παρούσα έρευνα με την εισαγωγή του όρου της σχετικής επικινδυνότητας της οδού λόγω έλλειψης του δείκτη των οχηματοχιλιομέτρων από την αρμόδια υπηρεσία. Ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι ερευνητές στην Ελλάδα είναι ότι εξαιτίας του περιορισμένου πεδίου εφαρμογής των ερευνών, η γενίκευση των αποτελεσμάτων πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή. Οι μελέτες συσχέτισης των οδικών ατυχημάτων με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που έχουν γίνει μέχρι σήμερα επιτρέπουν τη πρόβλεψη της επικινδυνότητας ενός δικτύου με στόχο τη λήψη μέτρων για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στη Ελλάδα

2.3 ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στην προηγούμενη ενότητα έγινε μια προσπάθεια **παρουσίασης** και **ανάλυσης** των σημαντικότερων ερευνών που αφορούν στη συσχέτιση των ατυχημάτων με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού. Παρότι έχουν γίνει εκτεταμένες μελέτες μόνο ένας περιορισμένος αριθμός σχέσεων υπάρχει και καμία δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι μπορεί να περιγράψει πλήρως το φαινόμενο. Μάλιστα οι σχετικές έρευνες στο υπεραστικό δίκτυο της Ελλάδας δεν έχουν οδηγήσει ακόμη σε συγκεκριμένα αποτελέσματα.

Η **πλειονότητα** των σχέσεων αυτών **αναφέρεται** σε **ένα μόνο γεωμετρικό χαρακτηριστικό** ή σε περιορισμένο αριθμό τους, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η επίδραση άλλων παραγόντων. Εξάλλου συχνά τυχαίοι παράγοντες έχουν καθοριστική επίδραση στα ατυχήματα χωρίς να έχουν άμεση σχέση με τα χαρακτηριστικά της οδού ή γενικότερα με τις οδικές συνθήκες. Είναι επομένως πολύ δύσκολο να εξεταστεί η επίδραση στην ασφάλεια του κάθε στοιχείου χωριστά.

Επίσης πολλές από τις έρευνες αυτές **εστιάζουν** το **ενδιαφέρον** τους σε ένα **τύπο οδού**, π.χ. σε υπεραστική οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Επομένως δεν είναι απ' ευθείας εφαρμόσιμες σε άλλους τύπους οδών, πολύ περισσότερο δεν μπορούν να εφαρμοστούν στις ιδιαιτερότητες του Ελληνικού οδικού δικτύου.

Εκτός όμως από τη διερεύνηση της σχέσης των οδικών ατυχημάτων με τα **γεωμετρικά χαρακτηριστικά** έχουν γίνει παράλληλα **εκτεταμένες έρευνες** έτσι ώστε να ληφθούν υπόψη και **άλλοι παράγοντες**, όπως τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού (φόρτοι, ταχύτητες) και η κατάσταση του οδοστρώματος. Μια σημαντική παράμετρος που τίθεται στις έρευνες αποτελεί και η ηλικία του οδηγού με άμεση συσχέτιση με την "εμπειρία" οδήγησης.

Συνεπώς προκύπτει από τα παραπάνω ότι υπάρχει μια **συνεχής αναζήτηση** κατάλληλων σχέσεων που θα επιτρέψουν τον αναλυτικό υπολογισμό των παραμέτρων που επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα και την υποστήριξη των προσπάθειών για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού. Μέσα στο πλαίσιο αυτό πραγματοποιήθηκε και η παρούσα διπλωματική εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Αφού δημιουργήθηκαν οι αρχικοί πίνακες και γίνουν οι συγκεντρωτικοί έλεγχοι, ακολουθεί η στατιστική ανάλυση η οποία οδηγεί στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων και κατ' επέκταση στην επίτευξη του στόχου της όλης έρευνας. Η μέθοδος με την οποία θα πραγματοποιηθεί η στατιστική ανάλυση εξαρτάται άμεσα από το αντικείμενο της έρευνας, αλλά και από τη μορφή και το περιεχόμενο της βάσης δεδομένων από την οποία έχουν συλλεχθεί τα απαραίτητα στοιχεία. Το γεγονός ότι δεν έχει πραγματοποιηθεί ανάλογη έρευνα στο παρελθόν που να προσπαθεί να συσχετίσει γεωμετρικά χαρακτηριστικά με τα ατυχήματα και με χαρακτηριστικά του χρήστη της οδού οδήγησε στη χρησιμοποίηση της πιο απλής μεθόδου στη γραμμική παλινδρόμηση.

Η γραμμική παλινδρόμηση (linear regression) οδηγεί στην ανάπτυξη γραμμικού μαθηματικού προτύπου που υπολογίζει τη συνάρτηση χρησιμότητας κάποιου συγκεκριμένου γεγονότος συναρτήσει παραγόντων που το επηρεάζουν (Pindyuck et al.1991). Η σχέση που προκύπτει είναι γραμμική. Στη συνέχεια από τη συνάρτηση χρησιμότητας, με κατάλληλο μετασχηματισμό υπολογίζεται η πιθανότητα να πραγματοποιηθεί το συγκεκριμένο γεγονός και για το λόγο αυτό το πρότυπο που τελικά αναπτύσσεται ονομάζεται πρότυπο πρόβλεψης πιθανότητας. Η σχέση που συνδέει τη συνάρτηση χρησιμότητας και την πιθανότητα είναι μη γραμμική. Στη γραμμική παλινδρόμηση οι παράμετροι εκτιμώνται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Αυτό σημαίνει ότι οι συντελεστές υπολογίζονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών των παρατηρούμενων και των υπολογιζόμενων να είναι το ελάχιστο.

Η γραμμική παλινδρόμηση αποτελεί χρήσιμο εργαλείο στις περιπτώσεις που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχείς και κανονικά κατανοημένη, όπως ακριβώς συμβαίνει στην παρούσα διπλωματική εργασία. Παράλληλα είναι η συνηθέστερη μέθοδο που χρησιμοποιείται για μια πρώτη προσέγγιση αποτελεσμάτων σε περιπτώσεις που δεν έχει πραγματοποιηθεί έρευνα ανάλογου περιεχομένου στο παρελθόν. Είναι εύκολη στη χρήση της και μπορεί να οδηγήσει σε χρήσιμα συμπεράσματα δίνοντας μια αρχική εκτίμηση του αντικειμένου της έρευνας, εξαγοντας συμπεράσματα για περαιτέρω έρευνα και εκτιμήσεις.

Στη γραμμική παλινδρόμηση οι συντελεστές των μεταβλητών του προτύπου υπολογίζονται από την ανάλυση της παλινδρόμησης με βάση την αρχή των ελαχίστων τετραγώνων, δηλαδή οι συντελεστές υπολογίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε ελαχιστοποιείται το άθροισμα :

$$\sum (Y - (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_i X_i))^2$$

Το μαθηματικό πρότυπο που προκύπτει από την ανάλυση δίνει μια σχέση μέσω της οποίας συνδέονται δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Το πρότυπο αυτό είναι γραμμικό συναρτήσει των μεταβλητών που επηρεάζουν την ανεξάρτητη μεταβλητή. Η γραμμική παλινδρόμηση, αποτελεί μια κατάλληλη μέθοδο για την επεξεργασία στοιχείων βάσης δεδομένων και η ευρεία χρήση της οφείλεται στην ευκολία αναζήτησης μιας σχέσης που συνδέει πολλές μεταβλητές μεταξύ τους.

Μια άλλη μέθοδος που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί είναι εκείνη της μη γραμμικής παλινδρόμησης. Παράδειγμα τέτοιας μεθόδου αποτελεί η Poisson η οποία στην οδική ασφάλεια χρησιμοποιείται κυρίως για τον εντοπισμό επικίνδυνων θέσεων και όχι τόσο για τη συσχέτιση με τα γεωμετρικών χαρακτηριστικών (Γκόλιας 1994).

Η μη γραμμική παλινδρόμηση παρουσιάζει κάποια προβλήματα που την καθιστούν ακατάλληλη για τη παρούσα εργασία. Είναι πολύ πιο σύνθετη από την γραμμική παλινδρόμηση και απαιτεί πενταπλάσιο χρόνο ανάπτυξης.

Επίσης, η εξαρτημένη μεταβλητή στην παρούσα διπλωματική είναι ο αριθμός οδικών ατυχημάτων ο οποίος μπορεί προσεγγιστικά να θεωρηθεί κανονικά κατανομημένος. Ο λόγος αυτός ήταν αρκετός για να μην επιλεγεί η μέθοδος αφού τόσο μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση όσο και από τη φύση της μελέτης ως πρώτη προσπάθεια δεν χρησιμοποιείται πολύπλοκη μέθοδος. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας θα μπορούσαν να ελεγχθούν με τη μη γραμμική παλινδρόμηση κάτι το οποίο θα μπορούσε να αποτελέσει μια επόμενη διπλωματική εργασία.

Συμπερασματικά λοιπόν, η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression) κρίθηκε καταλληλότερη για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων στη παρούσα διπλωματική εργασία, με σκοπό την ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου πρόβλεψης της πιθανότητας να συμβεί ένα οδικό ατύχημα. Η μέθοδος αυτή περιγράφεται αναλυτικά στην παράγραφο που ακολουθεί.

3.2 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

Η προσπάθεια συσχέτισης των εξεταζόμενων χαρακτηριστικών βασίστηκε στη μέθοδο της παλινδρόμησης, κατά την οποία η αλληλεπίδραση των μεταβλητών απεικονίζεται μέσα από μαθηματικές σχέσεις. Με τη διαδικασία της παλινδρόμησης συσχετίζεται μια εξαρτημένη μεταβλητή με άλλες, τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Η γραμμική παλινδρόμηση (linear regression) είναι μια από τις πιο διαδεδομένες τεχνικές κατασκευής μαθηματικών προτύπων, που εφαρμόζονται από τους ερευνητές. Αναφέρεται ιστορικά ότι ο όρος χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον Pearson το 1908. Η ευρεία χρήση της οφείλεται στην αναζήτηση μιας σχέσης μέσω της οποίας συνδέονται δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Βρίσκει εφαρμογές στη μελλοντική πρόβλεψη μιας μεταβλητής σε σχέση με μια άλλη ή στον προσδιορισμό μιας συναρτησιακής σχέσης $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ μεταξύ των παρατηρηθείσων τιμών y_i ($i = 1, 2, \dots, n$) της εξαρτημένης μεταβλητής και των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η διατύπωση της σε μαθηματική μορφή, όπου ο ερευνητής προσδιορίζει τη σχέση μεταξύ της εξαρτημένης και των όποιων ανεξάρτητων μεταβλητών,

μπορεί να έχει διάφορες εκφράσεις. Ωστόσο το πιο απλό και ευέλικτο πρότυπο είναι το γραμμικό το οποίο περιγράφεται από τη σχέση :

$$Y = B_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 + \dots + B_N \cdot X_N \quad (3.1)$$

όπου:

- Y είναι η εξαρτημένη μεταβλητή της οποίας έχουν μετρηθεί οι τιμές
- $X_1, X_2, \dots, X_N$ είναι οι ανεξάρτητες μεταβλητές και
- $B_0, B_1, B_2, \dots, B_N$ είναι οι προσδιοριστές παράμετροι, που καλούνται συντελεστές μερικής παλινδρόμησης. Εκφράζουν, ο καθένας ξεχωριστά το ποσό κατά το οποίο μεταβάλλεται η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής όταν μεταβληθεί κατά μια μονάδα η αντίστοιχη ανεξάρτητη μεταβλητή, ενώ οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές.

3.2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΕΩΝ

Οι γραμμικές παλινδρομήσεις στηρίζονται στη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων και έχουν ως βασικό κριτήριο αξιοπιστίας τη τιμή του συντελεστή συσχέτισης R^2 .

Ο συντελεστής αυτός εκφράζει πόσο αξιόπιστο είναι το πρότυπο που δημιουργήθηκε με την παλινδρόμηση και εκφράζει το ποσοστό της μεταβολής της εξαρτημένης μεταβλητής που μπορεί να εξηγηθεί από τη σχέση που προκύπτει. Η τιμή του

Ένα μέτρο που αναφέρεται στην προσαρμογή του μοντέλου στο δείγμα δίνει ο συντελεστής R^2 . Στην περίπτωση της απλής παλινδρόμησης ο συντελεστής αυτός εκφράζει το βαθμό προσαρμογής της ευθείας παλινδρόμησης στις τιμές του δείγματος. Εάν πρόκειται για πολλαπλή παλινδρόμηση τότε ο ίδιος συντελεστής εκφράζει το βαθμό προσαρμογής της επιφάνειας παλινδρόμησης στα δειγματικά δεδομένα.

Ο συντελεστής R^2 υπολογίζεται από το πηλίκο της παλινδρομικής μεταβολής προς τη συνολική μεταβολή. Παλινδρομική μεταβολή είναι το άθροισμα των αποκλίσεων των τιμών που προέκυψαν από την παλινδρόμηση από το μέσο όρο του δείγματος. Ουσιαστικά πρόκειται για την επεξηγούμενη απόκλιση από το μοντέλο αφού μπορούν να εξηγηθούν με βάση την ευθεία παλινδρόμησης και τείνουν να ακολουθήσουν μια ορισμένη συμπεριφορά. Η συνολική μεταβολή είναι το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων των τιμών του δείγματος από το μέσο όρο του δείγματος. Η διαφορά της παλινδρομικής μεταβολής από τη συνολική μεταβολή καλείται υπόλοιπη μεταβολή και ισούται με το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων των τιμών του δείγματος από τις αντίστοιχες τιμές που δίνει η ευθεία παλινδρόμησης.

Το πεδίο τιμών της ποσότητας R^2 είναι από 0 μέχρι και 1. Η τιμή μηδέν (0) αντιστοιχεί στη περίπτωση που δεν υπάρχει καμία γραμμική συσχέτιση, οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι μεταξύ τους τελείως ανεξάρτητες. Αντίθετα όταν η τιμή φτάσει τη μονάδα υπάρχει απόλυτη γραμμική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.

Ο συντελεστής R^2 διαφοροποιείται σε περιπτώσεις όπου η απόκλιση μιας τιμής που προέκυψε από την αντίστοιχη τιμή του δείγματος είναι σημαντική. Σφάλμα απόκλισης καλείται η διαφορά της πραγματικής από την εκτιμώμενη τιμή. Πρόκειται δηλαδή για σημεία τα οποία είναι απομακρυσμένα από την ευθεία παλινδρόμησης σε σχέση με τα υπόλοιπα που είναι ομοιόμορφα διασπαρμένα γύρω από την ευθεία. Τέτοια σημεία, τα οποία καλούνται outliers, χρήζουν προσεκτικής μελέτης ούτως ώστε να δικαιολογηθεί η παρουσία τους.

Βασική προϋπόθεση της μεθόδου είναι πως οι ανεξάρτητες μεταβλητές σε μια εξίσωση δεν πρέπει να σχετίζονται μεταξύ τους, δηλαδή να είναι μεταξύ τους γραμμικώς ανεξάρτητες. Η μη πλήρωση αυτής της συνθήκης είναι μια από τις συνηθέστερες πηγές σφαλμάτων, αφού τότε είναι δύσκολο να εξακριβωθεί η επίδραση αποκλειστικά κάθε μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα.

Στη περίπτωση που είναι συνέπεια σφαλμάτων κατά τις μετρήσεις των στοιχείων, την κωδικοποίηση ή τον υπολογισμό των μεταβλητών τότε απλά γίνεται η κατάλληλη διόρθωση και υπολογίζεται η νέα εξίσωση παλινδρόμησης. Εάν μια τέτοια επεξήγηση δεν είναι δυνατή, θα πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο να μην έχει ληφθεί η επιρροή παραγόντων που είναι καθοριστική στην εξαρτημένη μεταβλητή στα σημεία εκείνα.

Είναι σημαντικό να δίνεται η κατάλληλη προσοχή τόσο στον εντοπισμό όσο και στην επεξεργασία των σημείων αυτών καθώς τείνουν να έλκουν την ευθεία παλινδρόμησης και συνεπώς να οδηγούν σε διαφορετικά αποτελέσματα.

3.2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΣΧΕΣΕΩΝ

Η κάθε σχέση παλινδρόμησης που προέκυπτε κάθε φορά ελεγχόταν κατά πόσο παρείχε αξιόπιστα αποτελέσματα και λογικά συμπεράσματα. Ο έλεγχος αποδοχής ή όχι μιας εξίσωσης παλινδρόμησης έγινε με τη βοήθεια των ακόλουθων κριτηρίων:

1. **Της τιμής του συντελεστή συσχέτισης R^2 :** όπως έχει ήδη αναφερθεί, η εξαρτημένη και οι ανεξάρτητες μεταβλητές βρίσκονται σε ισχυρή συσχέτιση μόνο για υψηλές τιμές του R^2 . Έτσι, εξίσωση με χαμηλή τιμή του R^2 οδηγεί σε απόρριψη της σχέσης ως προσεγγιστικής και αναξιόπιστης.
2. **Των προσήμων στους μερικούς συντελεστές παλινδρόμησης:** Η ορθή εισαγωγή της κάθε μεταβλητής στην εξίσωση ελεγχόταν από το πρόσημο με το οποίο εμφανιζόταν σε αυτή, ώστε να παρέχει συμπεράσματα που να μην αντικρούονται με τις επικρατούσες αντιλήψεις και λογική.
3. **Της τιμής του σταθερού όρου παλινδρόμησης B_0 :** όπως και στο προηγούμενο κριτήριο, έτσι και εδώ ο B_0 πρέπει να δίνει λογικά συμπεράσματα. Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το σύνολο των παραμέτρων οι οποίες δε λήφθηκαν υπ' όψη από το μελετητή για τη συγκεκριμένη εργασία.

Μια εξίσωση, επομένως, για να γίνει αποδεκτή πρέπει να πληρεί και τις τρεις προηγούμενες προϋποθέσεις.

3.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ SPSS

Η περιγραφή της λειτουργίας του λογισμικού στατιστικής ανάλυσης SPSS παρατίθεται στο συγκεκριμένο κεφάλαιο για να δοθεί η δυνατότητα στον αναγνώστη να αντιληφθεί τον τρόπο λειτουργίας του συγκεκριμένου λογισμικού και να είναι σε θέση να αξιολόγησει τα αποτελέσματα του. Για περισσότερες πληροφορίες ο αναγνώστης μπορεί να συμβουλευτεί το εγχειρίδιο χρήσης του προγράμματος (SPSS Base for Windows User's Guide)

3.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ανάλυση παλινδρόμησης έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS (Statistical Package for Social Sciences). Μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης στο MICROSOFT EXCEL, τα στοιχεία τοποθετήθηκαν σε αρχεία και μεταφέρθηκαν στο στατιστικό πρόγραμμα SPSS, όπου με τη διαδικασία REGRESSION σχηματίστηκαν οι τελικές παλινδρομήσεις. Αναλυτικά η διαδικασία, τα κριτήρια καθώς και οι βασικές αρχές του προγράμματος περιγράφονται στη συνέχεια.

3.3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΟΙΕΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το τελικό στάδιο επεξεργασίας διενεργήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS. Αρχικά με τη διαδικασία CORRELATION εντοπίστηκαν οι κατάλληλες μεταβλητές που θα μπορούσαν να εισαχθούν ταυτόχρονα σε μια εξίσωση παλινδρόμησης, ενώ η δημιουργία των τελικών εξισώσεων έγινε μέσω της διαδικασίας REGRESSION. Μέσω της διαδικασίας αυτής είναι δυνατόν να υπολογιστούν ορισμένα στατιστικά στοιχεία που αναφέρονται είτε στην εξίσωση της παλινδρόμησης, είτε σε καθεμία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Επιπλέον, στο πρόγραμμα αυτό ισχύουν οι βασικές αρχές των παλινδρομήσεων που αναφέρθηκαν σε

προηγούμενη παράγραφο, ενώ παράλληλα η εισαγωγή των μεταβλητών προϋποθέτει την πλήρωση ορισμένων κριτηρίων.

Τα σημαντικότερα στατιστικά στοιχεία που επιστρέφει το πρόγραμμα μετά την εισαγωγή των αρχείων και την εκτέλεση των εντολών παλινδρόμησης είναι τα ακόλουθα:

- Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 . Ο συντελεστής αυτός αναφέρεται στην εξίσωση της παλινδρόμησης και έχει αναλυθεί σε προηγούμενη παράγραφο.
- Το μέγεθος Ra^2 . Καλείται προσαρμοσμένος συντελεστής συσχέτισης δίνοντας μια πιο ρεαλιστική τιμή στο R^2 . Διορθώνει την τιμή του R^2 ώστε να αποδοθεί πιο πιστά η προσαρμογή του μοντέλου στο πληθυσμό.
- Για τον έλεγχο της μηδενικής υποθέσεως $H_0: b_i=0, i= 1,2,3,...,k$ έναντι της εναλλακτικής $H_1: b_i \neq 0$, για $i= 1,2,...,k$ θεωρείται το μέγεθος F . Με τη βασική υπόθεση των παλινδρομήσεων πως τα σφάλματα απόκλισης Y_1, Y_2 (όπου Y_1 το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων, λόγω παλινδρόμησης, ως προς όλες τις άλλες παραμέτρους b_i εκτός από την εξεταζόμενη και Y_2 το υπολοιπόμενο άθροισμα τετραγώνων) ακολουθούν την κανονική κατανομή, το μέγεθος $F = (Y_1:n_1 / Y_2:n_2)$ ακολουθεί την κατανομή F με $(n_1, n_2) = (k, n-k-1)$ β.ε, όπου k ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών της εξίσωσης και n το μέγεθος του δείγματος. Σύγκριση της τιμής F που επιστρέφει το πρόγραμμα με την αντίστοιχη τιμή της κατανομής F οδηγεί στην απόρριψη ή όχι της υπόθεσης αυτής: Εάν $F > F_{n_1, n_2}$ η παραπάνω μηδενική υπόθεση απορρίπτεται.
- Το παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας για το οποίο ισχύει η παραπάνω υπόθεση: $sign.F$
- Οι συντελεστές b_i μερικής παλινδρόμησης της εξίσωσης.
- Επειδή για ανεξάρτητες μεταβλητές με διαφορετική έννοια η σύγκριση δεν είναι δυνατή, γίνεται προσαρμογή των συντελεστών b_i σε αδιάστατους αριθμούς, ώστε να μπορεί να γίνει μεταξύ τους σύγκριση

και να εντοπιστεί η μεταβλητή εκείνη που επιδρά περισσότερο στην εξαρτημένη. Τα μεγέθη αυτά είναι:

$$\text{Beti} = (b_i * s_i) / s_y$$

όπου

b_i : ο συντελεστής παλινδρόμησης της μεταβλητής

s_i : η τυπική απόκλιση της ανεξάρτητης μεταβλητής i

s_y : η τυπική απόκλιση της εξαρτημένης μεταβλητής

- Οι τιμές T που χρησιμεύουν για τον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης πως δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση της συγκεκριμένης ανεξάρτητης μεταβλητής και της εξαρτημένης. Οι τιμές αυτές συγκρίνονται με τις αντίστοιχες τιμές της κατανομής T (student) με $n-2$ β.ε, όπου n το μέγεθος του δείγματος.
- Το παρατηρηθέν επίπεδο σημαντικότητας $\text{sign.}T$. Όσο πιο μικρή είναι η τιμή αυτή, τόσο πιο πιθανή γίνεται η συσχέτιση μεταξύ της ανεξάρτητης και της εξαρτημένης μεταβλητής.
- Το μέγεθος tolerance ($1-R_i^2$): πρόκειται για το ποσοστό της εξαρτημένης μεταβλητής που δεν εξηγείται από τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές. Όσο πιο μεγάλο το ποσοστό αυτό, τόσο πιθανότερη είναι η συσχέτιση της συγκεκριμένης μεταβλητής με την εξαρτημένη.

3.3.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΕΩΝ

Η επιλογή των μεταβλητών που εισάγονται κάθε φορά σε μια εξίσωση παλινδρόμησης καθορίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα με τη βοήθεια ορισμένων κριτηρίων. Ανάλογα με το είδος του κριτηρίου εισαγωγής μιας μεταβλητής η λειτουργία της κάθε μεθόδου είναι:

- **Μέθοδος ENTER:** Στη μέθοδο αυτή εισάγονται διαδοχικά όλες οι μεταβλητές που παρουσιάζουν την τιμή tolerance μεγαλύτερη από 10^{-4} .

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει τα πιο ελαστικά κριτήρια από τις υπόλοιπες μεθόδους.

- **Μέθοδος FORWARD:** Στο πρώτο βήμα της μεθόδου ελέγχεται η εισαγωγή στην εξίσωση της μεταβλητής με το μεγαλύτερο, κατά απόλυτη τιμή, μερικό συντελεστή συσχέτισης. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με ένα από τα κριτήρια FIN, PIN. Το πρώτο είναι η οριακή τιμή της κατανομής F (ορίζεται η τιμή 3,84) και το δεύτερο η αντίστοιχη πιθανότητα (0,05). Για επίπεδο σημαντικότητας μικρότερο από 0,05 (κριτήριο PIN) ή για $F > F_{in}$ η μεταβλητή εισάγεται τελικά στην εξίσωση. Όλη η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε μεταβλητή και σταματά όταν παρουσιαστεί μεταβλητή με $\text{sign}.F > 0,05$.
- **Μέθοδος BACKWARD:** Αρχικά εισάγονται όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στην εξίσωση της παλινδρόμησης. Στη συνέχεια εξετάζεται αν η μεταβλητή με τον μικρότερο μερικό συντελεστή συσχέτισης ικανοποιεί ένα από τα κριτήρια FOUT (ορίζεται η τιμή 2,71) ή POUT (0,10). Αν η πιθανότητα $\text{sign}.F$ της μεταβλητής είναι μεγαλύτερη της τιμής 0,10 ή ισοδύναμα αν $F < F_{OUT}$, τότε αυτή απομακρύνεται από την εξίσωση. Η διαδικασία ολοκληρώνεται όταν η μεταβλητή με τον μικρότερο μερικό συντελεστή συσχέτισης ικανοποιεί τη συνθήκη $\text{sign}.F < P_{OUT}$ ή $F > F_{OUT}$.
- **Μέθοδος STEPWISE:** Η μέθοδος αυτή αποτελεί συνδυασμό των δυο προηγούμενων μεθόδων και για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται πιο συχνά. Η εισαγωγή των μεταβλητών στην εξίσωση γίνεται με ταυτόχρονη εφαρμογή των κριτηρίων εισαγωγής PIN ή FIN και απομάκρυνσης POUT ή FOUT. Αρχικά εξετάζεται η εισαγωγή μιας μεταβλητής όπως στη μέθοδο FORWARD, βάση του κριτηρίου PIN. Ακολουθεί στη συνέχεια έλεγχος εισαγωγής δεύτερης μεταβλητής με το ίδιο κριτήριο. Στη συνέχεια, με τα κριτήρια της μεθόδου BACKWARD ελέγχεται αν κάποια από τις μεταβλητές που έχουν εισαχθεί στην εξίσωση πρέπει να απομακρυνθεί. Σε κάθε βήμα δηλαδή, αρχικά γίνεται έλεγχος εισαγωγής στην εξίσωση μιας μεταβλητής και στη συνέχεια πραγματοποιείται έλεγχος για το αν κάποια από τις εισαχθείσες μεταβλητές πρέπει να απομακρυνθούν ή όχι από την εξίσωση. Η επιλογή των

μεταβλητών σταματά όταν καμία μεταβλητή δεν ικανοποιεί τα κριτήρια εισαγωγής - απομάκρυνσης.

Για τη μόρφωση των εξισώσεων παλινδρόμησης στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε βασικά η μέθοδος Stepwise με τα κριτήρια εισαγωγής - απομάκρυνσης που αναφέρθηκαν παραπάνω. Λόγω αυτών των αυστηρών κριτηρίων, σε ορισμένες περιπτώσεις, αντί για την αντικατάσταση των κριτηρίων αυτών με άλλα πιο ελαστικά προτιμήθηκε η χρησιμοποίηση της μεθόδου Enter για την εισαγωγή των κατάλληλων χαρακτηριστικών στην εξίσωση της παλινδρόμησης που παρουσιάζει πιο ελαστικό κριτήριο απομάκρυνσης. Έτσι αρχικά στις περιπτώσεις αυτές η επιλογή των μεταβλητών γινόταν με τη μέθοδο Stepwise, ενώ η προσθήκη μιας επιπλέον μεταβλητής με τη μέθοδο Enter γινόταν με τέτοιο τρόπο, ώστε η τιμή του μεγέθους sign.T να είναι το ελάχιστο δυνατόν. Τα στοιχεία αυτά που επιστρέφει το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκαν, όπως έχει αναφερθεί, είναι ο συντελεστής συσχέτισης R^2 , οι συντελεστές παλινδρόμησης b_i και τα κριτήρια εισαγωγής - απομάκρυνσης.

3.4 ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η διαδικασία που περιγράφηκε στις προηγούμενες παραγράφους οδηγεί στην ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου που συνδέει δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Εδώ γεννιούνται τα ερωτήματα α) κατά πόσο το συγκεκριμένο πρότυπο είναι κατάλληλο για την περιγραφή της κατάστασης που έχει καταγραφεί και β) πόσο σημαντική είναι η επιρροή των μεταβλητών που περιέχει στην πραγματοποιούμενη επιλογή. Για να μπορέσει ο χρήστης να απαντήσει στα παραπάνω ερωτήματα, να είναι σε θέση δηλαδή να γνωρίζει την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της προσπάθειας του, το SPSS του παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες, υπολογίζοντας στατιστικούς δείκτες.

Από τους σημαντικότερους δείκτες είναι ο R^2 αφού είναι αυτός που δίνει τις καλύτερες πληροφορίες αναφορικά με την ποιότητα του μαθηματικού προτύπου. Παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με το δείκτη ρ^2 που εμφανίζεται

στη λογιστική παλινδρόμηση. Η τιμή του R^2 κυμαίνεται από μηδέν (0) έως ένα (1). Στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων στη πράξη η τιμή αυτή δεν ξεπερνά το 0,45. Θα μπορούσε λοιπόν να θεωρήσει κανείς σαν ικανοποιητική τιμή οποιαδήποτε βρίσκεται από 0,30 και πάνω. Πρέπει τέλος να τονιστεί ότι ο R^2 είναι ένας στατιστικός δείκτης που σχετίζεται με την καταλληλότητα όλου του μαθηματικού προτύπου να περιγράψει την κατάσταση που έχει αποτυπωθεί από τα δεδομένα της βάσης και όχι με αυτή κάποιου από τους συντελεστές του.

Πληροφορίες σχετικά με το αν πρέπει μια μεταβλητή να συμπεριληφθεί στο πρότυπο ή όχι δίνει ένας άλλος στατιστικός δείκτης που υπολογίζεται κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων, ο t - test. Ο t - test αναφέρεται σε καθεμία από τις μεταβλητές ξεχωριστά. Ο δείκτης αυτός είναι στην ουσία το αποτέλεσμα της διαίρεσης της εκτιμώμενης για το συντελεστή τιμής δια της τυπικής απόκλισης της. Η τυπική απόκλιση είναι ένα μέγεθος που παρουσιάζει τη συνέπεια με την οποία έχει υπολογιστεί η τιμή του συγκεκριμένου συντελεστή. Αυτό σημαίνει ότι η πραγματική τιμή του συντελεστή για διάστημα εμπιστοσύνης (επίπεδο σημαντικότητας) 95% βρίσκεται στο διάστημα με κέντρο την υπολογιζόμενη τιμή του συντελεστή και άκρα την τιμή αυτή συν ή πλην την τυπική απόκλιση.

Ο δείκτης t - test στην ουσία δείχνει αν η πραγματική τιμή του συγκεκριμένου συντελεστή διαφέρει σημαντικά από το μηδέν ή όχι. Δείχνει δηλαδή αν η επιρροή αυτή είναι σημαντική τότε η συγκεκριμένη μεταβλητή πρέπει να συμπεριληφθεί στην ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να αποκλειστεί. Οι τιμές που μπορεί να πάρει κυμαίνονται από μείον άπειρο έως συν άπειρο.

Όσο μεγαλύτερη είναι η απόλυτη τιμή του τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Ανάλογα με το επίπεδο σημαντικότητας στο οποίο ενδιαφέρει να βρίσκονται τα αποτελέσματα της έρευνας υπάρχουν πίνακες που δίνουν την τιμή του t - test πάνω από την οποία η συγκεκριμένη μεταβλητή πρέπει να συμπεριληφθεί στο πρότυπο. Έτσι για διάστημα εμπιστοσύνης 95%, μια μεταβλητή μπορεί να

παραμένει στο πρότυπο αν η απόλυτη τιμή του t - test του συντελεστή της είναι μεγαλύτερη από 1,645.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω, ο ερευνητής είναι πλέον σε θέση να αξιολογήσει τα αποτελέσματα της έρευνάς του και να ελέγξει την αξιοπιστία τους. Να ελέγξει δηλαδή αν αυτά έχουν την απαραίτητη αξιοπιστία ώστε να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή περαιτέρω συμπερασμάτων και τη λήψη πιθανών αποφάσεων. Αν συμβαίνει αυτό η στατιστική ανάλυση έχει ολοκληρωθεί. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να συνεχιστεί μέχρις ότου οδηγήσει σε αποτελέσματα που να περνούν με επιτυχία όλους τους στατιστικούς ελέγχους που αναφέρονται παραπάνω, κάτι το οποίο έγινε και στην παρούσα διπλωματική εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα, τα **οδικά ατυχήματα** είναι η αιτία για το θάνατο σχεδόν 6 πολιτών κάθε μέρα. Κάθε χρόνο στην Ελλάδα συμβαίνουν περίπου 20.000 οδικά ατυχήματα με θύματα, στα οποία σκοτώνονται περισσότεροι από 2.000 οδηγοί, επιβάτες και πεζοί και τραυματίζονται περίπου 30.000.

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 1.2 με τη μελέτη αυτή **επιδιώκεται η ανάλυση** των αιτιών των οδικών ατυχημάτων προκειμένου να βελτιωθεί στα πλαίσια του εφικτού η ασφάλεια του οδικού δικτύου. Η ανάλυση των οδικών ατυχημάτων πρέπει να γίνει με ιδιαίτερη προσοχή και να αποφεύγεται η άκριτη σύγκριση απόλυτων αριθμών ή απλών ποσοστών. Για παράδειγμα, η πληροφορία ότι το 9% των ατυχημάτων συμβαίνουν στο εθνικό δίκτυο αρχικά δεν παρέχει καμία χρήσιμη γνώση και μάλλον παραπλανεί αφού δεν είναι γνωστός ο αριθμός των οχηματοχιλιομέτρων και επιβατοχιλιομέτρων στο εθνικό οδικό δίκτυο. Συγκεκριμένα η παρούσα διπλωματική εργασία σκοπό έχει να μελετηθούν τα οδικά ατυχήματα του εθνικού οδικού δικτύου σε άμεση συσχέτιση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού που επηρεάζουν περισσότερο τα θανατηφόρα ατυχήματα. **Στόχος** δηλαδή είναι να προσδιορίσει τις παραμέτρους και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που συντελούν στη δημιουργία των οδικών ατυχημάτων, βοηθώντας στην αλλαγή της οδικής συμπεριφοράς του Έλληνα χρήστη παρακινώντας τον να οδηγήσει πιο προσεκτικά και πιο συγκεντρωμένα. Για το **σκοπό** αυτό χρησιμοποιήθηκε η βάση ατυχημάτων του ΕΜΠ με συμπληρωμένη με τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΣΥΕ), πραγματοποιώντας έτσι μια μακροσκοπική ανάλυση των διαφόρων παραγόντων (χρήστη οδού, ηλικία οδηγού,

οριζοντιογραφία, μηκοτομή, άλλοι) που επηρεάζουν την ασφάλεια του οδικού δικτύου της χώρας και του βαθμού επιρροής τους.

Το **σημαντικότερο πρόβλημα** για τους μελετητές και ερευνητές στην Ελλάδα είναι η έλλειψη στοιχείων και πληροφοριών και το οποίο αντιμετωπίζεται μόνο εφόσον δημιουργηθούν οι κατάλληλοι μηχανισμοί συλλογής και επεξεργασίας στοιχείων. Οι μελετητές συσχέτισης των οδικών ατυχημάτων με τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά απαιτούν τη διαθεσιμότητα αξιόπιστων στοιχείων και πληροφοριών από τις αρμόδιες υπηρεσίες. Οι **μελέτες συσχέτισης** των οδικών ατυχημάτων με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά επιτρέπουν την **πρόβλεψη** επικινδυνότητας ενός οδικού δικτύου και την αναμόρφωση των κανόνων λειτουργίας με στόχο τον ασφαλή σχεδιασμό και τη λήψη μέτρων βελτίωσης της οδικής ασφάλειας. Λόγω του περιορισμένου πεδίου εφαρμογής της πλειοψηφίας αυτών των μελετών, η γενίκευση των αποτελεσμάτων τους πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή.

4.1.1 ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο για το στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας **χρησιμοποιήθηκαν** τα στοιχεία της ΕΣΥΕ. Τα στοιχεία των οδικών ατυχημάτων συλλέγονται σε πρώτο στάδιο από την Τροχαία για κάθε οδικό ατύχημα με τραυματισμό. Η συλλογή γίνεται από τη βασική πηγή στοιχείων οδικών ατυχημάτων που δεν είναι άλλη από τη συμπλήρωση του Δελτίου Οδικού Τροχαίου Ατυχήματος (ΔΟΤΑ), το οποίο συμπληρώνεται για κάθε οδικό ατύχημα που έχει ως αποτέλεσμα το θάνατο ή τον τραυματισμό προσώπου ή προσώπων. Το **δελτίο εκδίδεται** από την ΕΣΥΕ και συμπληρώνεται από την Τροχαία. Ισχύει για όλη τη χώρα ώστε να υπάρχει αξιοπιστία αλλά και ομοιομορφία στην καταγραφή των ατυχημάτων.

Στο ΔΟΤΑ **περιλαμβάνονται** πληροφορίες που περιγράφουν όλες τις παραμέτρους του ατυχήματος καθώς και τις συνθήκες που επικρατούσαν όταν συνέβη αυτό. **Αναλυτικότερα**, περιλαμβάνει πληροφορίες που σχετίζονται με το χρόνο που συνέβη το ατύχημα (έτος, μήνα, ημέρα, ώρα), τον τόπο του ατυχήματος (κατοικημένη ή μη κατοικημένη περιοχή, είδος και

τύπος οδού), τον τύπο του ατυχήματος (μετωπική, πλαγιομετωπική κ.λ.π.), τους συμμετέχοντες στο ατύχημα (αριθμός παθόντων), τις ανθρώπινες απώλειες (νεκροί, βαριά ή ελαφριά τραυματίες), το είδος του ελιγμού που προκάλεσε το ατύχημα (προσπέρασμα, αλλαγή λωρίδας, κ.λ.π.), τις καιρικές συνθήκες (βροχή, καλοκαιρία κ.λ.π.), το είδος και την κατάσταση του οδοστρώματος (άσφαλτος με πάγο), την ύπαρξη σηματοδότησης - σηματορύθμισης και τέλος κάποια συμπληρωματικά στοιχεία που αφορούν την ηλικία, υπηκοότητα των παθόντων, την ηλικία των οχημάτων, τις κατηγορίες των διπλωμάτων, και τη γενική χρήση εξοπλισμού ασφαλείας όπως οι ζώνες ασφαλείας και το κράνος.

Το ΔΟΤΑ δηλαδή αποτελεί ένα δελτίο καταγραφής πληροφοριών σχετικά με τα οδικά ατυχήματα και αντίγραφό του παρατίθεται στο παράτημα. Το πρώτο ΔΟΤΑ διαμορφώθηκε το 1963, ενώ εκείνο που ισχύει μέχρι και σήμερα, έχει διαμορφωθεί και εφαρμόζεται από το 1996. Έτσι από τις αρχές του 1996 έχει τεθεί σε εφαρμογή το νέο, αναμορφωμένο ΔΟΤΑ που καταρτίστηκε με τη συνεργασία σειράς αρμοδίων φορέων και υπηρεσιών και αναμένεται να έχει σημαντική συμβολή στη διερεύνηση των αιτιών των οδικών ατυχημάτων.

Τα **στοιχεία** του ΔΟΤΑ, **αναφέρονται** στη στιγμή που συνέβη το οδικό ατύχημα και σε αυτήν πρέπει να προσδιορίζονται ο χαρακτήρας και ο τύπος του ατυχήματος, οι αποφασιστικοί ελιγμοί, οι συνθήκες του ατυχήματος κλπ. Τα στοιχεία όμως που αφορούν τις συνέπειες του ατυχήματος (νεκροί και βαριά τραυματίες) συμπληρώνονται οριστικά μετά το τέλος της 30^{ης} ημέρας από το ατύχημα. Για αυτό το λόγο πρέπει να παρακολουθείται η εξέλιξη της κατάστασης κάθε τραυματία, σε συνεργασία με το νοσηλευτικό ίδρυμα στο οποίο αυτός εισήχθη και στην περίπτωση και μόνο που, συνέπεια του ατυχήματος, απεβίωσε, θα καταγραφεί ως νεκρός. Λεπτομερής περιγραφή του ΔΟΤΑ καθώς και των τιμών που μπορεί να έχουν οι μεταβλητές του θα παρουσιασθεί σε επόμενη παράγραφο αφού στα **στοιχεία** του ΔΟΤΑ θα **στηριχθεί η στατιστική** επεξεργασία που θα οδηγήσει στην ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου για την πρόβλεψη οδικού ατυχήματος συναρτήσει των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του εθνικού οδικού δικτύου.

4.1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το ΔΟΤΑ αφού συμπληρωθεί από την Τροχαία αποστέλλεται σε αντίγραφο στην Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδας (ΕΣΥΕ), αλλά και στη Διεύθυνση Μηχανογράφησης του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Όταν η ΕΣΥΕ παραλάβει το αντίγραφο **αποκωδικοποιεί** τις πληροφορίες και τις **οργανώνει** σε πρωτογενείς **βάσεις** δεδομένων όπου κάθε μεταβλητή παίρνει αριθμητικές ή αλφαριθμητικές τιμές. Έτσι δημιουργείται μια βάση με λεπτομερή εξατομικευμένα στοιχεία που αποτελεί τη βάση δεδομένων της διπλωματικής εργασίας.

Στη συνέχεια αναφέρονται επιγραμματικά οι μεταβλητές που περιλαμβάνονται στο ΔΟΤΑ και οι οποίες εισάγονται κωδικοποιημένες στη βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ

1. Τόπος ατυχήματος
2. Είδος Οδού
3. Χρόνος Ατυχήματος
4. Παθόντες
5. Αριθμός οχημάτων
6. Ατμοσφαιρικές συνθήκες
7. Συνθήκες οδοστρώματος
8. Κατάσταση οδοστρώματος
9. Φωτισμός κατά τη νύχτα
10. Ειδικά στοιχεία οχήματος
11. Τύπος οδού
12. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδού
13. Τύπος ατυχήματος πρώτης σύγκρουσης
14. Ελιγμός οχημάτων
15. Θέση και κίνηση πεζών
16. Ρύθμιση κυκλοφορίας, σήμανση και σηματοδότηση
17. Σκαρίφημα
18. Δίπλωμα οδήγησης - Κατηγορία και έτος απόκτησης αυτού
19. Εξάρτημα ασφαλείας
20. Αλκοτέστ
21. Στοιχεία οδηγού και παθόντων προσώπων

Τα στοιχεία αυτά, υφίστανται μια **δευτερογενή επεξεργασία - κωδικοποίηση** με βάση την οποία όλες οι μεταβλητές κατηγοριοποιούνται σε **τέσσερα επιμέρους αρχεία**. Το πρώτο αρχείο αφορά στα στοιχεία του ατυχήματος (Accident table), το δεύτερο αρχείο έχει να κάνει με τα στοιχεία του οχήματος (Vehicle table), το τρίτο αρχείο αναφέρεται στις πληροφορίες για τα εμπλεκόμενα πρόσωπα (Person table), και το τελευταίο αρχείο αποτελείται από δεδομένα σχετικά με τον εξοπλισμό ασφαλείας του οχήματος (Safety Equipment table). Κάθε ένα από τα ατυχήματα περιγράφεται από μι α εγγραφή (Record), η οποία αποτελείται από κάποια πεδία (Fields) που αντιστοιχούν στις μεταβλητές του ΔΟΤΑ που κωδικογραφούνται στην ΕΣΥΕ. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η βάση δεδομένων αναφέρεται σε στοιχεία οδικών ατυχημάτων των **τελευταίων τεσσάρων ετών** από το 1996 έως το 1999 και παρουσιάζεται στο παράρτημα.

4.1.3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Όπως λοιπόν ήταν αναμενόμενο σύμφωνα με αυτά που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο από τα τέσσερα αυτά αρχεία της βάσης δεδομένων της ΕΣΥΕ **επιδιώχθηκε** μέσα από μια λογική διαδικασία να **συγκεντρωθούν** στοιχεία για όσο το δυνατόν περισσότερες παραμέτρους και γεωμετρικά χαρακτηριστικά που ο ερευνητής εκτιμά ότι μπορεί να έχουν **σχέση** με το αντικείμενο της έρευνας. Οι παράμετροι αυτές καθώς και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά δεν είναι όλα πρωτεύουσας σημασίας. Το ποια από αυτά είναι και ποια όχι μπορεί να εκτιμηθεί από τον ερευνητή με αρκετή ακρίβεια, αλλά ο οριστικός τους χαρακτηρισμός καθώς και το αν θα συμπεριληφθούν ή όχι στο μαθηματικό πρότυπο, **προκύπτει** έπειτα από τη στατιστική ανάλυση που ακολουθεί τη συλλογή στοιχείων.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι από την βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ για τα ατυχήματα περιόδου από το 1996 έως το 1999 έπρεπε να γίνει **επιλογή** κάποιων παραμέτρων που κατά την άποψη του ερευνητή θεωρήθηκαν ως περισσότερο σημαντικές όσον αφορά την επίδραση τους στα οδικά ατυχήματα. Κάτι τέτοιο όπως ήταν αναμενόμενο παρουσίασε

αρκετές δυσκολίες αφού έπρεπε να ελεγχθεί μια βάση δεδομένων πολύ μεγάλη. Με τη βοήθεια της **Access** (βάση δεδομένων των WINDOWS) παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας ερωτημάτων (queries) που επιτρέπουν στο χρήστη να επιλέξει από τους πίνακες (tables) όσα στοιχεία θεωρεί σύμφωνα με τη κρίση του ότι είναι τα σημαντικότερα. Μετά την καταγραφή των στοιχείων της ΕΣΥΕ στην Access δημιουργήθηκαν όπως αναφέρεται παραπάνω τέσσερις αρχικοί πίνακες (tables), **Accident, Person, Vehicle, Safety Equipment**. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ο πίνακας με τα στοιχεία των ατυχημάτων έχει 97.108 σειρές και 68 στήλες κάτι που καθιστούσε την επεξεργασία του μια πολύπλοκη διαδικασία.

Μέσω των πινάκων αυτών γίνεται προσπάθεια **συλλογής στοιχείων** για όσο το δυνατό περισσότερες παραμέτρους που κρίνεται ότι σχετίζονται με το αντικείμενο της έρευνας και που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου. Αυτό είναι λογικό να συμβαίνει, αφού εξ αρχής κανένας δεν είναι σε θέση να γνωρίζει ποιες παράμετροι θα απαρτίζουν το πρότυπο. Μετά από ώριμη σκέψη και σωστή επεξεργασία των στοιχείων του υπό έρευνα αντικειμένου ο ερευνητής ίσως να μπορεί να αντιληφθεί ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά που κατά πάσα πιθανότητα θα περιέχονται στο πρότυπο. Όμως δε μπορεί να γνωρίζει με βεβαιότητα ποιες από τις μεταβλητές δευτερεύουσας σημασίας θα χρησιμοποιηθούν.

Για να είναι **δυνατή η επιλογή των παραμέτρων** που θα αποτελέσουν το μαθηματικό πρότυπο δημιουργήθηκαν από τους παραπάνω πίνακες με τη βοήθεια της Access κάποια ερωτήματα (queries) τα οποία από το σύνολο των στοιχείων της βάσης είχαν στη σύνθεσή τους κάποια γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως την οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή του οδικού δικτύου καθώς και παραμέτρους όπως η ηλικία των παθόντων, τον τύπο του ατυχήματος, το είδος της περιοχής κλπ. **Παράδειγμα** τέτοιου ερωτήματος παρουσιάζεται αμέσως μετά και είναι η προσπάθεια για τη καταγραφή του αριθμού των οδικών ατυχημάτων ανάλογα με την ανωφέρεια της οδού, το είδος της περιοχής και τον τύπο του ατυχήματος.

Για την καλύτερη κατανόηση του ερωτήματος που ακολουθεί σημειώνεται ότι:

1. Στις τελευταίες στήλες αναγράφονται τα **έτη** για τα οποία γίνεται η μελέτη των οδικών ατυχημάτων
2. Ακολουθεί η **περιγραφή της μηκοτομής** της οδού μέσα από την ανωφέρεια όπου με τον κωδικό 1 αναφέρεται στην ομαλή κλίση του δρόμου, με τον κωδικό 2 αναφέρεται στην περίπτωση οδού με μεγάλη κλίση ενώ όπου δεν αναγράφεται κωδικός θεωρείται μηδενική κλίση.
3. Η επόμενη στήλη αναφέρεται στο **τύπο της οδού** και ο κωδικός 1 είναι για κατοικημένη περιοχή ενώ με τον κωδικό 2 αναφέρεται σε μη κατοικημένη περιοχή.
4. Τέλος στις στήλες με κωδικό από 1 έως και 8 αναγράφεται **ο τύπος του ατυχήματος** αν πρόκειται δηλαδή για μετωπική σύγκρουση, πλαγιομετωπική ή άλλου είδους σύγκρουσης ή ακόμα και πρόσκρουσης σε εμπόδιο κλπ.

Πίνακας 4.1 Παράδειγμα ερωτήματος (Query) από την Access

Year	Ascent	Area type	1	2	3	4	5	6	7	8
96			1 863	5954	2090	1185	1245	3284	690	637
96			2 681	1665	298	662	690	449	1500	354
96	1		1 66	316	148	65	79	171	49	43
96	1		2 83	136	15	31	47	24	107	31
96	2		1 8	26	3	2	6	8	3	2
96	2		2 13	16	2	1	8		15	4
97			1 726	5708	2124	1165	1011	3187	569	694
97			2 842	2132	357	786	688	676	1614	506
97	1		1 72	290	125	51	67	128	33	37
97	1		2 86	167	23	39	54	40	129	46
97	2		1 5	21	6	4	4	5	4	4
97	2		2 5	19	3	2	4	4	16	5
98			1 822	5878	2192	1255	1061	3480	656	632
98			2 812	2082	325	774	727	650	1628	537
98	1		1 52	205	88	52	53	124	38	25
98	1		2 86	148	30	36	40	40	120	44
98	2		1 9	21	9	1	5	9	2	2
98	2		2 11	24	1	5	4		18	6
99			1 772	5977	2187	1328	1030	3346	609	697
99			2 715	2014	329	740	671	570	1480	510
99	1		1 50	222	71	57	60	100	38	24
99	1		2 71	137	22	36	52	21	123	41
99	2		1 10	15	9	6	4	11	4	3
99	2		2 11	17	5	2	5	1	16	12

Ανάλογα ερωτήματα έχουν γίνει και για άλλους πιθανούς συνδυασμούς οι οποίοι θεωρήθηκαν από το ερευνητή ότι θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε σωστές λύσεις και βαθύτερες αναλύσεις.

Παρατηρήθηκε όμως ότι το **ερώτημα** με την παραπάνω μορφή δεν **βοηθούσε** ούτε τον ερευνητή να μπορέσει να επεξεργαστεί τα στοιχεία του, και να κάνει τους απαραίτητους ελέγχους ώστε να πάρει μια πρώτη εικόνα για το τι ακριβώς **περιγράφει** το συγκεκριμένο ερώτημα, αλλά ούτε και τον αναγνώστη της παρούσας διπλωματικής εργασίας να κατανοήσει τι ακριβώς εκφράζει αφού εμφανίζεται με τη κωδικοποίηση από την ΕΣΥΕ. Με τη **χρήση** του προγράμματος Excel των Windows το παραπάνω ερώτημα πήρε τη μορφή πίνακα ορισμένοι εκ των παρουσιάζονται παρακάτω.

Όπως ήταν φυσικό επιλέχθηκαν μερικά στοιχεία οδικών ατυχημάτων τα οποία κατά τη κρίση του ερευνητή θεωρήθηκαν ως τα σημαντικότερα, για να δημιουργηθούν οι αρχικοί συγκεντρωτικοί πίνακες που θα αποτελούσαν τη βάση για να καταλήξει τελικά η έρευνα στο τελικό αποτέλεσμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι παράγοντες όπως το οδικό περιβάλλον ήταν στην αρχική εκλογή παραμέτρων που επιδρούν στα οδικά ατυχήματα ο οποίος όμως απορρίφθηκε. Αιτία αποτέλεσε το γεγονός ότι το οδικό περιβάλλον ως αιτία για οδικά ατυχήματα είναι σημαντικός παράγοντας μετά το χρήστη της οδού αλλά επιδέχεται επεμβάσεις ευκολότερα από ότι οι άλλοι παράγοντες πρόκλησης ατυχημάτων, με αποτέλεσμα να μην λαμβάνεται υπ' όψη στη παρούσα έρευνα. Τα οδικά στοιχεία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με τους άλλους παράγοντες που σχετίζονται με τον χρήστη της οδού, το όχημα, την κυκλοφορία και το περιβάλλον για να επηρεάσουν κατά ιδιαίτερο τρόπο κάθε φορά, τη συχνότητα και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Είναι κατά συνέπεια πολύ δύσκολο να ξεχωρίσει κανείς την επίδραση καθενός από αυτά τα στοιχεία.

Στον πίνακα 4.2 που ακολουθεί προκύπτει ότι η **πλαγιομετωπική σύγκρουση** ακόμη και συνθήκες ανωφέρειας είναι ο πιο **συχνός τύπος** οδικών ατυχημάτων που αντιστοιχεί στο 37% για κατοικημένη περιοχή και στο 27,8% για μη κατοικημένη περιοχή. Η εξήγηση του φαινομένου αυτού της μείωσης του ποσοστού βρίσκεται πιθανώς στο γεγονός της αντίστοιχης **μείωσης της ταχύτητας κυκλοφορίας** από το εθνικό προς το αστικό οδικό δίκτυο και κατά συνέπεια της μείωσης της σφοδρότητας της σύγκρουσης και των συνεπειών της για τα εμπλεκόμενα στο ατύχημα πρόσωπα. Σημειώνεται

ακόμα ότι αντίθετα με την επικρατούσα αντίληψη οι μετωπικές συγκρούσεις δεν είναι απαραίτητα η αιτία για επικίνδυνα ατυχήματα. Η παραπάνω διαπίστωση είναι ιδιαίτερα έντονη σε **κατοικημένες περιοχές** όπου λόγω των χαμηλών ταχυτήτων οι μετωπικές συγκρούσεις εμφανίζονται σε ποσοστό 5% ενώ στις μη κατοικημένες περιοχές οι μετωπικές συγκρούσεις είναι αιτία επικίνδυνων ατυχημάτων με ποσοστό 11% υπάρχουν όμως τύποι ατυχημάτων που οδηγούν σε σοβαρότερα ατυχήματα.

Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι το 13.7% των ατυχημάτων αντιστοιχεί σε **πλάγια σύγκρουση** σε αστικό δίκτυο. Από τον πίνακα είναι εμφανές ότι οι επικινδυνότεροι τύποι ατυχημάτων σε ανωφέρεια είναι η πλάγια σύγκρουση, παράσυρση πεζού και η πλαγιομετωπική σύγκρουση για το αστικό οδικό δίκτυο. Αντίθετα το **μικρότερο βαθμό** επικινδυνότητας εμφανίζουν η εκτροπή από την οδό και η μετωπική σύγκρουση. Για περιοχές **εκτός κατοικημένων** περιοχών μεγάλα ποσοστά εμφανίζει και πάλι η πλαγιομετωπική σύγκρουση 27%, η εκτροπή από την οδό με 22% ενώ μικρό ποσοστό παρουσιάζει η πλάγια σύγκρουση με 4,6%. Τέλος παρατηρείται ότι σημαντικό ποσοστό των οδικών ατυχημάτων αποτελεί η παράσυρση πεζού που αντιστοιχεί στο 21% των ατυχημάτων για κατοικημένες περιοχές και 8% σε μη κατοικημένες. Είναι γνωστό ότι οι **πεζοί είναι από τους πιο ευάλωτους** χρήστες της οδού, καθώς η εμπλοκή τους σε οδικό ατύχημα έχει αυξημένη πιθανότητα τραυματισμού ή θανάτου ως αποτέλεσμα της ανεπαρκούς προστασίας τους μέσω του χωρικού διαχωρισμού τους από το όχημα.

Αυτό **συμβαίνει** κυρίως σε αστικά οδικά δίκτυα όπου εκτός από τη μορφή ελέγχου της σηματοδότησης για πεζούς, τις συνθήκες φωτισμού διασταύρωσης, του φόρτου των οχημάτων και της σύνθεσης της κυκλοφορίας κύριος παράγοντας επιρροής στην ασφάλεια των πεζών είναι και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού.

Ο πίνακας 4.3 που ακολουθεί αναφέρεται κυρίως στον **τύπο οχήματος** και τη συμμετοχή σε οδικό ατύχημα σε συνθήκες κατωφέρειας. Όπως προκύπτει παρατηρείται ότι τα **επιβατικά αυτοκίνητα** παρουσιάζουν μεγαλύτερο δείκτη επικινδυνότητας με ποσοστό συμμετοχής 53,5% για κατοικημένη περιοχή και 58,2% σε εθνικό δίκτυο από τα φορτηγά που εμφανίζουν ποσοστά 8,3% και 17,9% αντίστοιχα. Ο **δείκτης επικινδυνότητας** μπορεί να αυξάνει με την αύξηση ισχύος των επιβατικών και του ωφέλιμου φορτίου των φορτηγών αυτοκινήτων, κάτι που στις συνθήκες κατωφέρειας έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας των οχημάτων με αποτέλεσμα η σύγκρουση να είναι σφοδρότερη και με καταστροφικές συνέπειες για τους επιβαίνοντες στα οχήματα.

Παράλληλα αξίζει να σημειωθεί ότι το μικρότερη συχνότητα εμπλοκής σε οδικά ατυχήματα εμφανίζουν τα **λεωφορεία** με ποσοστά 1,6% για το αστικό δίκτυο και 1,3% για το εθνικό. Όπως προκύπτει από την ανάλυση των στοιχείων που εμφανίζονται στον πίνακα στο 27,1% των ατυχημάτων υπήρχε εμπλοκή δίτροχων σε κατοικημένη περιοχή ενώ στο εθνικό οδικό δίκτυο η συμμετοχή των δίτροχων φτάνει στο 12,4%. Η σημαντική διακύμανση των ποσοστών αυτών που παρουσιάζεται ανάμεσα στο αστικό και στο εθνικό οδικό δίκτυο εξηγείται από το γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία της κυκλοφορίας των δίτροχων γίνεται εντός κατοικημένων περιοχών από ότι στις μη κατοικημένες.

Σημαντική διαφοροποίηση παρατηρείται επίσης στην συχνότητα συμμετοχής σε οδικά ατυχήματα των **δικύκλων** ανάμεσα μικρού και μεγάλου κυβισμού. Έτσι ενώ για δίτροχα μέχρι και πενήντα κυβικών εκατοστών το ποσοστό συμμετοχής σε ατύχημα είναι 6,5% σε αστικό οδικό δίκτυο το ποσοστό εμπλοκής σε ατύχημα δίτροχου από πενήντα κυβικών εκατοστών και πάνω αυξάνει στο δραματικά φτάνοντας στο 27,1%. Το φαινόμενο αυτό **εξηγείται** ότι, αυξάνοντας τα κυβικά ενός οχήματος αυξάνεται η επιτάχυνση, η ταχύτητα που αυτό αναπτύσσει δυσχεραίνοντας ειδικά σε συνθήκες κατωφέρειας την επιβράδυνση με αποτέλεσμα ο χρήστης του δίτροχου να μη μπορεί να αντιδράσει στη περίπτωση εμπλοκής του σε οδικό ατύχημα.

Στον πίνακα 4.4 που ακολουθεί γίνεται αναφορά στα ατυχήματα που συμβαίνουν σε περιπτώσεις **αριστερής στροφής** για κατοικημένη και μη περιοχή. Γενικά και από προηγούμενες έρευνες έχει προκύψει ότι τα ατυχήματα στις αριστερές στροφές σε αστικό οδικό δίκτυο αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των ατυχημάτων. Παρατηρείται λοιπόν από τον πίνακα ότι το **μεγαλύτερο ποσοστό** εμπλοκής σε ατύχημα αριστερής στροφής εμφανίζει το επιβατικό αυτοκίνητο με 53,5%. Η περίπτωση αυτή εξηγείται από το γεγονός ότι η συμμετοχή του συγκεκριμένου τύπου οχήματος στη σύνθεση της κυκλοφορίας είναι αυξημένη καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Αναφορικά με τη **σύνθεση της κυκλοφορίας** αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρείται ιδιαίτερα αυξημένη συμμετοχή δικύκλων στο οδικά ατυχήματα εντός κατοικημένης περιοχής με ποσοστό 27,1% του συνόλου των συμμετεχόντων οχημάτων σε συγκρούσεις κατά την αριστερή στροφή. Όσον αφορά για τα ατυχήματα **εκτός κατοικημένης** περιοχής και πάλι τα επιβατικά οχήματα εμφανίζουν το υψηλότερο ποσοστό με 58,2% εμπλοκής τους σε ατύχημα ενώ αρκετά αυξημένο ποσοστό 17,9% επί του συνόλου των ατυχημάτων παρουσιάζουν και τα φορτηγά αυτοκίνητα.

Το φαινόμενο αυτό ίσως αιτιολογείται από το γεγονός ότι αρκετές φορές **παραβιάζεται** η προτεραιότητα του εθνικού οδικού δικτύου κατά την συμβολή του με δευτερεύοντες δρόμους, από την αντικανονική στροφή αριστερά κυρίως σε ισόπεδες διασταυρώσεις όπου έχει καταγραφεί μεγάλος αριθμός παράνομων αριστερών στροφών και συνεπώς σημειώνεται μεγάλος αριθμός εμπλοκών με αυξημένη συμμετοχή επιβατικών αυτοκινήτων αφού είναι πιο εύκολο για αυτά να πραγματοποιήσουν στροφή σε εθνική οδό. Τα **περισσότερα** από αυτά που συνέβησαν είχαν σαν αποτέλεσμα την είσοδο στο αντίθετο ρεύμα όπου η σύγκρουση με κάποιο από τα διερχόμενα οχήματα ήταν αναπόφευκτη.

Ο πίνακας 4.5 παρουσιάζει μια γενική άποψη της κατανομής του αριθμού συμμετοχής στα οδικά ατυχήματα ανά **ομάδα ηλικίας**, παρουσιάζει δηλαδή τη συμμετοχή της ηλικίας σε ατυχήματα δεξιάς στροφής για το αστικό και το εθνικό οδικό δίκτυο. Υπογραμμίζεται ότι η ηλικία θεωρήθηκε σημαντική αφού από σχετική έρευνα σε όλα τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης προέκυψε ότι τα οδικά ατυχήματα είναι ο **κυριότερος λόγος** θανάτου για τους νέους από 15 έως και 24 χρονών. Ο αριθμός των θανάτων στα ατυχήματα αυτά είναι μεγαλύτερος από τους αριθμούς που αντιστοιχούν στους θανάτους από άλλες ασθένειες των ηλικιών αυτών.

Ο **ρόλος** της ηλικίας στην οδική συμπεριφορά των χρηστών του οδικού δικτύου είναι καθοριστικός. Ο οδηγός ανάλογα με την ηλικία του, έχει αναπτυγμένο σε κάποιο βαθμό το αίσθημα φόβου και την αντίληψη του κινδύνου κατά την οδήγηση, ενώ παράλληλα αντιλαμβάνεται καλύτερα τα γεωμετρικά στοιχεία της οδού. Στη χώρα μας η κατηγορία χρηστών της οδού που συμμετέχει **συχνότερα** σε ατυχήματα δεξιάς στροφής είναι εκείνη που περιλαμβάνει τις ηλικίες από 25 έως 34 ετών. Σε αυτές τις ηλικίες εμφανίζονται υψηλά ποσοστά εμπλοκής τους σε οδικό ατύχημα της τάξεως του 24,7% για κατοικημένη περιοχή και του 23,1% για μη κατοικημένη περιοχή. Αυτό έχει βάση στο γεγονός ότι οι οδηγοί μικρής ηλικίας, από 19 έως 34 ετών δηλώνουν στη πλειοψηφία τους ότι γενικά δεν τηρούν τα όρια ταχύτητας. Το γεγονός αυτό έχει να κάνει αρκετές φορές και με το **κυβισμό** του αυτοκινήτου. Πολλές φορές και κυρίως οι νέοι οδηγοί δε σέβονται τα όρια ταχύτητας λόγω των δυνατοτήτων των οχημάτων τους υποστηρίζοντας ότι μπορεί να αντεπεξέλθει σε δύσκολες καταστάσεις κατά την οδήγηση.

Αντίθετα οι μεγάλοι σε ηλικία οδηγοί 60 ετών και άνω εμφανίζουν μικρότερο ποσοστό συμμετοχής σε οδικό ατύχημα αντιλαμβάνοντας ίσως καλύτερα τον κίνδυνο που μπορεί να υπάρχει σε μια δεξιά στροφή, οδηγώντας με χαμηλότερη ταχύτητα και γιατί η πλειοψηφία των οδηγών της κατηγορίας αυτής σε γενικές γραμμές τηρεί τα όρια ταχύτητας.

Στον πίνακα 4.6 παρουσιάζονται οι **συνθήκες φωτισμού** και η επιρροή τους σε οδικά ατυχήματα. Με τον όρο συνθήκες φωτισμού η ΕΣΥΕ αναφέρεται στη χρονική στιγμή κατά την οποία συνέβη το ατύχημα με το αν δηλαδή αυτό έγινε τη χαραυγή, το σούρουπο ή τη διάρκεια της νύχτας. Παρατηρείται ότι η συχνότητα να συμβεί ατύχημα πλαγιομετωπικής σύγκρουσης κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι μικρότερη από ότι κατά τη διάρκεια της μέρας με ποσοστό 29,9% και 36,5% αντίστοιχα. Η **πιθανή εξήγηση** του φαινομένου αυτού είναι ότι τη νύχτα ο κυκλοφοριακός φόρτος των οδών είναι μικρότερος, με αποτέλεσμα να μειώνεται η πιθανότητα σύγκρουσης οχημάτων, αλλά και ότι το διερχόμενο όχημα εντοπίζεται ευκολότερα από τους υπόλοιπους χρήστες της οδού από τα φώτα του, μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό τη περίπτωση μετωπικής σύγκρουσης.

Αντίθετα η παράσυρση πεζού κατά τη διάρκεια της νύχτας φτάνει σε ποσοστό το 14,9% γεγονός που καθιστά τον τύπο αυτό του ατυχήματος δεύτερο σε βαθμό συχνότητας μετά την πλαγιομετωπική σύγκρουση. Παράλληλα η συχνότητα να συμβεί ατύχημα κατά τη διάρκεια της νύχτας μειώνεται ακόμα περισσότερο στη περίπτωση οδών με επαρκή φωτισμό από ότι να έχουμε εμπλοκή οχημάτων κατά τη διάρκεια της μέρας.

Τα περισσότερα ατυχήματα συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της μέρας με ποσοστό 59,5% επί του συνόλου των οδικών ατυχημάτων, επιβεβαιώνοντας έτσι τη σχέση των ατυχημάτων με τις συνθήκες φωτισμού της οδού κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα πιο **επικίνδυνα οδικά** ατυχήματα στο αστικό οδικό δίκτυο συμβαίνουν τις πρωινές ώρες όπου ο φόρτος είναι συνήθως ελάχιστος αλλά αναπτύσσονται υψηλές ταχύτητες και παράλληλα εμφανίζουν υψηλή συχνότητα και άλλοι παράγοντες που επιδρούν στα ατυχήματα όπως η υπνηλία, η μέθη και η μειωμένη ορατότητα.

Ο πίνακας 4.7 αναφέρεται στον **αριθμό λωρίδων** ανά κατεύθυνση ανά τύπο ατυχήματος, αφού παλιότερη έρευνα αναφορικά με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα σοβαρότερα ατυχήματα συμβαίνουν σε κόμβους όπου οι οδοί που συμβάλλουν έχουν δύο ή περισσότερες λωρίδες. **Προκύπτει** ότι τα ατυχήματα που παρουσιάζουν υψηλότερη συχνότητα συμβαίνουν σε οδούς μη κατοικημένων περιοχών οι οποίες είναι διπλής κατεύθυνσης με μια λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Βασική αιτία είναι η απουσία διαχωριστικής νησίδας ή στηθαίου ασφαλείας.

Έτσι επειδή στο εθνικό οδικό δίκτυο οι ταχύτητες που αναπτύσσουν τα οχήματα είναι υψηλές η συχνότητα των ατυχημάτων μειώνεται όταν υπάρχει διαχωριστική νησίδα αφού αποφεύγονται οι μετωπικές συγκρούσεις με ποσοστό συμμετοχής σε ατύχημα το 11,1%. Θα πρέπει όμως να **αναφερθεί** ότι στη περίπτωση που συναντάται αλλαγή διατομής στο υπεραστικό δίκτυο με κρασπεδωμένη νησίδα που όμως δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις της οδικής ασφάλειας η συχνότητα εμπλοκής ακόμα και για οδούς με δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση αυξάνεται σημαντικά.

Επίσης προκύπτει ότι ο **αριθμός των ατυχημάτων μειώνεται** όταν ο αριθμός λωρίδων από μια γίνεται δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση, αισθητή όμως πτώση του αριθμού των ατυχημάτων προκύπτει από τρεις λωρίδες ανά κατεύθυνση και πάνω πιθανότατα γιατί το πλάτος της οδού έχει αυξηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό γεγονός που επιτρέπει να γίνονται πιο εύκολα και πιο σίγουρα οι ελιγμοί των οχημάτων είτε για στάθμευση παραπλεύρως της οδού, είτε για προσπέραση του προπορευόμενου οχήματος. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η πιθανότητα εμπλοκής του οχήματος σε οδικό ατύχημα.

Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι έχουν δημιουργηθεί αρκετοί ακόμη πίνακες μέσω των οποίων έγινε η επιλογή των παραμέτρων και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών που στη συνέχεια εισήχθησαν στο μαθηματικό πρότυπο, οι οποίοι δεν παρατίθενται και δεν σχολιάζονται σε αυτό το κεφάλαιο. Η παράθεση τόσο αυτών, όσο και των υπολοίπων γίνεται στο παράρτημα 1, όπου ο αναγνώστης παραπέμπεται για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τους πίνακες που αποτέλεσαν τη βάση της διπλωματικής εργασίας. Μετά ακολούθησε ο έλεγχος των ποσοστών των πινάκων αυτών όσον αφορά τα επιτρεπτά όρια στα οποία πρέπει να κυμαίνονται για να είναι αποδεκτά και χρήσιμα για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Τέλος **ολοκληρώνοντας** τη παραπάνω διαδικασία δημιουργήθηκε η βάση εισόδου για την στατιστική επεξεργασία των χαρακτηριστικών με το λογισμικό πρόγραμμα SPSS, που αναπτύσσεται στο επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

5.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ SPSS

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας διπλωματικής εργασίας η **στατιστική επεξεργασία** των στοιχείων της βάσης δεδομένων της ΕΣΥΕ πραγματοποιήθηκε με τη στατιστική μέθοδο της **γραμμικής παλινδρόμησης** (linear regression), με σκοπό την ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου. Η μέθοδος αυτή είναι ευρέως διαδεδομένη με αποτέλεσμα να περιλαμβάνεται στη πλειοψηφία των στατιστικών λογισμικών που αυτή τη στιγμή υπάρχουν στη διεθνή αγορά. Χαρακτηριστικά θα μπορούσε να αναφερθεί το SPSS, το SIS, ακόμα και το EXCEL, τα οποία είναι μερικά από τα στατιστικά πακέτα που παρέχουν τη συγκεκριμένη δυνατότητα και τυγχάνουν ευρείας χρήσης στην έρευνα στις μεταφορές. Στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο υπάρχει η δυνατότητα χρήσης του πρώτου και του τρίτου λογισμικού. Εκείνο το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως το πιο πλήρες για τους σκοπούς της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας και το οποίο ήταν δοκιμασμένο ότι μπορούσε να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις παρόμοιων ερευνών με τη παρούσα, ήταν το **λογισμικό SPSS**.

Για τη **λειτουργία** του προγράμματος απαιτείται ο **καθορισμός τριών αρχείων**: το αρχείο δεδομένων εισόδου (data editor file), το αρχείο ελέγχου (control file) και το αρχείο αποτελεσμάτων (SPSS viewer). Από αυτά, τα δύο πρώτα είναι αρχεία που περιέχουν στοιχεία, ενώ το τρίτο είναι κενό και είναι εκείνο στο οποίο θα καταχωρηθούν τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης.

Πιο συγκεκριμένα, το αρχείο εισόδου είναι το αρχείο που **περιλαμβάνει** τα δεδομένα της έρευνας όπως αυτά έχουν προκύψει από την επεξεργασία των στοιχείων της βάσης της ΕΣΥΕ. Το αρχείο ελέγχου είναι εκείνο στο οποίο

καθορίζονται από τον χρήστη οι μεταβλητές που περιέχονται στο αρχείο εισόδου όπου με τον όρο καθορίζονται, εννοείται η επιλογή ποια από τις μεταβλητές θα είναι η ανεξάρτητη και ποιες οι εξαρτημένες, καθώς επίσης και η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης που αναμένεται να χρησιμοποιηθεί για τη στατιστική επεξεργασία. Θα μπορούσε να το χαρακτηρίσει κανείς ως κώδικα επικοινωνίας μεταξύ του χρήστη και του λογισμικού. **Περιέχει** δηλαδή μια σειρά από χρήσιμες πληροφορίες προκειμένου το πρόγραμμα να ολοκληρώσει με επιτυχία τη στατιστική ανάλυση των στοιχείων που περιέχονται στο αρχείο δεδομένων εισόδου (data editor file).

5.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Είναι σαφές ότι **περισσότεροι** από ένας παράγοντες συμβάλλουν σε ένα οδικό ατύχημα. Η διερεύνηση των αιτιών των οδικών ατυχημάτων προϋποθέτει συνδυασμένη και λεπτομερή ανάλυση όλων των παραγόντων των οδικών ατυχημάτων. Η **ποσοτικοποίηση** της επιρροής των παραγόντων οδικής ασφάλειας θα πρέπει να **βασίζεται σε πολυπαραμετρική** ανάλυση (multivariate analysis) στην οποία η επιμέρους επίδραση κάθε παράγοντα υπολογίζεται με ταυτόχρονη θεώρηση των υπολοίπων. Τα αποτελέσματα μονοπαραμετρικών αναλύσεων δεν μπορούν να οδηγήσουν σε ορθά, συμπεράσματα, καθώς οι παράγοντες σχετίζονται μεταξύ τους και επηρεάζουν με ιδιαίτερο τρόπο κάθε φορά τη συχνότητα, τη σοβαρότητα και τον τύπο των οδικών ατυχημάτων.

Η **ποιότητα της ανάλυσης** των τάσεων των ατυχημάτων και των προβλημάτων οδικής ασφάλειας εξαρτάται από τη **διαθεσιμότητα** των στοιχείων. Κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων των πολυπαραμετρικών αναλύσεων σε σχέση με την επίδραση των διαφόρων παραγόντων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ανεπάρκεια στοιχείων για τις μεταβλητές. Συγκεκριμένα, στοιχεία για κάποιες από τις σπουδαιότερες μεταβλητές που αφορούν τη συμπεριφορά του χρήστη της οδού και συνδέονται με τα ατυχήματα συχνά δεν είναι γνωστά.

Τέλος για τον προσδιορισμό της **επίδρασης** κάθε παράγοντα, εκτός από τα στοιχεία ατυχημάτων και κάποιων μεταβλητών που αφορούν την οδική συμπεριφορά του χρήστη της οδού, είναι **απαραίτητα** και τα δεδομένα για την έκθεση (exposure) στους **κινδύνους** κυκλοφορίας. Η διαθεσιμότητα των στοιχείων που αφορούν στην έκθεση στους κινδύνους της κυκλοφορίας απαιτεί συστηματική και συντονισμένη προσπάθεια.

Για τη συγκρότηση του αρχείου **δεδομένων εισόδου** απαιτείται προηγουμένως η δημιουργία ενός πίνακα από τον οποίο με κατάλληλες μικρές μετατροπές θα προκύψει το εν λόγω αρχείο. Ευνόητο είναι ότι η μορφή του συγκεκριμένου πίνακα **σχετίζεται** άμεσα με τη μορφή και το μέγεθος των δεδομένων. Για το λόγο αυτό παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία που αφορούν τα δεδομένα της συγκεκριμένης έρευνας, ώστε να είναι ευκολότερη η κατανόηση του τρόπου δημιουργίας του εν λόγω πίνακα.

Αρχικά στο πρόγραμμα Access κατασκευάστηκε ένας πίνακας ο οποίος αποτελεί **υποσύνολο** του αρχικού πίνακα της βάσης δεδομένων από την ΕΣΥΕ. Μέρος του πίνακα αυτού παρουσιάζεται παρακάτω (πίνακας 5.1), αφού ο συνολικός πίνακας που προκύπτει αποτελείται από 16.482 γραμμές γεγονός που καθιστά αδύνατη τη συνολική παρουσία του. Ο πίνακας αυτός περιέχει **στοιχεία για τα οδικά ατυχήματα** των τελευταίων τεσσάρων χρόνων από το 1996 έως και το 1999 όπως αυτά καταγράφηκαν και κωδικοποιήθηκαν ώστε να αποτελέσουν την βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ.

Συγκεκριμένα, στις **τελευταίες στήλες** του πίνακα αυτού περιέχονται οι αριθμοί των ατυχημάτων που αντιστοιχούν στον σύνολο των ατυχημάτων που έγιναν τα χρόνια 1996 έως 1999, με βάση το συνδυασμό των μεταβλητών που επιλέχθηκαν για τη μελέτη του προβλήματος. Από τον πίνακα αυτών επιλέχθηκαν οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση των μαθηματικών εξισώσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μέγεθος του δείγματος για το πρώτο μαθηματικό πρότυπο που συσχετίζει τα ατυχήματα με τη μηκοτομή ήταν 1.600 σειρές, ενώ το αντίστοιχο για το δεύτερο μαθηματικό πρότυπο που συσχετίζει την οριζοντιογραφία με τα οδικά ατυχήματα ήταν 1.440 σειρές.

5.2.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Στις διάφορες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί έως σήμερα σχετικά με τα ατυχήματα και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού είτε στην Ευρώπη, είτε στην Αμερική έχει **επιλεγεί** στις παλινδρομήσεις ως **εξαρτημένη** μεταβλητή ο **αριθμός των ατυχημάτων** που προκαλούνται σε ένα οδικό δίκτυο.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται ως εξαρτημένη μεταβλητή η **συχνότητα των οδικών ατυχημάτων** (αριθμός ατυχημάτων) που συμβαίνουν στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας και στις δυο κατευθύνσεις. Γίνεται μια προσπάθεια διερεύνησης της σχέσης των οδικών ατυχημάτων κατά μήκος του οδικού μας δικτύου εκτός κατοικημένων περιοχών, ώστε να **δοθεί** μια όσο το δυνατόν περισσότερο **ολοκληρωμένη** εικόνα της επίδρασης των εξεταζόμενων παραμέτρων στη συχνότητα πρόκλησης των ατυχημάτων.

Η εξέταση της **συχνότητας** των οδικών ατυχημάτων έγινε αρχικά ώστε να προσδιοριστεί η **σχέση της** με την οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή της οδού και στη συνέχεια να προσδιοριστεί μέσα από τις εξισώσεις η επιρροή σε αυτή της ηλικίας του οδηγού, του αριθμού των λωρίδων ανά κατεύθυνση, η ύπαρξη κεντρικής νησίδας και η διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού.

5.2.2 ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν προέκυψαν από τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.1 Σύνολο εξεταζόμενων χαρακτηριστικών

ascent	descent	left turn	right turn	direction markings	level crossing	median	vehicle type 3	number of lanes/direction	area type	age	number of directions	96	97	98	99
1			2	3	2	2	2	1	2	52	2		1		
1			2	3	2	2	6	1	2	44	2		1		1
1		1		1	2	2	1	1	2	27	2	1			1
1		1		1	2	2	1	2	2	18	2			1	
1			2	2	2	2	1	2	1	39	1				
1			1	2	2	1	1	2	1	55	1				
1		1	1	2	2	1	1	2	2	38	2	3	3	1	
1		1	1	2	2	1	2	2	2	33	1				
	2		2	2	2	2	1	2	2	19	2	1			
1			1	1	2	1	1	2	2	21	2	2	2		
1			1	1	2	1	2	2	1	26	1	1			
1			1	1	2	2	1	2	1	23	1		1		
	2	2		1	2	2	7	1	2	42	2				1
	2	2		3	2	2	2	1	1	44	2		1		
1				1	1	2	1	1	2	48	2	1	2		1
1				1	1	2	1	2	2	50	2	2	1		

Κάθε μια από τις παραπάνω στήλες του συγκεκριμένου πίνακα εκτός από τις τέσσερις τελευταίες, **αναφέρεται** σε μια παράμετρο η οποία μπορεί να επιδρά στη συχνότητα των ατυχημάτων, αλλά και στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού. Η κάθε μεταβλητή είναι κωδικοποιημένη κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να αποτελέσει μεταβλητή του προβλήματος. Άρα οι προηγούμενες στήλες **περιέχουν** τις κωδικοποιημένες μεταβλητές της βάσης δεδομένων από την ΕΣΥΕ και οι οποίες αποτελούν τα στοιχεία εκείνα που θα εξεταστούν από την παρούσα διπλωματική εργασία ως προς τη συμμετοχή τους στη συχνότητα εμφάνισης των ατυχημάτων. Οι **τελευταίες τέσσερις** στήλες συμπληρώθηκαν από τον αριθμό των ατυχημάτων που έγιναν τα τελευταία

τέσσερα χρόνια για τις παραμέτρους και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδών σε κατοικημένη και μη κατοικημένη περιοχή, η συμβολή των οποίων στην ύπαρξη ατυχημάτων θεωρήθηκε σημαντική.

Σε αυτό το στάδιο **επελέγησαν** οι παράμετροι, οι οποίες θα χρησιμοποιούνταν ως ανεξάρτητες μεταβλητές στη γραμμική παλινδρόμηση με τον αριθμό των ατυχημάτων ως εξαρτημένη μεταβλητή.

Παρακάτω παρουσιάζεται το **σύνολο** των ανεξάρτητων μεταβλητών που εξετάσθηκαν από την βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ και οι οποίες απαρτίζουν τις στήλες του πίνακα που αναφέρεται στη παράγραφο 5.2.2

Age	:Ηλικία οδηγού χωρίς κατηγοριοποίηση στις ηλικίες όπως είναι στη βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ
Area type	:Τύπος περιοχής 1 αν ήταν εντός κατοικημένης και 2 αν ήταν εκτός
Number of direction	:Αριθμός κατευθύνσεων 1 για μια κατεύθυνση και 2 για δύο κατευθύνσεις
Number of lanes/direction	:Αριθμός λωρίδων ανά κατεύθυνση με 1 για μια έως 6 λωρίδες ανά κατεύθυνση
Vehicle type	:Τύπος οχήματος 1 για επιβατικό, 2 για φορτηγό, 3 για λεωφορείο, 4 για ποδήλατο, 5 και 6 για δίκυκλο και 7 για άλλο τύπο οχήματος
Median	:1 για ύπαρξη κεντρικής νησίδας και 2 χωρίς κεντρική νησίδα
Level crossing	:1 για ισόπεδη διασταύρωση και 2 για μη ισόπεδη

Direction markings	:1 αν η διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού είναι ευκρινής, 2 αν είναι μη ευκρινής και 3 αν δεν υπάρχει καθόλου διαγράμμιση
Right turn	:1 αν η δεξιά στροφή είναι ομαλή και 2 αν είναι κλειστή
Left turn	:1 αν η αριστερή στροφή είναι ομαλή και 2 αν είναι κλειστή
Descent	:1 αν έχουμε ομαλή κατωφέρεια και 2 αν είναι με μεγάλη κλίση
Ascent	:1 αν πρόκειται για ομαλή ανωφέρεια και 2 αν είναι με μεγάλη κλίση

Για την **εισαγωγή** των δεδομένων στο στατιστικό πρόγραμμα SPSS έπρεπε τα στοιχεία να είναι **κωδικοποιημένα** κατά τρόπο ώστε να ήταν αναγνώσιμα από αυτό. Η κωδικοποίηση που είχε κάνει η ΕΣΥΕ ήταν **φιλική** με το περιβάλλον του προγράμματος γεγονός που έκανε την εισαγωγή δεδομένων ευκολότερη και λιγότερο χρονοβόρα.

Όλες δηλαδή οι μεταβλητές είναι διακριτές με τιμές από 1-6 ανάλογα με τον αριθμό των προτεινόμενων κατηγοριών. Με αυτό **τον τρόπο δημιουργήθηκε** ο παραπάνω πίνακας που αποτελεί τη βάση για τη δημιουργία του αρχείου δεδομένων εισόδου για καθεμία από τις δοκιμές που έγιναν στη φάση ανάπτυξης του στατιστικού προτύπου.

5.2.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Το επίπεδο της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα είναι **σχετικά χαμηλό** χωρίς τάση βελτίωσης του την τελευταία δεκαπενταετία. Η οδική ασφάλεια δεν είναι ομοιόμορφη στο σύνολο των περιοχών της χώρας. Τόσο ο αριθμός των

οδικών ατυχημάτων όσο και η σοβαρότητα τους ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και κατά συνέπεια κάθε επέμβαση για τη βελτίωσή της οδικής ασφάλειας πρέπει να λαμβάνει σοβαρά υπόψη τη γεωγραφία της επικινδυνότητας του οδικού δικτύου της Ελλάδας. Η επιμέρους ανάλυση των παραγόντων των οδικών ατυχημάτων αφορά ξεχωριστά το αστικό και το υπεραστικό οδικό δίκτυο. Ο διαχωρισμός αυτός έγινε γιατί η **επιρροή του** είδους της οδού στον δείκτη ατυχημάτων φαίνεται να είναι **ιδιαίτερα** σημαντική, όπως προκύπτει από άλλες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί τόσο στον Ελληνικό, όσο και στο διεθνές χώρο.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ερευνών διεθνώς οι **δείκτες** για το σύνολο των ατυχημάτων είναι **υψηλότεροι** για τις αστικές οδούς λόγω της συγκέντρωσης πυκνών διασταυρώσεων των κυκλοφοριακών ροών στις αστικές περιοχές, ενώ οι δείκτες **θανατηφόρων** ατυχημάτων και ατυχημάτων με σοβαρούς τραυματισμούς είναι υψηλότεροι στις υπεραστικές οδούς λόγω, κυρίως, των υψηλότερων ταχυτήτων. Οι παράγοντες των οποίων εξετάζεται η επίδραση στη συχνότητα πρόκλησης ατυχημάτων αφορούν στοιχεία του οδικού δικτύου και της ηλικίας του οδηγού. Τα πιο **σοβαρά ατυχήματα** συμβαίνουν στις εθνικές οδούς όπου η σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων είναι διπλάσια από τη μέση σοβαρότητα των ατυχημάτων στο σύνολο του οδικού δικτύου ενώ αντίθετα η σοβαρότητα των ατυχημάτων περιορίζεται σημαντικά στις κατοικημένες περιοχές.

Παράλληλα οι εθνικές οδοί αποτελούν το **κορμό του υπεραστικού δικτύου**, δέχονται τους μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους, έχουν παρόμοια γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά και ως επί το πλείστον χαρακτηρίζονται από παρόμοιου τύπου προβλήματα οδικής ασφάλειας. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των υπεραστικών οδών που είναι σχεδιασμένες με χαμηλές ταχύτητες μελέτης και μικρότερους κυκλοφοριακούς φόρτους, δεν ανταποκρίνονται στα σημερινά κυκλοφοριακά δεδομένα και συχνά κρίνονται ανεπαρκή (λανθασμένες ακτίνες και επικλίσεις, μικρά μήκη ορατότητας, ακατάλληλα έως ανύπαρκτα τόξα ορατότητας, αυξομείωση του πλάτους της διατομής ως προς το πλάτος της λωρίδας και τον αριθμό των λωρίδων,

ασυνέχεια χωρίς προειδοποιήσεις στη πορεία κάθε λωρίδας, ανυπαρξία ερεισμάτων).

Όλα τα παραπάνω **οδήγησαν την παρούσα έρευνα** να στρέψει το ενδιαφέρον της και να μελετήσει τη συχνότητα πρόκλησης οδικών ατυχημάτων στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της χώρας μας. Από τον αρχικό πίνακα λοιπόν που περιείχε στοιχεία για τις οδούς τόσο εντός κατοικημένων περιοχών όσο και για εκτός προέκυψε ένας καινούργιος πίνακας με τις ίδιες παραμέτρους με το αρχικό που αφορούσε όμως μόνο τα ατυχήματα των υπεραστικών οδών.

Ταυτόχρονα από μια προσεκτικότερη ανάλυση των ατυχημάτων στο σύνολο της βάσης δεδομένων παρατηρήθηκε **αύξηση** των ατυχημάτων στις δεξιές στροφές από πλευράς στοιχείων οριζοντιογραφίας, ενώ για τα στοιχεία της μηκοτομής περισσότερα ατυχήματα εμφανίζονται στις περιπτώσεις όπου επικρατούν συνθήκες κατωφέρειας. Από τις παραπάνω παρατηρήσεις επιδιώχθηκε από την παρούσα έρευνα να **εξετασθεί** μέσω της εφαρμογής ενός μαθηματικού προτύπου πώς οι παραπάνω μεταβλητές σε συνδυασμό με κάποιες άλλες παραμέτρους όπως η ηλικία, η ύπαρξη κεντρικής νησίδας, επηρεάζουν τη συχνότητα εμφάνισης ατυχημάτων στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας.

Κατά την εισαγωγή των δεδομένων στον υπολογιστή, **πραγματοποιήθηκε έλεγχος των δεδομένων** και εντοπίστηκαν κάποιες ανακόλουθες καταχωρήσεις που υπήρχαν στη βάση δεδομένων. Οι καταχωρήσεις αυτές εξαιρέθηκαν από την στατιστική επεξεργασία για να αποφευχθούν πιθανά προβλήματα του κατά τη φάση της ανάλυσης που μπορούσαν να οδηγήσουν σε λανθασμένες εκτιμήσεις των συντελεστών του μαθηματικού προτύπου. Αφού **ολοκληρώθηκε** ο έλεγχος των δεδομένων ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

5.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Σε αυτή τη φάση πραγματοποιήθηκε η στατιστική ανάλυση τους με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression) με τη βοήθεια του λογισμικού SPSS, **με σκοπό την εξαγωγή του μαθηματικού προτύπου**. Όπως έχει αναφερθεί και σε άλλες παραγράφους της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δεν είναι γνωστό εκ των προτέρων ποιες από όλες τις μεταβλητές θα απαρτίζουν το τελικό μαθηματικό πρότυπο. Επίσης πιθανώς το μαθηματικό πρότυπο θα απαρτίζεται από τις μεταβλητές που συλλέχθηκαν από το ΔΟΤΑ και που απαρτίζουν τη βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ και πιθανώς και από έναν ή περισσότερους συνδυασμούς από δύο ή περισσότερες μεταβλητές, όπως για παράδειγμα λόγους, γινόμενα, αθροίσματα και διαφορές. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι σε τέτοια περίπτωση οι σύνθετες μεταβλητές είναι απαραίτητο να έχουν φυσική έννοια, γιατί σε αντίθετη περίπτωση είναι ακατάλληλες για την ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου.

Το ποιες τελικά θα είναι οι οριστικές μεταβλητές θα καθοριστεί από το **στατιστικό δείκτη R^2** και το **δείκτη t** που προκύπτει από τον έλεγχο του (t -test). Συγκεκριμένα ο R^2 αναφέρεται στην καταλληλότητα του προτύπου, δείχνει δηλαδή κατά πόσο μπορούν να συσχετιστούν οι υπολογιζόμενες από το πρότυπο τιμές με αυτές που έχουν προκύψει από την βάση δεδομένων. Όσο πλησιέστερα στη μονάδα είναι η τιμή του R^2 τόσο το καλύτερο, ενώ ικανοποιητικές θεωρούνται τιμές του από 0,30 και πάνω. Σημειώνεται ότι ο δείκτης R^2 δεν μπορεί να ξεπεράσει την μονάδα ούτε να πάρει αρνητικές τιμές.

Ο δείκτης t **αναφέρεται** σε καθένα ξεχωριστά από τους συντελεστές των μεταβλητών και δείχνει αν το **στατιστικό σφάλμα** κατά τον υπολογισμό τους είναι υψηλό σε σχέση με την αριθμητική τους τιμή. Συγκεκριμένα υπολογίζεται ως ο λόγος της μέσης τιμής του συντελεστή (που έχει υπολογιστεί) προς την τυπική απόκλιση. Όσο μεγαλύτερες τιμές παίρνει τόσο καλύτερα για τη σημαντικότητα του συγκεκριμένου συντελεστή. Ελάχιστη τιμή του για την οποία ένας συντελεστής μπορεί να γίνει αποδεκτός στην ανάπτυξη του

μαθηματικού προτύπου, για επίπεδο σημαντικότητας 95% είναι 1,645. Σημειώνεται ότι δεν υπάρχει άνω όριο για το δείκτη t.

Εξαιτίας όλων των παραπάνω λόγων, για την ανάπτυξη του τελικού μαθηματικού προτύπου απαιτείται **μια σειρά δοκιμών**, ώστε τελικά οι παραπάνω στατιστικοί δείκτες να πάρουν αποδεκτές τιμές. Σε καθεμία από τις δοκιμές αυτές χρησιμοποιείται και διαφορετικός συνδυασμός μεταβλητών, τόσο σύνθετων, όσο και απλών. Μετά από κάθε τέτοια δοκιμή **ελέγχονται** οι τιμές των παραπάνω στατιστικών δεικτών και αν δεν είναι αποδεκτές πραγματοποιείται η επόμενη δοκιμή. Η διαδικασία **επαναλαμβάνεται** μέχρις ότου προκύψει μαθηματικό πρότυπο με **αποδεκτές** τιμές των δεικτών αυτών. Αυτή ακριβώς η διαδικασία ακολουθήθηκε και κατά τη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποιες **τεχνικές λεπτομέρειες** για τη διαδικασία των δοκιμών, και αιτιολογείται η χρησιμότητα του πίνακα που αποτελεί τη βάση για το αρχείο δεδομένων εισόδου κάθε δοκιμής.

Ο πίνακας που **αποτέλεσε** τη βάση αρχείου δεδομένων εισόδου (data editor file), περιέχει στοιχεία για όλες τις μεταβλητές οι οποίες επιλέχτηκαν από τον ερευνητή ως τις πιο πιθανές αιτίες συχνότητας των οδικών ατυχημάτων. Έτσι μπορούσαν πολύ εύκολα να **απομονωθούν** σε ένα ξεχωριστό φύλλο εργασίας στο πρόγραμμα Excel, τα δεδομένα για τον επιλεγμένο κάθε φορά συνδυασμό μεταβλητών. Αυτά με μικρές μετατροπές αποθηκεύονταν σε νέο αρχείο και αποτελούσαν το αρχείο δεδομένων εισόδου (data editor file) για τη συγκεκριμένη δοκιμή. Στη συνέχεια **κατασκευαζόταν** το αντίστοιχο αρχείο ελέγχου (control file) όπου επιλέγεται η ανεξάρτητη και οι εξαρτημένες καθώς και η μέθοδος με την οποία θα "έτρεχε" η γραμμική παλινδρόμηση. Στη συνέχεια το SPSS ολοκλήρωνε τη διαδικασία με το αρχείο αποτελεσμάτων (SPSS viewer). Η διαδικασία αυτή **επαναλήφθηκε** τόσες φορές όσες ήταν απαραίτητο για να προκύψει το τελικό μαθηματικό πρότυπο, η παρουσίαση του οποίου γίνεται στο 5^ο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Σαν **τελευταίο βήμα** της στατιστικής ανάλυσης θα μπορούσε να αναφερθεί ο έλεγχος του τελικού προτύπου (το οποίο έχει πλέον ικανοποιητικές τιμές

στους δύο στατιστικούς δείκτες, δηλαδή το R^2 και το t-test), αναφορικά με την ανάλυση των αποτελεσμάτων του. Πιο συγκεκριμένα **πραγματοποιήθηκε** έλεγχος για το αν η τάση που χαρακτηρίζει τα αποτελέσματα του είναι λογική, ή το πρότυπο δίνει εσφαλμένα αποτελέσματα ανεξάρτητα αν οι στατιστικοί δείκτες του έχουν ικανοποιητικές τιμές.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι από κάθε πραγματοποιούμενη δοκιμή προκύπτει ένα μαθηματικό πρότυπο του οποίου ελέγχονται τόσο η τάση που εμφανίζουν τα εξαγόμενα αποτελέσματα, όσο και οι στατιστικοί δείκτες του. Οι **δοκιμές συνεχίζονται** μέχρις ότου προκύψει πρότυπο το οποίο να ικανοποιεί όλους τους παραπάνω ελέγχους. Όταν συνέβη αυτό, είχε πλέον προκύψει το τελικό μαθηματικό πρότυπο το οποίο παρουσιάζεται και σχολιάζεται στο πέμπτο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

5.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Αφού έγιναν οι απαραίτητες δοκιμές και έλεγχοι, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.3, εφαρμόστηκε τελικά η γραμμική παλινδρόμηση και προέκυψε το **πρότυπο "συχνότητας πρόκλησης οδικού ατυχήματος"** συναρτήσει κάποιων βασικών παραμέτρων. Υπολογίζεται δηλαδή με τον τρόπο αυτό, το ποσοστό συμμετοχής στη συχνότητα των ατυχημάτων κάποιων παραγόντων. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες παραγράφους της παρούσας διπλωματικής εργασίας πρέπει η **επιμέρους επιρροή** κάθε παράγοντα να υπολογίζεται με **ταυτόχρονη θεώρηση** των υπολοίπων. Όμως λόγω της έλλειψης διαθεσιμότητας στοιχείων για τις μεταβλητές θεωρήθηκε σκοπιμότερη η **ξεχωριστή** μελέτη των στοιχείων της οριζοντιογραφίας και η επιρροή τους στη συχνότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων, από την επιρροή των στοιχείων της μηκοτομής. Έγιναν αρκετές δοκιμές μέχρι να καταλήξει η έρευνα στα δύο μαθηματικά πρότυπα που παρουσιάζονται παρακάτω. Η προσπάθεια που έγινε είχε ως στόχο να συνδυάσει όσο το δυνατόν περισσότερα χαρακτηριστικά με την ηλικία του εμπλεκόμενου οδηγού δίνοντας μια εκτίμηση για το πως ο συνδυασμός αυτός επηρεάζει τα οδικά ατυχήματα. Σε όλες τις προσπάθειες για εξαγωγή του προτύπου οι παράμετροι δεξιά στροφή, κατωφέρεια και η ηλικία του οδηγού αποτελούσαν

το κορμό των μαθηματικών προτύπων. Αυτές οι τρεις μεταβλητές πλαισιώνονταν με άλλες όπως ο τύπος οχήματος (vehicle type), η ισόπεδη διασταύρωση (level crossing). Οι συνδυασμοί που δοκιμάστηκαν ήταν πάρα πολλοί τις περισσότερες όμως φορές απορρίπτονταν από τον στατιστικό συντελεστή R^2 . Υπήρχαν όμως και περιπτώσεις όπου ενώ ο συντελεστής αυτός έπαιρνε αποδεκτή τιμή, πολλές φορές ακόμα και μεγαλύτερη από 0,7 ο έλεγχος των προσήμων οδηγούσε σε απόρριψη το μαθηματικό πρότυπο αφού έδινε αρνητικό αριθμό ατυχημάτων για όλες τις ηλικίες που εξετάζει η παρούσα έρευνα.

Τα μαθηματικά πρότυπα που έχουν τελικά προκύψει ως αποτέλεσμα της συγκεκριμένης έρευνας παρουσιάζονται στην επόμενη παράγραφο.

5.5 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΩΦΕΡΕΙΑΣ

5.5.1 ΜΟΡΦΩΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΧΕΣΗΣ

Η εισαγωγή των ανεξάρτητων μεταβλητών έδωσε την τελική μαθηματική σχέση για την μηκοτομή με το καλύτερο συντελεστή συσχέτισης. Κάτω από τους συντελεστές των μεταβλητών εμφανίζεται ο αντίστοιχος δείκτης t-ratio.

$$FA = 62,716 - 15,015 \cdot D - 0,12 \cdot A - 8,778 \cdot L - 2,770 \cdot DM \quad (5.1)$$

(18,221) (-10,796) (-5,116) (-12,028) (-3,849)

F_A : Συχνότητα πρόκλησης οδικού ατυχήματος (αριθμός ατυχημάτων)

D : Συνθήκες κατωφέρειας (εύρος τιμών:1-2)

A : Ηλικία παθόντος οδηγού (εύρος τιμών 18-55)

L : Αριθμός λωρίδων ανά κατεύθυνση (εύρος τιμών 1-2)

DM : Διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού (εύρος τιμών 1-3)

Ο στατιστικός συντελεστής R^2 που αναφέρεται στο μαθηματικό πρότυπο έχει τιμή $R^2 = 0,466$. Η τιμή του R^2 μπορεί να χαρακτηριστεί ικανοποιητική (Pindyuck et al.1991). Δεν έχει γίνει σχετική έρευνα όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία που η τιμή του R^2 να ξεπερνά το 0,5. Από τη σχέση αυτή διαφαίνεται πως η συχνότητα πρόκλησης των ατυχημάτων **επηρεάζεται κατά 46,6%** από τις συνθήκες κατωφέρειας, την ηλικία του εμπλεκόμενου στο ατύχημα οδηγού, τον αριθμό των λωρίδων ανά κατεύθυνση και τη διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού. Το ποσοστό αυτό καθιστά το συγκεκριμένο πρότυπο αποδεκτό και αξιόπιστο για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω οι τιμές όλων των στατιστικών δεικτών χαρακτηρίζονται αποδεκτές. Με δεδομένο ότι η **οριακή τιμή του t-ratio** πάνω από την οποία μια μεταβλητή περιέχεται σε ένα μαθηματικό πρότυπο (για επίπεδο σημαντικότητας 95%) είναι 1,645, γίνεται αντιληπτό ότι όλες οι παραπάνω μεταβλητές **επηρεάζουν σημαντικά** τη συχνότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων και πρέπει να συμπεριληφθούν στο πρότυπο. Αυτό ενισχύεται και από το γεγονός ότι σύμφωνα με τις μέχρι τώρα έρευνες αλλά και από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων της ΕΣΥΕ αναφορικά με τη πρόκληση οδικών ατυχημάτων ότι ο αριθμός των τελευταίων είναι αρκετά υψηλός στις περιπτώσεις κατωφέρειας με μεγάλη κλίση.

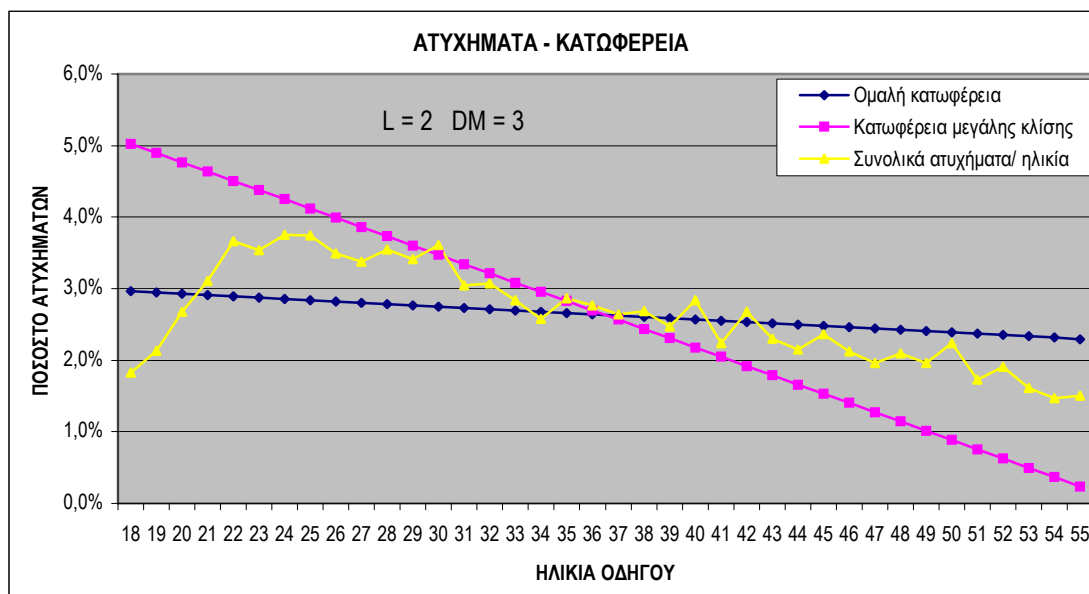
5.5.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η **επιρροή** της κάθε μεταβλητής στη συχνότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων **σχεδιάστηκαν** τα διαγράμματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια. Τα διαγράμματα αυτά προέκυψαν από το μαθηματικό πρότυπο που φαίνεται στη σχέση 5.1 και την ερμηνεία της επιρροής της κάθε μεταβλητής στη συχνότητα των οδικών ατυχημάτων. Εξετάζοντας λοιπόν τα διαγράμματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια,

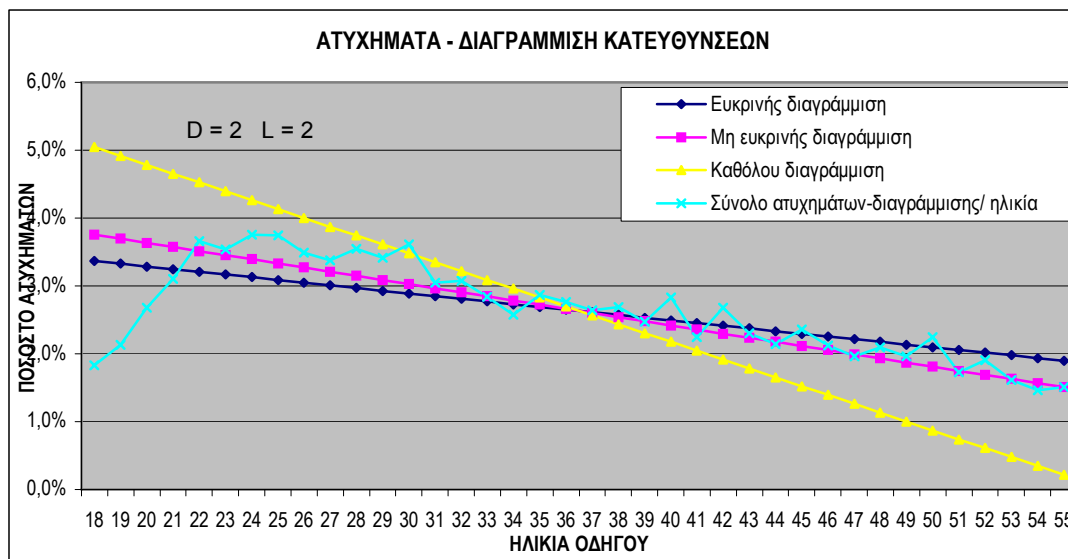
προκύπτουν τα συμπεράσματα που αναφέρονται στις επόμενες παραγράφους.

Στα διαγράμματα 5.5.1 - 5.5.2 - 5.5.3 παρουσιάζεται η σχέση της συχνότητας πρόκλησης ατυχημάτων ανά ηλικία για διάφορα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου. Στα διαγράμματα αυτά φαίνεται όπως άλλωστε προκύπτει και από τη μορφή της μαθηματικής σχέσης του προτύπου, πως η **σχέση ατυχημάτων – ηλικίας** είναι γραμμική, δηλαδή ο ρυθμός μείωσης των ατυχημάτων είναι σταθερός για κάθε μια από τις υπόλοιπες μεταβλητές που απαρτίζουν το πρότυπο. Προκύπτει ότι η επίδραση των μεταβλητών είναι **μεγαλύτερη στους νέους** οδηγούς οι οποίοι παρουσιάζουν μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής στα οδικά ατυχήματα, κάτι που ήταν βέβαια αναμενόμενο αφού η πλειοψηφία των οδηγών που κυρίως χρησιμοποιεί το υπεραστικό οδικό δίκτυο είναι στις ηλικίες από 18 έως 36.

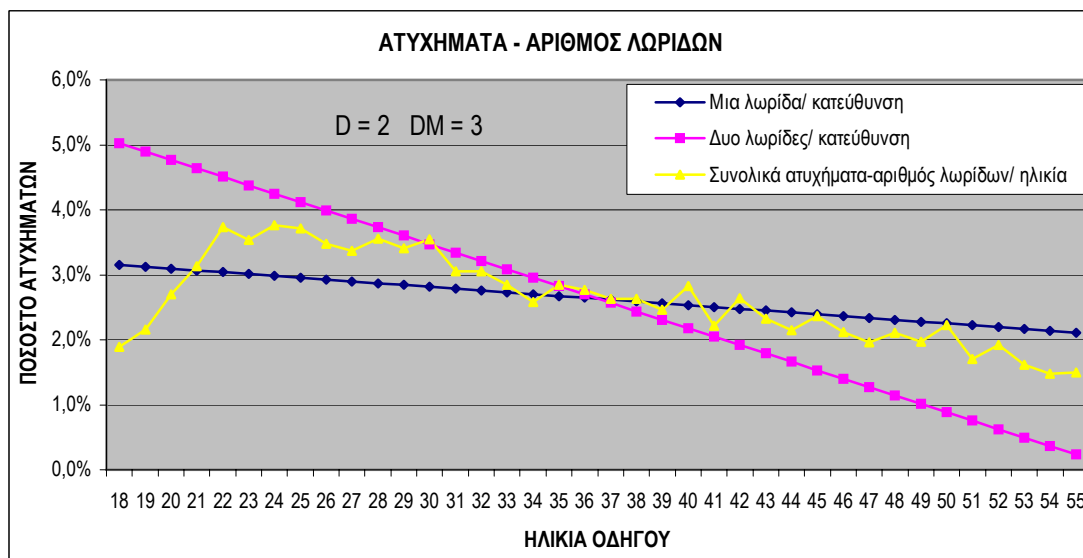
Διάγραμμα 5.5.1. Συσχέτιση ατυχημάτων - κατωφέρειας συναρτήσει ηλικίας, για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση, χωρίς διαγράμμιση κατεύθυνσεων.



Διάγραμμα 5.5.2. Συσχέτιση ατυχημάτων - διαγράμμισης κατευθύνσεων ανά ηλικία, για 2 λωρίδες ανά ατυχημάτων με μη ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων.



Διάγραμμα 5.5.3. Συσχέτιση ατυχημάτων - αριθμού λωρίδων ανά ηλικία σε απότομη κατωφέρεια χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.



5.5.2.α ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΩΦΕΡΕΙΑΣ

Στο διάγραμμα 5.5.1 παρουσιάζεται η επιρροή της κατωφέρειας στα οδικά ατυχήματα. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζεται η **μεταβολή του ποσοστού** των οδικών ατυχημάτων που συμβαίνουν στο υπεραστικό δίκτυο της Ελλάδας, σε

συνάρτηση με την ηλικία του εμπλεκόμενου στο ατύχημα οδηγού και σε συνάρτηση με τη κλίση (ομαλή, μεγάλη) κατωφέρειας.

Στη δημιουργία του διαγράμματος 5.5.1 διατηρήθηκαν σταθερές οι εξής δυο μεταβλητές του προτύπου : $L = 2$ και $DM = 3$. Δηλαδή το συγκεκριμένο διάγραμμα αναφέρεται σε περιπτώσεις οδικών ατυχημάτων ομαλής ή μεγάλης κλίσης κατωφέρειας για οδό δυο λωρίδων ανά κατεύθυνση και καθόλου διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού.

Μελετώντας το διάγραμμα 5.5.1 μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι οι οδηγοί νεαρής ηλικίας εμφανίζονται να **επηρεάζονται σημαντικά** από τις μεγάλες κλίσεις κατωφέρειας με αρκετά υψηλό ποσοστό συμμετοχής στα ατυχήματα. Αντίθετα οδηγοί μεγάλης ηλικίας παρουσιάζονται πιο **προσεκτικοί** στην οδηγική τους συμπεριφορά όταν επικρατούν συνθήκες κατωφέρειας μεγάλης κλίσης, αντίθετα όμως εμφανίζουν υψηλό ποσοστό όταν επικρατούν ομαλές κλίσεις.

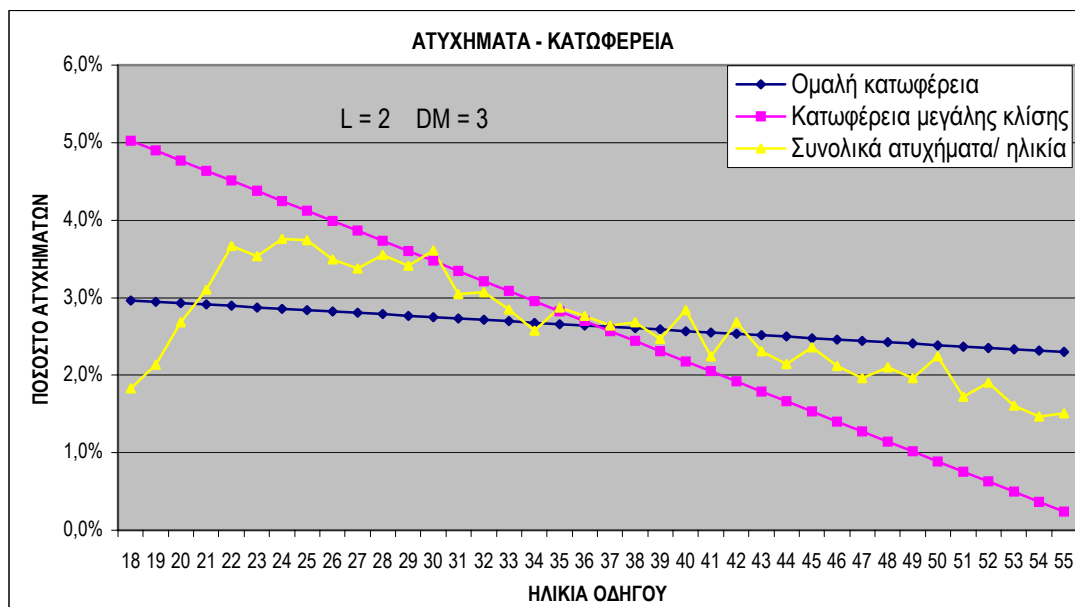
Παρατηρώντας το διάγραμμα αξίζει να σημειωθεί ότι η **κλίση της γραμμής** που **εκφράζει** το ποσοστό των ατυχημάτων στις περιπτώσεις μεγάλης κλίσης κατωφέρειας είναι πιο απότομη από ότι στην ομαλή κατωφέρεια. Η επιρροή των μεγάλων κλίσεων στην κατωφέρεια μιας οδού είναι μεγαλύτερη στις μικρές ηλικίες σε αντίθεση με την επιρροή των ομαλών κλίσεων που είναι αισθητά μικρότερη και δεν έχουμε μεγάλες μειώσεις στο ποσοστό των ατυχημάτων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι νέοι οδηγοί σε δυο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και στις περιπτώσεις οδών με καθόλου διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού εμπλέκονται σε μεγαλύτερο αριθμό **ατυχημάτων** στις περιπτώσεις μεγάλων κλίσεων κατωφέρειας. Παρατηρώντας τα διαγράμματα 5.5.4 και 5.5.1 διαφαίνεται μια αύξηση από το 3,4% στο πρώτο σε 5% των ατυχημάτων στο δεύτερο. **Δεν φαίνεται να ισχύει** όμως το ίδιο και για τις περιπτώσεις εκείνες που τα ατυχήματα συμβαίνουν σε ομαλές κλίσεις κατωφέρειας σε περιπτώσεις δηλαδή όπου οι μεγαλύτεροι ηλικίας οδηγοί είναι πιο επιρρεπείς. Πρέπει να τονιστεί ότι εξ'

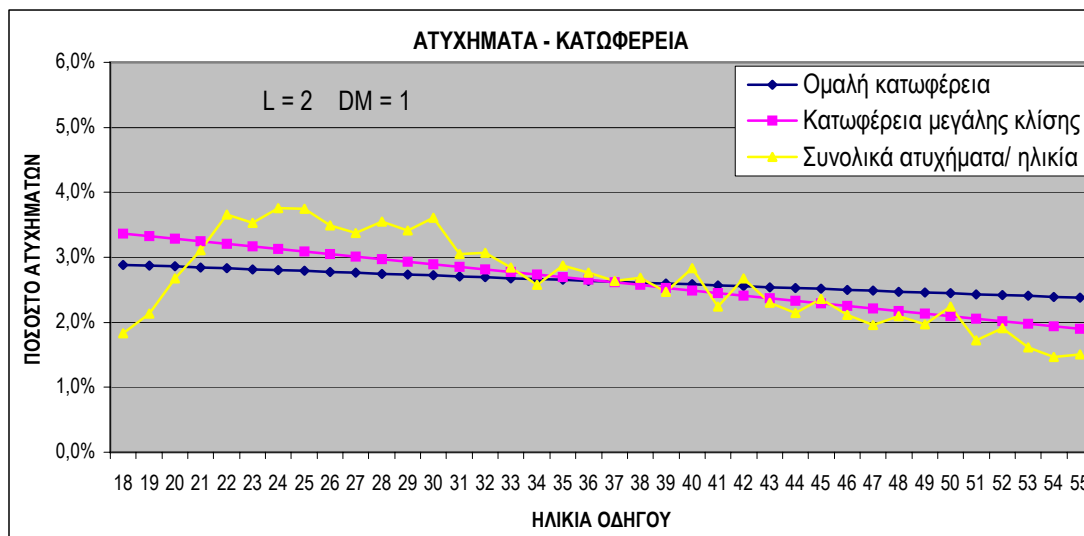
αιτίας των δυο λωρίδων ανά κατεύθυνση έχουμε μεγαλύτερες ταχύτητες και είναι δυνατή η πραγματοποίηση περισσότερων ελιγμών από ότι στη μια λωρίδα κυκλοφορίας, **παράγοντες** σημαντικοί στην αύξηση των ατυχημάτων επηρεάζοντας σημαντικά τους νέους οδηγούς αφού.

Από τη σύγκριση των διαγραμμάτων 5.5.1 και 5.5.5 επισημαίνεται ότι η **επιπλέον λωρίδα** επηρεάζει **τους νέους οδηγούς** καθώς το ποσοστό των ατυχημάτων στις περιπτώσεις οδών με καθόλου διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού αγγίζει το 5% των ατυχημάτων ενώ το **αντίστοιχο ποσοστό** οδικών ατυχημάτων σε οδούς μιας λωρίδας για τις ίδιες συνθήκες διαγράμμισης είναι μόλις 3,2% για την ίδια κατηγορία χρηστών του οδικού δικτύου.

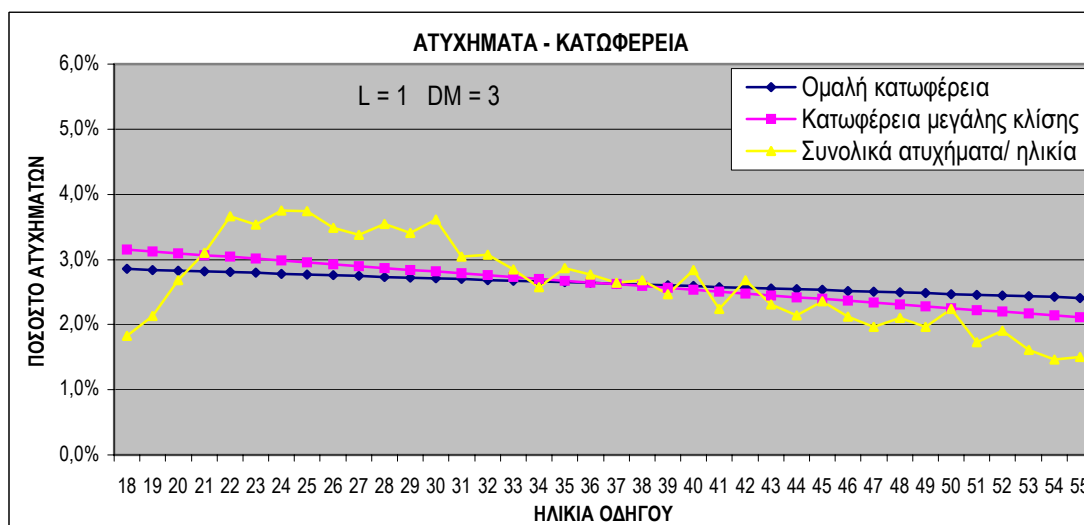
Διάγραμμα 5.5.1. Συσχέτιση ατυχημάτων-κατωφέρειας για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση και καθόλου διαγράμμιση κατευθύνσεων ανά ηλικία.



Διάγραμμα 5.5.4. Συσχέτιση ατυχημάτων-κατωφέρειας για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση και ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων ανά ηλικία.



Διάγραμμα 5.5.5. Συσχέτιση ατυχημάτων-κατωφέρειας για 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση και χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων ανά ηλικία.



5.5.2.β ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΔΙΑΓΡΑΜΜΙΣΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΩΝ

Στη παράγραφο αυτή παρουσιάζεται και σχολιάζεται το διάγραμμα συσχέτισης ατυχημάτων και **διαγράμμισης κατευθύνσεων**, στο οποίο φαίνεται η επιρροή της ευκρινούς και μη ευκρινούς διαγράμμισης

οδοστρώματος καθώς και η περίπτωση να μην υπάρχει καθόλου διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού. Πιο συγκεκριμένα στο διάγραμμα 5.5.2 εμφανίζεται η **μεταβολή του ποσοστού** των οδικών ατυχημάτων σε σχέση με την ηλικία του εμπλεκόμενου στο ατύχημα οδηγού και με τη διαγράμμιση του οδοστρώματος.

Στη δημιουργία του συγκεκριμένου διαγράμματος κρατήθηκαν σταθερές οι εξής δυο μεταβλητές του προτύπου : $L = 2$, και $D = 2$. Πρόκειται δηλαδή για ένα διάγραμμα το οποίο αναφέρεται σε μεγάλες κλίσεις κατωφέρειας για δυο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση.

Παρατηρώντας το διάγραμμα γίνεται φανερό ότι το **ποσοστό των οδικών ατυχημάτων** παρουσιάζει πτωτική τάση όσο μεγαλώνει η ηλικία του οδηγού. Η πτωτική αυτή τάση σημειώνεται ανεξάρτητα από τις διάφορες περιπτώσεις διαγράμμισης κατευθύνσεων στον άξονα της οδού. Η συγκεκριμένη τάση ήταν αναμενόμενη και σύμφωνη με άλλες έρευνες αναφορικά με τη μείωση των ατυχημάτων όσο μεγαλώνει η ηλικία του οδηγού. Είναι κοινώς αποδεκτό ότι ένας από τους βασικότερους **παράγοντες** που επηρεάζει την τάση αυτή είναι η πλειοψηφία των νεαρών οδηγών ηλικίας από 18 έως 36που χρησιμοποιούν το υπεραστικό οδικό δίκτυο σε αντίθεση με τους οδηγούς μεγαλύτερης ηλικίας που ο αριθμός τους μειώνεται αισθητά.

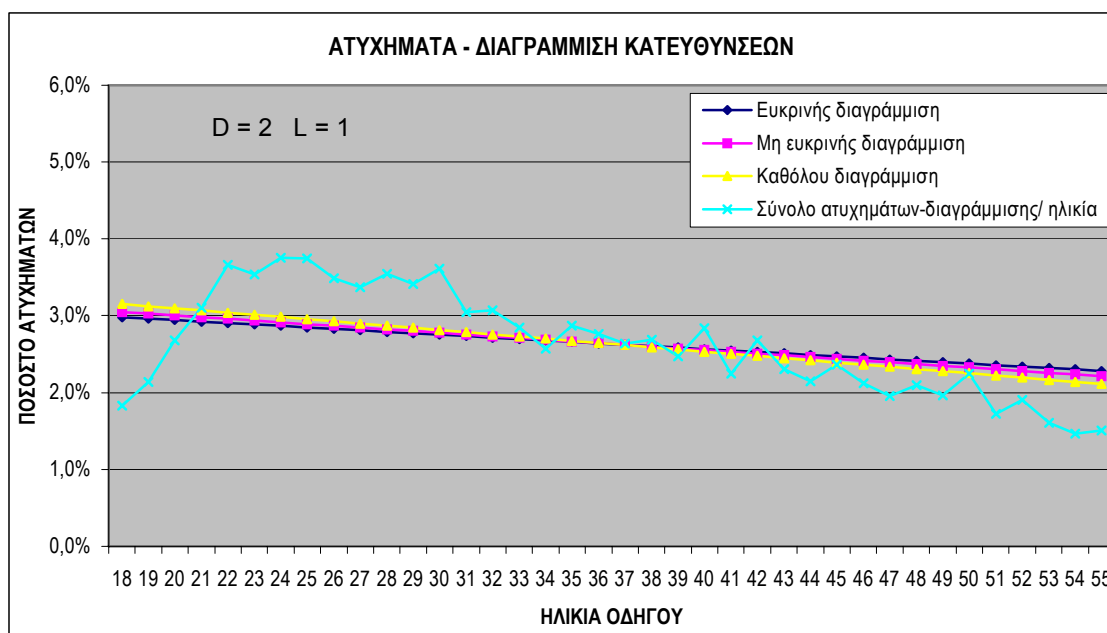
Αξίζει να σημειωθεί ότι στις περιπτώσεις όπου **δεν υπάρχει διαγράμμιση** κατευθύνσεων στον άξονα της οδού η μείωση του ποσοστού των ατυχημάτων είναι πιο απότομη από ότι στις περιπτώσεις ευκρινούς και μη ευκρινούς διαγράμμισης οδοστρώματος. Παράλληλα, η μη ευκρινής διαγράμμιση επηρεάζει τα οδικά ατυχήματα, στα οποία η ηλικία των εμπλεκόμενων οδηγών αφορά τις ηλικίες από 18 έως 36. **Δυσμενέστερη ακόμη** και από την περίπτωση καθόλου διαγράμμισης για τους μεγαλύτερους σε ηλικία οδηγούς είναι η περίπτωση ευκρινής διαγράμμισης κατευθύνσεων στον άξονα της οδού.

Όπως διαφαίνεται από τη σύγκριση των διαγραμμάτων 5.5.2 και 5.5.6 ο **αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας** ανά κατεύθυνση επηρεάζει σημαντικά

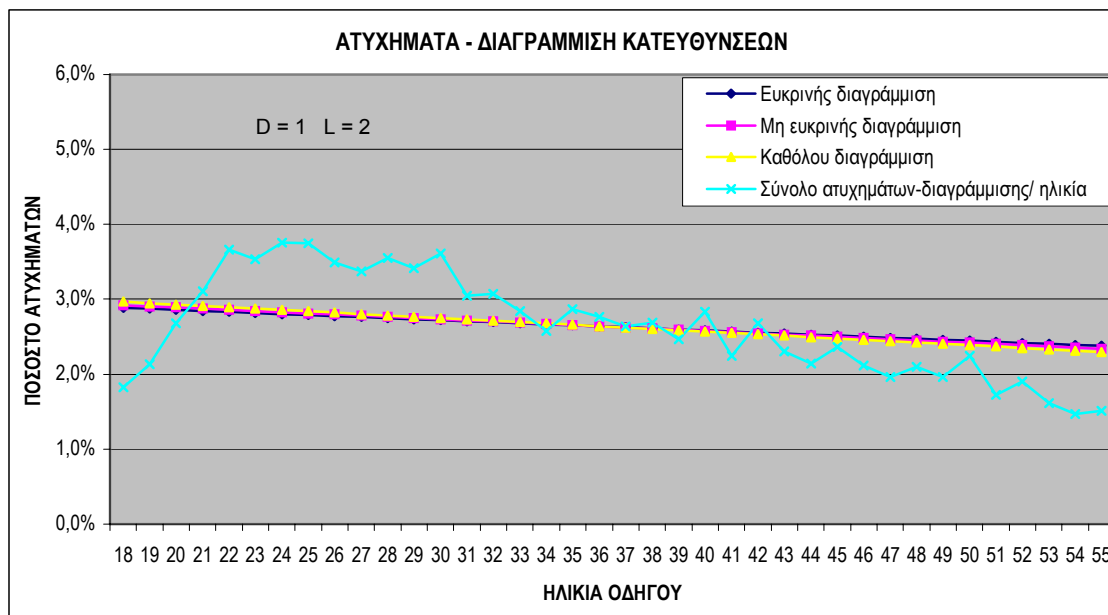
την εμπλοκή σε οδικά ατυχήματα τους νέους σε ηλικία οδηγούς στις περιπτώσεις οδών μεγάλων κλίσεων κατωφέρειας κυρίως χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων όπου το ποσοστό των ατυχημάτων από το 3,2% στις περιπτώσεις οδικών ατυχημάτων σε **μια λωρίδα** κυκλοφορίας φτάνει το 5% σε ατυχήματα δυο λωρίδων κυκλοφορίας.

Όσον αφορά στις περιπτώσεις **ευκρινούς και μη ευκρινούς** διαγράμμισης κατευθύνσεων η επιρροή του αριθμού των λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση σε όλο το εξεταζόμενο φάσμα των ηλικιών είναι μικρότερη. Στις **περιπτώσεις ομαλής κατωφέρειας** τόσο ο αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας όσο και η διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού δεν φαίνεται να επηρεάζουν σημαντικά τη συχνότητα πρόκλησης οδικών ατυχημάτων όπως προκύπτει από τη σύγκριση των διαγραμμάτων 5.5.7 και 5.5.8.

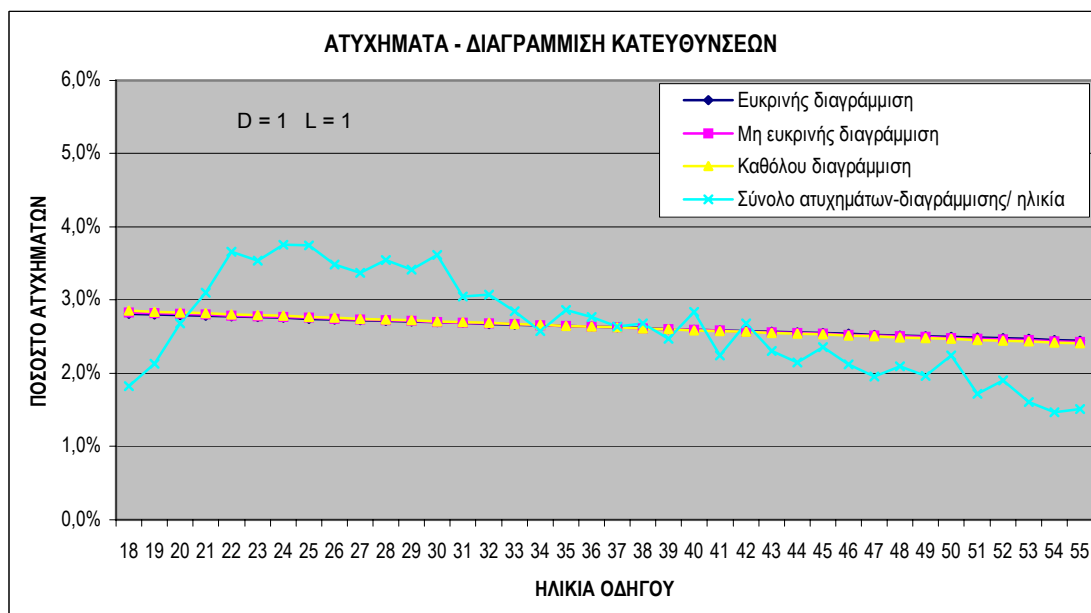
Διάγραμμα 5.5.6. Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων σε 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση σε μεγάλη κλίση κατωφέρειας ανά ηλικία.



Διάγραμμα 5.5.7. Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων σε 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση σε ομαλή κατωφέρεια ανά ηλικία.



Διάγραμμα 5.5.8. Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων σε 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση σε σχέση με την ηλικίας.



5.6 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΕΞΙΑΣ ΣΤΡΟΦΗΣ

5.6.1 ΜΟΡΦΩΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΧΕΣΗΣ

Μετά την εισαγωγή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο λογισμικό SPSS προέκυψε η τελική σχέση του μαθηματικού προτύπου για την οριζοντιογραφία, όπου κάτω από τους συντελεστές των μεταβλητών εμφανίζεται ο αντίστοιχος δείκτης t-ratio.

$$F_A = 61,959 - 2,6*RT - 0,303*A - 12,169*L - 6,640*DM + 4,299*M \quad (5.2)$$

(9,255)	(-1,7)	(-6,186)	(-12,249)	(-6,819)	(1,957)
---------	--------	----------	-----------	----------	---------

F_A : Συχνότητα πρόκλησης οδικού ατυχήματος (αριθμός ατυχημάτων)

RT : Δεξιά στροφή (εύρος τιμών 1-2)

A : Ηλικία παθόντος οδηγού (εύρος τιμών 18-55)

L : Αριθμός λωρίδων ανά κατεύθυνση (εύρος τιμών 1-2)

DM : Διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού (εύρος τιμών 1-3)

M : Κεντρική νησίδα (εύρος τιμών 1-2)

Ο στατιστικός συντελεστής R^2 που αναφέρεται στο μαθηματικό πρότυπο έχει τιμή $R^2 = 0,443$. Η τιμή του R^2 μπορεί να χαρακτηριστεί ικανοποιητική αφού ξεπερνά την οριακή τιμή 0,30. Από τη σχέση αυτή διαφαίνεται πως η συχνότητα πρόκλησης των ατυχημάτων **επηρεάζεται κατά 44,3%** από τις συνθήκες κατωφέρειας, την ηλικία του εμπλεκόμενου στο ατύχημα οδηγού, τον αριθμό των λωρίδων ανά κατεύθυνση και τη διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού. Το ποσοστό αυτό καθιστά το συγκεκριμένο πρότυπο αποδεκτό και αξιόπιστο για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

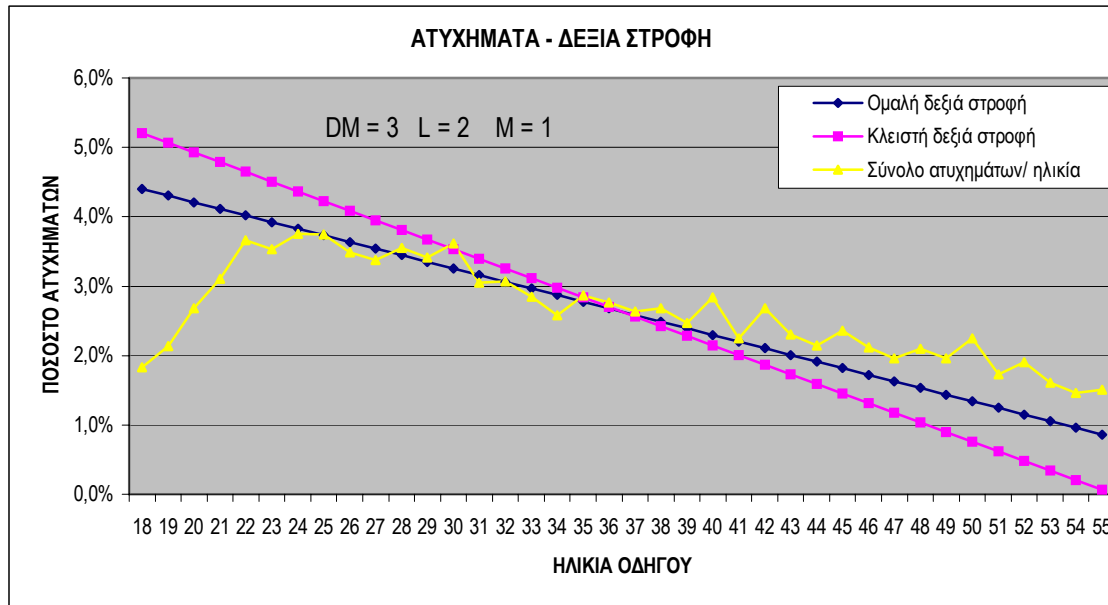
Όπως φαίνεται από τα παραπάνω οι τιμές όλων των στατιστικών δεικτών χαρακτηρίζονται αποδεκτές. Με δεδομένο ότι η οριακή τιμή του t-ratio πάνω από την οποία μια μεταβλητή περιέχεται σε ένα μαθηματικό πρότυπο (για επίπεδο σημαντικότητας 95%) είναι 1,645, γίνεται αντιληπτό ότι όλες οι παραπάνω μεταβλητές επηρεάζουν σημαντικά τη συχνότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων και πρέπει να συμπεριληφθούν στο πρότυπο. Το **χαμηλότερο t-ratio** (1,7) εμφανίζεται στο δεύτερο πρότυπο για τη μεταβλητή RT (δεξιά στροφή) και παρά το γεγονός ότι η τιμή είναι οριακά πάνω από το προαναφερόμενο όριο αποφασίστηκε η μεταβλητή αυτή να **συμπεριληφθεί** στο συγκεκριμένο πρότυπο.

5.6.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

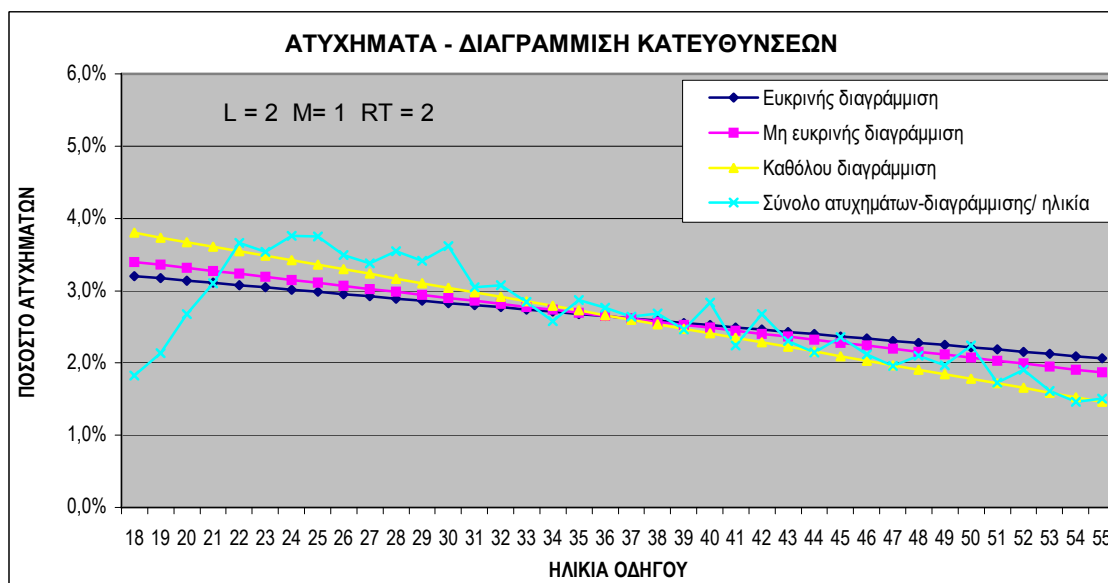
Για να γίνει πιο κατανοητή η επιρροή της κάθε μεταβλητής στη συχνότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων σχεδιάστηκαν τα διαγράμματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια. Τα διαγράμματα αυτά προέκυψαν από το μαθηματικό πρότυπο που φαίνεται στη σχέση 5.2 και **παρέχουν πληροφορίες** που βοηθούν στην ερμηνεία της επίδρασης της κάθε μεταβλητής στη συχνότητα των οδικών ατυχημάτων. Εξετάζοντας λοιπόν τα διαγράμματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα :

Στα διαγράμματα 5.6.1 έως 5.6.4 παρουσιάζεται η σχέση της συχνότητας πρόκλησης ατυχημάτων ανά ηλικία για διάφορα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου. Στα διαγράμματα αυτά φαίνεται όπως άλλωστε προκύπτει και από τη μορφή της μαθηματικής σχέσης του προτύπου, πως η **σχέση ατυχημάτων – ηλικίας** είναι γραμμική, δηλαδή ο ρυθμός μείωσης των ατυχημάτων είναι σταθερός για κάθε μια από τις υπόλοιπες μεταβλητές που απαρτίζουν το πρότυπο. Προκύπτει ότι η **επίδραση των μεταβλητών είναι μεγαλύτερη στους νέους οδηγούς** οι οποίοι παρουσιάζουν μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής στα οδικά ατυχήματα, κάτι που ήταν βέβαια αναμενόμενο αφού η πλειοψηφία των οδηγών που κυρίως χρησιμοποιεί το υπεραστικό οδικό δίκτυο είναι στις ηλικίες από 18 έως 36.

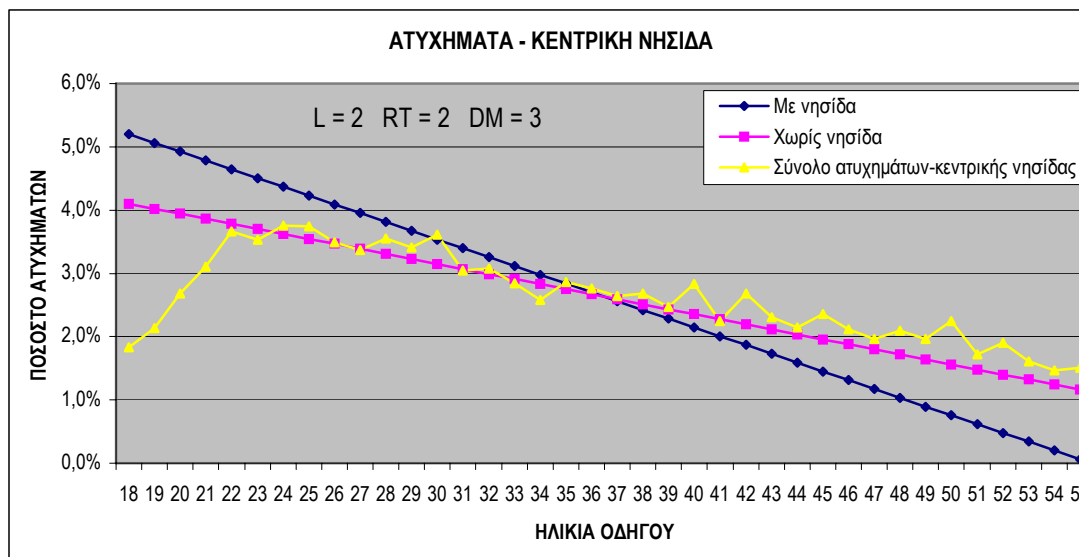
Διάγραμμα 5.6.1. Συσχέτιση ατυχημάτων-δεξιάς στροφής σε σχέση με την ηλικία για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με κεντρική νησίδα, χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.



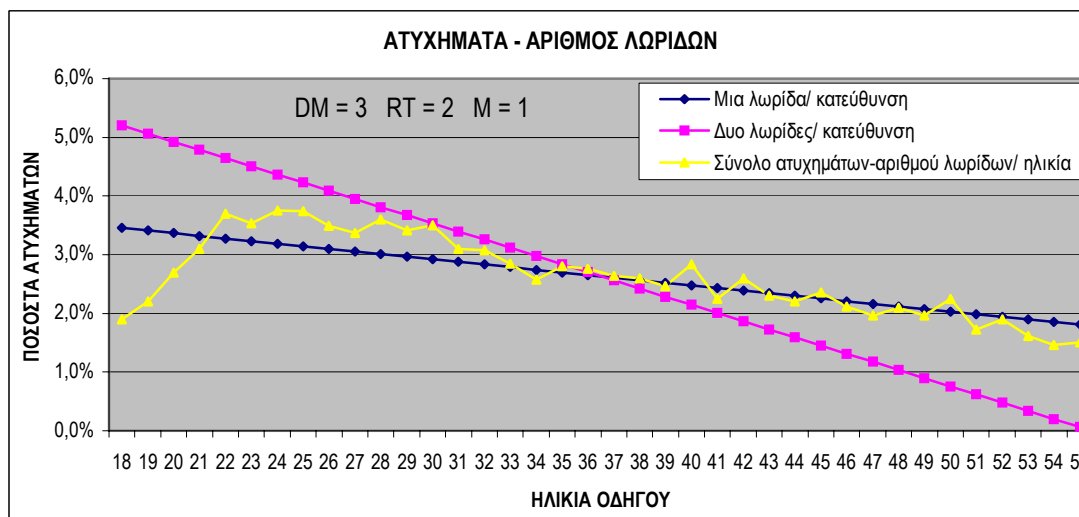
Διάγραμμα 5.6.2. Συσχέτιση ατυχημάτων - διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με κεντρική νησίδα σε κλειστή δεξιά στροφή.



Διάγραμμα 5.6.3. Συσχέτιση ατυχημάτων-κεντρικής νησίδας σε σχέση με την ηλικία, για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση σε κλειστή δεξιά στροφή χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.



Διάγραμμα 5.6.4. Συσχέτιση ατυχημάτων-αριθμού λωρίδων σε σχέση με την ηλικία, σε κλειστή δεξιά στροφή, με κεντρική νησίδα και χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων.



5.6.2.α ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΕΞΙΑΣ ΣΤΡΟΦΗΣ

Στο διάγραμμα 5.6.1 παρουσιάζεται η **επιρροή** της δεξιάς στροφής στα οδικά ατυχήματα. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται η μεταβολή του ποσοστού των

οδικών ατυχημάτων που συμβαίνουν στο υπεραστικό δίκτυο της χώρας μας, σε **συνάρτηση με την ηλικία** του εμπλεκόμενου στο ατύχημα οδηγού και σε συνάρτηση με το είδος της δεξιάς στροφής ανάλογα δηλαδή με το αν πρόκειται για ομαλή ή κλειστή στροφή.

Στη δημιουργία του διαγράμματος 5.6.1 διατηρήθηκαν σταθερές οι εξής τρεις μεταβλητές του προτύπου : $L = 2$, $M = 1$ και $DM = 3$. Δηλαδή το συγκεκριμένο διάγραμμα αναφέρεται σε περιπτώσεις οδικών ατυχημάτων ομαλής ή κλειστής δεξιάς στροφής για οδό δυο λωρίδων ανά κατεύθυνση με καθόλου διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού και με κεντρική νησίδα ανάμεσα στις δυο κατευθύνσεις.

Μελετώντας το διάγραμμα 5.6.1 μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι **ανεξάρτητα** του παράγοντα στροφή παρατηρείται **πτωτική τάση** στο ποσοστό των ατυχημάτων, όσο αυξάνει η ηλικία του οδηγού. Η συγκεκριμένη τάση ήταν αναμενόμενη αφού είναι γνωστό ότι όσο μεγαλώνει η ηλικία του οδηγού τόσο μειώνονται τα ατυχήματα.

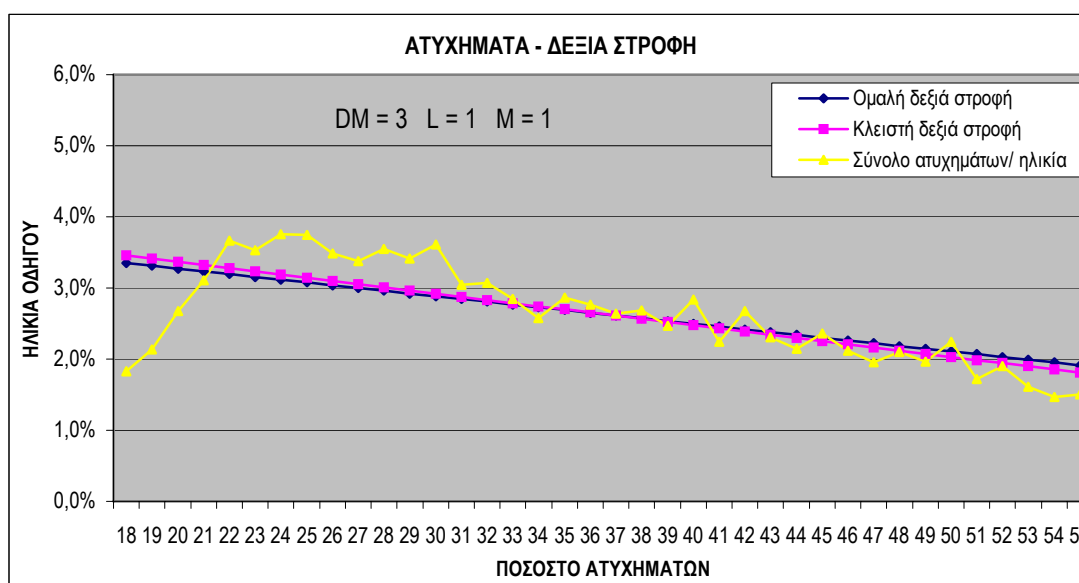
Ένα άλλο συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί από το διάγραμμα 5.6.1 είναι ότι οι νεαρότερης ηλικίας οδηγοί **εμφανίζουν** υψηλότερο ποσοστό συμμετοχής στα ατυχήματα κλειστής δεξιάς στροφής, από ότι οι μεγαλύτερης ηλικίας οδηγοί, σε αντίθεση με τους τελευταίους που παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά συμμετοχής στα ατυχήματα περιπτώσεων ομαλής στροφής. Μια πρώτη εξήγηση του φαινομένου μπορεί να δοθεί από το γεγονός ότι οι νέοι οδηγοί εμφανίζονται περισσότερο **ριψοκίνδυνοι και επιθετικοί** στην οδήγησή τους. Το γεγονός αυτό έρχεται σε συμφωνία τόσο με το ότι οι νέοι οδηγοί στην πλειοψηφία τους είναι περισσότερο ριψοκίνδυνοι πραγματοποιώντας προσπεράσεις ακόμα και στις στροφές όπου η ορατότητα είναι περιορισμένη, όσο και με το πλήθος ερευνών σε διεθνές επίπεδο σύμφωνα με τις οποίες τα **νεαρότερα άτομα** οδηγούν περισσότερο επικίνδυνα και εμπλέκονται σε μεγαλύτερο αριθμό ατυχημάτων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στις περιπτώσεις οδών χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού, οι **δυο λωρίδες** ανά κατεύθυνση

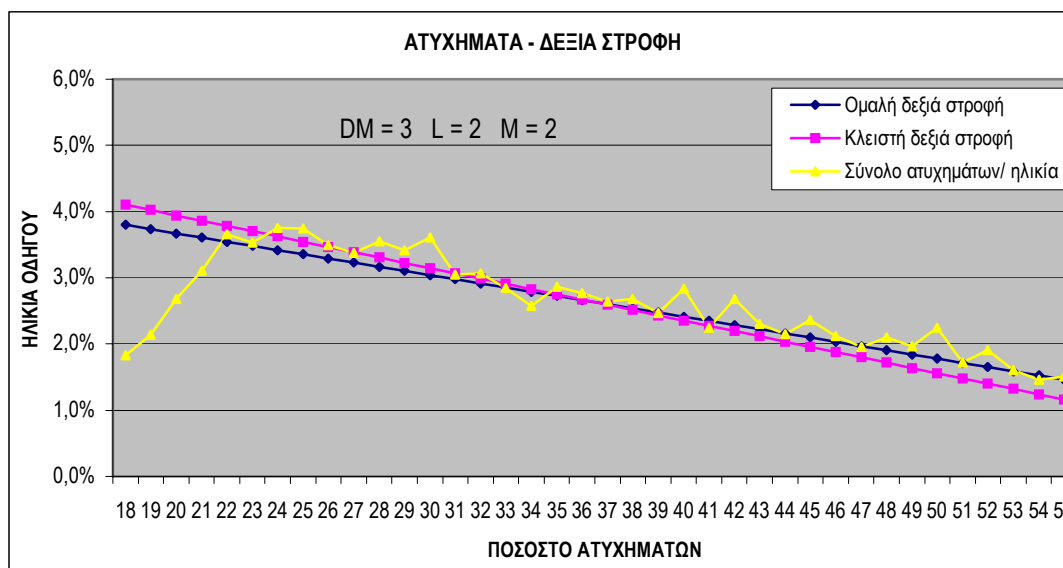
επηρεάζουν τη συμμετοχή των νέων κυρίως οδηγών σε οδικά ατυχήματα τόσο στις ομαλές όσο και στις κλειστές δεξιές στροφές. **Το ποσοστό** των τελευταίων μάλιστα αγγίζει το 5,2% σε αντίθεση με τα ατυχήματα κλειστών δεξιών στροφών για οδούς μιας κατεύθυνσης χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων όπου το ποσοστό των οδικών ατυχημάτων είναι λίγο πιο κάτω από το 3,5% συγκρίνοντας τα διαγράμματα 5.6.1 και 5.6.5 για την ίδια κατηγορία οδηγών.

Παράλληλα όπως διαφαίνεται και από τα διαγράμματα 5.6.6 και 5.6.5 σε υπεραστικές οδούς δυο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων **αρνητικό ρόλο** έχει και η κεντρική νησίδα αφού όπου αυτή υπάρχει συμβάλλει σημαντικά στην εμπλοκή νέων κυρίως οδηγών σε ατυχήματα σε δεξιές στροφές ανεβάζοντας το **ποσοστό οδικών ατυχημάτων στο 5,2%**. Σε **αντίθετες περιπτώσεις** και φυσικά για τις ίδιες συνθήκες οδικών χαρακτηριστικών και για τις ίδιες ηλικίες οδηγών η απουσία της μειώνει αισθητά τη συχνότητα ατυχημάτων σε ποσοστό 4,1% περίπου.

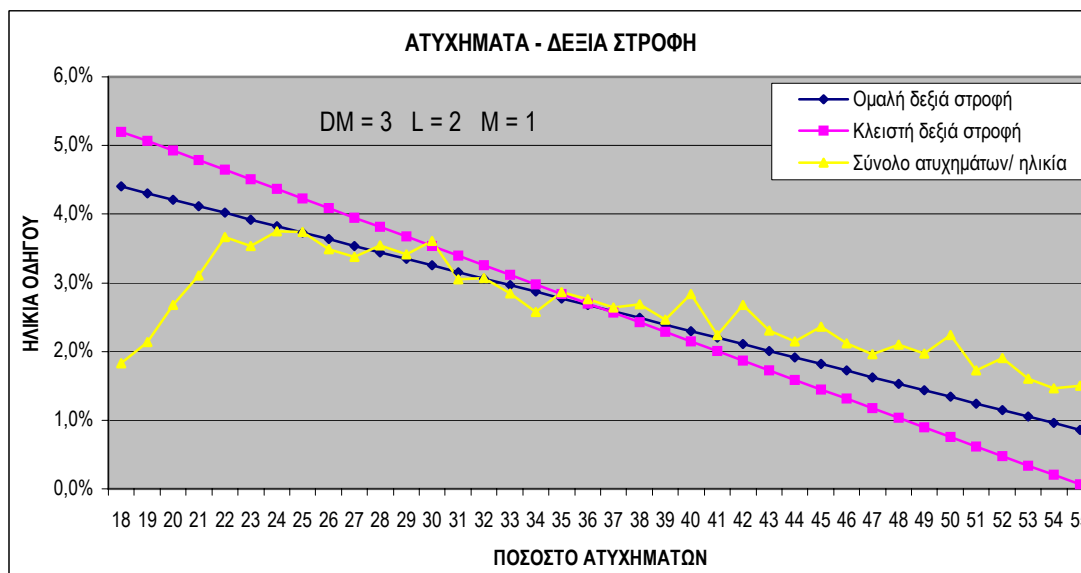
Διάγραμμα 5.6.5. Συσχέτιση ατυχημάτων-δεξιάς στροφής για 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση με κεντρική νησίδα χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.



Διάγραμμα 5.6.6. Συσχέτιση ατυχημάτων-δεξιάς στροφής για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση χωρίς κεντρική νησίδα και χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.



Διάγραμμα 5.6.1. Συσχέτιση ατυχημάτων-δεξιάς στροφής για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με κεντρική νησίδα χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.



5.6.2.β ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΔΙΑΓΡΑΜΜΙΣΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΩΝ

Στη παράγραφο αυτή παρουσιάζεται και σχολιάζεται το διάγραμμα συσχέτισης ατυχημάτων και διαγράμμισης κατευθύνσεων, στο οποίο φαίνεται

η επιρροή της ευκρινούς και μη ευκρινούς διαγράμμισης οδοστρώματος καθώς και η περίπτωση να μην υπάρχει καθόλου διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού. Πιο συγκεκριμένα στο διάγραμμα 5.6.2 εμφανίζεται η **μεταβολή του ποσοστού** των οδικών ατυχημάτων συναρτήσει της ηλικίας του εμπλεκόμενου στο ατύχημα οδηγού και συναρτήσει της διαγράμμισης του οδοστρώματος.

Στη δημιουργία του συγκεκριμένου διαγράμματος **κρατήθηκαν σταθερές** οι εξής τρεις μεταβλητές του προτύπου : $L = 2$, $M = 1$ και $RT = 2$. Πρόκειται δηλαδή για ένα διάγραμμα το οποίο αναφέρεται σε ομαλές δεξιές στροφές, για δυο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση με κεντρική νησίδα διαχωρισμού των κατευθύνσεων.

Παρατηρώντας το διάγραμμα γίνεται φανερό ότι το ποσοστό των οδικών ατυχημάτων παρουσιάζει **πτωτική τάση** όσο μεγαλώνει η ηλικία του οδηγού. Η πτωτική αυτή τάση σημειώνεται **ανεξάρτητα** από τις διάφορες περιπτώσεις διαγράμμισης κατευθύνσεων στον άξονα της οδού. Η συγκεκριμένη τάση ήταν αναμενόμενη και σύμφωνη με άλλες έρευνες αναφορικά με τη μείωση των ατυχημάτων όσο μεγαλώνει η ηλικία του οδηγού. **Ανάλογη** πτωτική τάση εμφανίστηκε και στο διάγραμμα συσχέτισης ατυχημάτων δεξιάς στροφής όπου και εκεί χαρακτηρίστηκε ως αναμενόμενη.

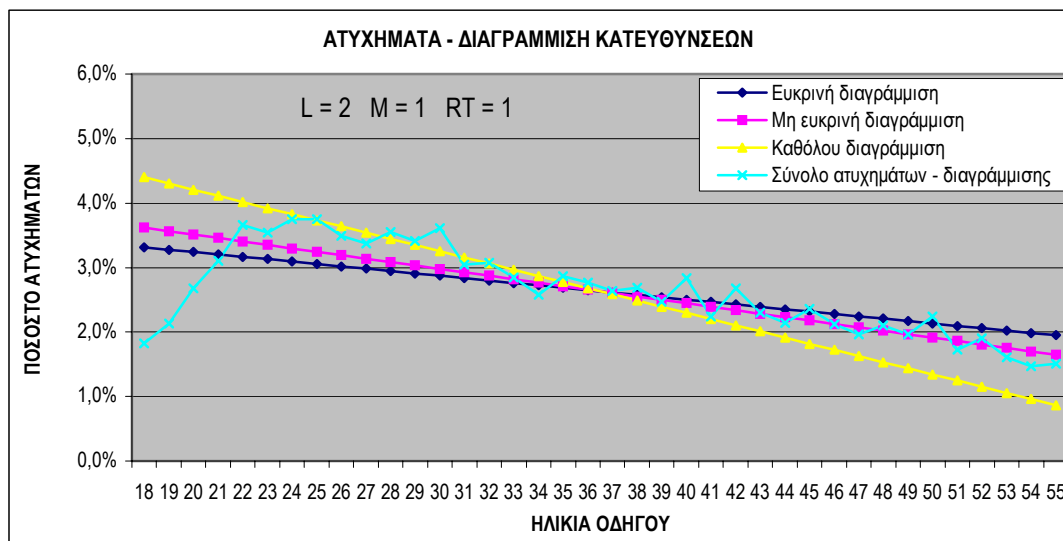
Αξίζει να σημειωθεί ότι **στις περιπτώσεις** όπου δεν υπάρχει διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού η **μείωση** του ποσοστού των ατυχημάτων είναι πιο απότομη από ότι στις περιπτώσεις ευκρινούς και μη ευκρινούς διαγράμμισης οδοστρώματος. Παράλληλα, η μη ευκρινής διαγράμμιση επηρεάζει τα οδικά ατυχήματα στα οποία η ηλικία των εμπλεκόμενων οδηγών κυμαίνεται από 18 έως 36 ετών. **Δυσμενέστερη** ακόμη και από την περίπτωση καθόλου διαγράμμισης για τους μεγαλύτερους σε ηλικία οδηγούς είναι η περίπτωση ευκρινής διαγράμμισης κατευθύνσεων στον άξονα της οδού.

Όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς από τα διαγράμματα 5.6.7, 5.6.8 και 5.6.2 όταν **δεν υπάρχει διαγράμμιση** κατευθύνσεων στον άξονα της οδού,

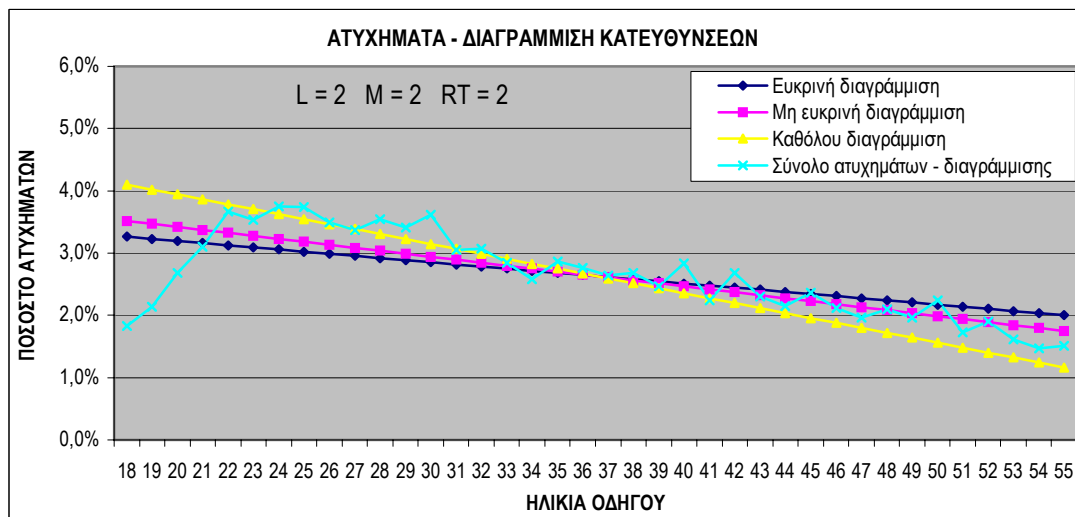
για δίκτυο δυο λωρίδων ανά κατεύθυνση παρουσιάζεται μεγάλο πρόβλημα στους νέους οδηγούς στις κλειστές δεξιές στροφές. Το ποσοστό των ατυχημάτων σε αυτές τις περιπτώσεις φτάνει περίπου το 5,2%. Σημαντικό ρόλο στο ύψος του ποσοστού αυτού **φαίνεται να έχει** η κεντρική νησίδα. Πιο συγκεκριμένα επηρεάζει η ύπαρξη της περισσότερο τους νέους σε ηλικία οδηγούς ακόμα και στις περιπτώσεις ομαλών δεξιών στροφών όπου ενώ παρατηρείται μείωση στο ποσοστό φτάνοντας το 4,5% εξακολουθεί να παραμένει υψηλό από ότι στις περιπτώσεις κλειστών δεξιών στροφών, **χωρίς κεντρική νησίδα και χωρίς** διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού όπου το ποσοστό των ατυχημάτων πλησιάζει περίπου το 4% για την ίδια ομάδα ηλικίας οδηγών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στις **περιπτώσεις** εκείνες που έχουμε είτε ευκρινή, είτε μη ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων τόσο η ύπαρξη κεντρικής νησίδας όσο και το είδος της δεξιάς στροφής αν δηλαδή πρόκειται για ομαλή ή κλειστή η **επιρροή τους** στους οδηγούς όλου του εξεταζόμενου φάσματος ηλικίας όσον αφορά την εμπλοκή τους σε οδικά ατυχήματα, δεν είναι τόσο μεγάλη όσο σε οδούς με καθόλου διαγράμμιση. Αυτό διαφαίνεται και από τα διαγράμματα 5.6.2, 5.6.7 και 5.6.8 όπου το ποσοστό ατυχημάτων στις περιπτώσεις αυτές κυμαίνεται γύρω στο 3% με 3,6% χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά από του προαναφερθείσας παράγοντες.

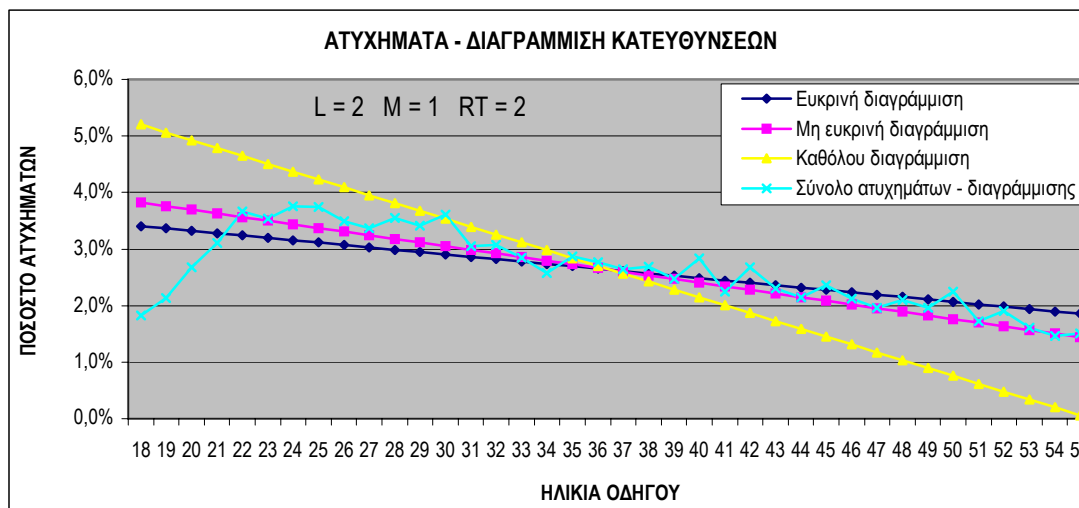
Διάγραμμα 5.6.7. Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων σε 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με νησίδα σε σχέση με την ηλικία για κλειστή δεξιά στροφή.



Διάγραμμα 5.6.8. Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων σε 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση χωρίς νησίδα σε σχέση με την ηλικία για κλειστή δεξιά στροφή.



Διάγραμμα 5.6.2. Συσχέτιση ατυχημάτων-διαγράμμισης κατευθύνσεων για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με κεντρική νησίδα σε σχέση με την ηλικία για κλειστή δεξιά στροφή



5.6.2.γ. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται και σχολιάζεται το διάγραμμα **συσχέτισης ατυχημάτων και κεντρικής νησίδας**, στο οποίο φαίνεται η επιρροή της ύπαρξης και κεντρικής νησίδας. Πιο συγκεκριμένα στα διαγράμματα 5.6.3, 5.6.9 και 5.6.10 εμφανίζεται η μεταβολή του ποσοστού των οδικών ατυχημάτων συναρτήσει της ηλικίας του εμπλεκόμενου οδηγού στο ατύχημα και συναρτήσει της κεντρικής νησίδας, για διάφορα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου.

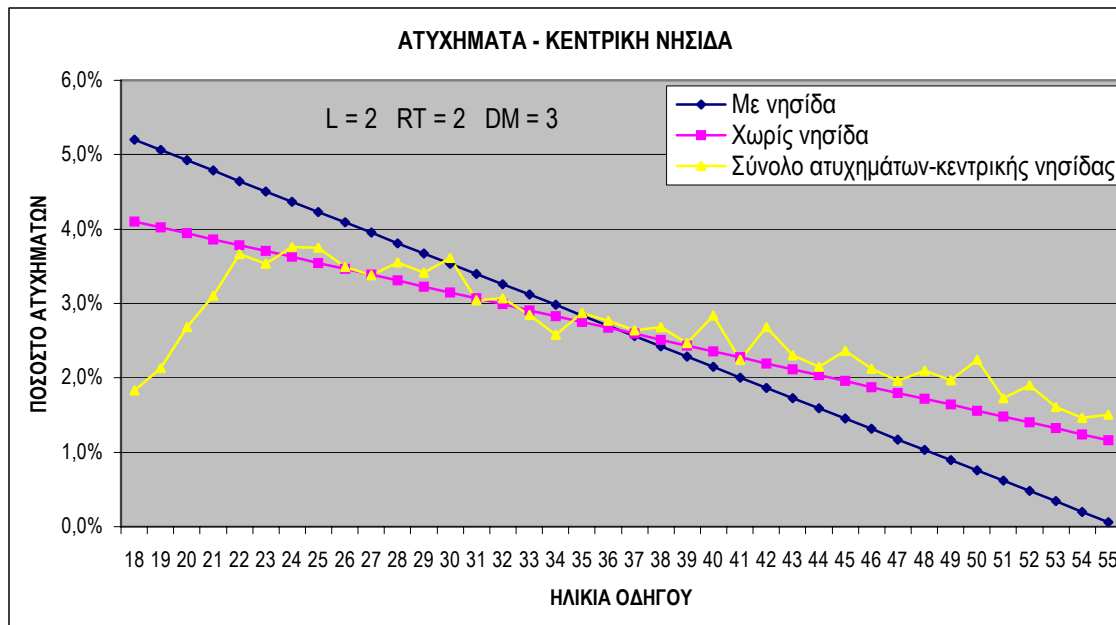
Στη **δημιουργία** των συγκεκριμένων διαγραμμάτων κρατήθηκαν σταθερές κάποιες από τις μεταβλητές του μαθηματικού προτύπου. Πρόκειται δηλαδή για ένα **διάγραμμα** το οποίο αναφέρεται σε ομαλές ή κλειστές δεξιές στροφές για οδούς μιας ή δυο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση για όλους τους τύπους διαγράμμισης κατευθύνσεων στον άξονα της οδού.

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 5.6.9, η **ύπαρξη κεντρικής νησίδας** σε συνδυασμό με μια κλειστή δεξιά στροφή για οδό δυο λωρίδων ανά

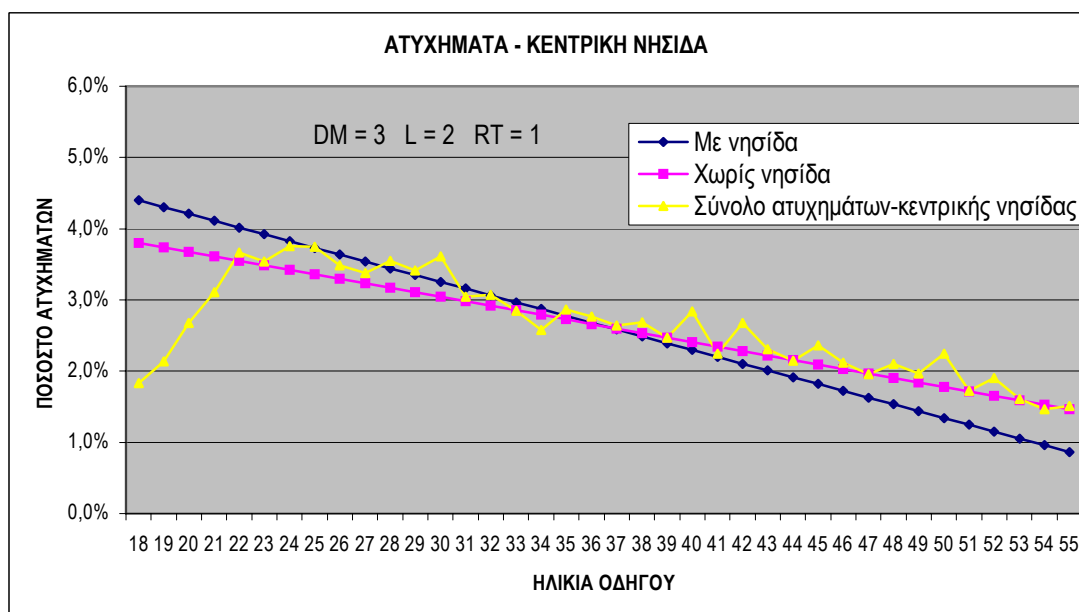
κατεύθυνση και χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού επηρεάζει αρνητικά την οδική ασφάλεια στους νέους οδηγούς αφού το ποσοστό των ατυχημάτων φτάνει και πάλι το 5,2%. Αντίθετα όπως εύκολα **παρατηρεί κανείς** από το ίδιο διάγραμμα το 5.6.3 για τα ίδια χαρακτηριστικά της οδού αλλά χωρίς κεντρική νησίδα ανάμεσα στις δυο κατευθύνσεις οι νέοι οδηγοί έχουν καλύτερη οδηγική συμπεριφορά αφού η συμμετοχή τους στα ατυχήματα **μειώνεται** αισθητά κατά μια περίπου μονάδα φτάνοντας στο 4,2%.

Στις περιπτώσεις **ομαλής δεξιάς στροφής** όπως διαφαίνεται και στο διάγραμμα 5.6.9 η εμπλοκή των νέων οδηγών σε ατύχημα **μειώνεται** στο 4,4% με την ύπαρξη κεντρικής νησίδας και στο 3,8% όταν **δεν υπάρχει** νησίδα ανάμεσα στις δυο κατευθύνσεις. Αυτά βέβαια ισχύουν για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση και χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι εκεί που τα ποσοστά παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη μείωση για την ίδια πάντα κατηγορία οδηγών από 18 έως 36 ετών είναι στις περιπτώσεις όπου έχουμε ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων όπως παρουσιάζεται και στο διάγραμμα 5.6.10. Κάτι το οποίο ήταν **αναμενόμενο** αφού είναι γνωστή τόσο η σημασία, όσο και η συμβολή των διαγραμμίσεων στον άξονα της οδού στη μείωση των οδικών ατυχημάτων οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα στο νεαρό χρήστη της οδού να **κατευθύνει** καλύτερα το όχημα πάνω στο δρόμο, αλλά και να ελέγξει τους ελιγμούς κατά τη διάρκεια της πορείας του.

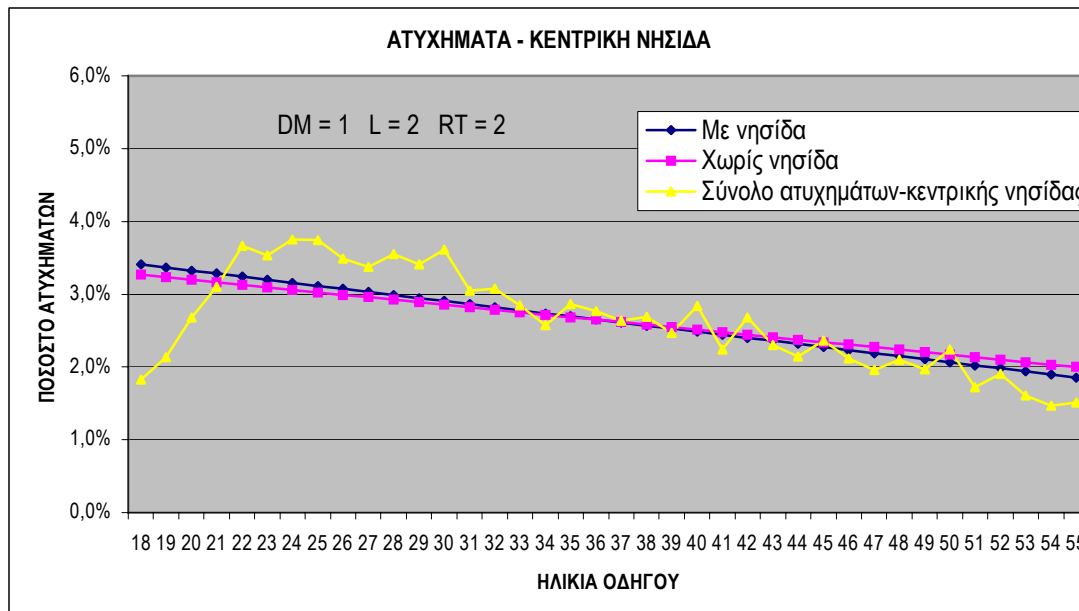
Διάγραμμα 5.6.3. Συσχέτιση ατυχημάτων-κεντρικής νησίδας για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση σε κλειστή δεξιά στροφή χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.



Διάγραμμα 5.6.9. Συσχέτιση ατυχημάτων-κεντρικής νησίδας για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση σε ομαλή δεξιά στροφή χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.



Διάγραμμα 5.6.10. Συσχέτιση ατυχημάτων-κεντρικής νησίδας για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση σε κλειστή δεξιά στροφή ευκρινούς διαγράμμισης κατευθύνσεων σε σχέση με την ηλικία.



5.7 ΤΕΛΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Συνοπτικά από τα παραπάνω προκύπτουν οι τελικές και πιο ικανοποιητικές σχέσεις :

$$FA = 62,716 - 15,015 \cdot D - 0,12 \cdot A - 8,778 \cdot L - 2,770 \cdot DM \quad (5.1)$$

(18,221) (-10,796) (-5,116) (-12,028) (-3,849)

$$FA = 61,959 - 2,6 \cdot RT - 0,303 \cdot A - 12,169 \cdot L - 6,640 \cdot DM + 4,299 \cdot M \quad (5.2)$$

(9,255) (-1,7) (-6,186) (-12,249) (-6,819) (1,957)

με στατιστικό συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 0,466$ και $0,446$ αντίστοιχα.

Εκτός από τις παραπάνω μεταβλητές στα μαθηματικά πρότυπα περιέχεται και ένας **σταθερός όρος** που έχει τιμή 62,716 και 61,959 αντίστοιχα. Ο όρος αυτός αφορά στην **επίδραση** στη συχνότητα πρόκλησης των ατυχημάτων

όλων εκείνων των παραγόντων που δεν έχουν συμπεριληφθεί στην ανάπτυξη του προτύπου. Δηλαδή:

1. Μπορεί να υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που **ενδεχομένως** να **επηρεάζουν** τη συχνότητα πρόκλησης οδικού ατυχήματος, αλλά κατά τη κρίση του ερευνητή αυτό να θεωρείται απίθανο, οπότε κατά την επιλογή των παραμέτρων αυτοί να μην έχουν **συμπεριληφθεί**. Ως παράδειγμα θα μπορούσε να αναφερθεί το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας ή του οδοστρώματος, για το οποίο όμως δεν υπάρχουν διαθέσιμα αξιόπιστα στοιχεία.
2. Είναι επίσης βέβαιο ότι κάποιοι **παράγοντες** που έχουν ήδη συμπεριληφθεί στο πίνακα δεδομένων εισόδου για τη στατιστική επεξεργασία και έχουν **εξαιρεθεί** από το μαθηματικό πρότυπο **λόγω** της μικρής επιρροής τους (μικρού t-ratio των συντελεστών τους), στον αριθμό ατυχημάτων που εξετάστηκαν.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν προέκυψαν από τον πίνακα που αναφέρεται στην παράγραφο 5.3.

Παρατηρώντας τα παραπάνω μαθηματικά πρότυπα σχέσεις (5.1, 5.2) **γίνεται** αντιληπτό ότι δεν περιέχεται σε κανένα από αυτά μεταβλητή που να αναφέρεται στον **τύπο του οχήματος**.

Πράγματι ο **παράγοντας** αυτός συμπεριλήφθηκε στον τελικό πίνακα από τον οποίο θα προέκυπτε το αρχείο δεδομένων εισόδου για την στατιστική επεξεργασία των στοιχείων με το λογισμικό SPSS. Τελικά κατά την **ανάπτυξη** των τελικών προτύπων που παρουσιάζονται παραπάνω είχαν προκύψει και πρότυπα τα οποία συσχέτιζαν κάποια από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά με τον τύπο του οχήματος. Οι **στατιστικοί δείκτες** όμως **R^2** και **t-ratio** του προτύπου αυτού δεν εμφανιζόταν τόσο καλές όσο των προτύπων 5.1, 5.2. Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε η εξαίρεση του παράγοντα αναφορικά με τον τύπο του οχήματος οπότε προέκυψαν τα πρότυπα που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΣΥΝΟΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η διερεύνηση της **συσχέτισης επιλεγμένων γεωμετρικών χαρακτηριστικών και της σχετικής επικινδυνότητας των οδών ανά ηλικία**. Η **έννοια της σχετικής επικινδυνότητας** χρησιμοποιήθηκε λόγω της έλλειψης των αντιπροσωπευτικότερων δεικτών των ατυχημάτων, που είναι εκείνοι που συσχετίζουν τα ατυχήματα και τα θύματα τους με τα διανυθέντα οχηματοχιλιόμετρα (οχημ-χλμ) και τα επιβατοχιλιόμετρα (επιβ-χλμ). Ο δείκτης του αριθμού νεκρών ανά οχηματοχιλιόμετρα είναι ο καταλληλότερος διότι λαμβάνει υπ' όψη του και τον βαθμό χρησιμοποίησης των οχημάτων. Στην Ελλάδα όμως δεν υπάρχουν ολοκληρωμένα στοιχεία για τους δείκτες αυτούς. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος χρησιμοποιήθηκε ο όρος της σχετικής επικινδυνότητας ανά ηλικία όπου τα οχημ-χλμ απαλείφονται για κάθε ομάδα ηλικίας. Με βάση τη σχετική βιβλιογραφική ανασκόπηση και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, επελέγησαν διάφορες μεταβλητές από τη βάση δεδομένων του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής ΕΜΠ με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδας (ΕΣΥΕ) και για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων υιοθετήθηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης. Τελικός στόχος είναι μέσω της σχέσης που προκύπτει από την στατιστική επεξεργασία να βρεθούν εκείνες οι τιμές των γεωμετρικών χαρακτηριστικών με επιρροή στα οδικά ατυχήματα καθώς και να ποσοτικοποιηθεί η επιρροή αυτή.

Τα στοιχεία που αφορούσαν στα οδικά ατυχήματα έχουν ληφθεί από την ΕΣΥΕ και αναφέρονται στα έτη από το 1996 έως το 1999. Η **συλλογή** γίνεται από την βασική πηγή στοιχείων οδικών ατυχημάτων που δεν είναι άλλη από τη συμπλήρωση του Δελτίου Οδικού Τροχαίου Ατυχήματος (ΔΟΤΑ), το οποίο συμπληρώνεται για κάθε οδικό ατύχημα που έχει ως αποτέλεσμα το θάνατο ή τον τραυματισμό προσώπου ή προσώπων. Η **βάση δεδομένων** που

χρησιμοποιήθηκε περιλαμβάνει λεπτομερή στοιχεία όλων των ατυχημάτων της τετραετίας 1996-1999, από τα οποία επιλέχθηκαν οι προς εξέταση μεταβλητές για την ανάπτυξη των σχετικών μαθηματικών προτύπων.

Μετά τη συγκέντρωση των στοιχείων ακολούθησε το **στάδιο της επεξεργασίας** τους που περιελάμβανε την επιλογή και τον υπολογισμό κρίσιμων μεταβλητών για την Οδική Ασφάλεια, και στη συνέχεια την καταχώρηση των στοιχείων αυτών σε μια νέα βάση δεδομένων προκειμένου να ξεκινήσει το στάδιο της στατιστικής τους επεξεργασίας.

Επιλέχθηκε από τη βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ να **μελετηθούν** τα **ατυχήματα** που συμβαίνουν στο **υπεραστικό οδικό δίκτυο** της χώρας μας. Η **επιλογή** αυτή έγινε καταρχήν γιατί οι δείκτες θανατηφόρων ατυχημάτων και ατυχημάτων με σοβαρούς τραυματισμούς είναι υψηλότεροι στις υπεραστικές οδούς λόγω κυρίως των υψηλότερων ταχυτήτων. Παράλληλα, παρουσιάζουν περισσότερες ομοιότητες μεταξύ τους από ότι εκείνα σε αστικές οδούς με αποτέλεσμα τα συμπεράσματα που εξάγονται για ένα τμήμα να μπορούν να γενικευτούν πιο εύκολα για όλο το μήκος του οδικού δικτύου. Ένας ακόμη **λόγος** που οδήγησε στην επιλογή των οδικών ατυχημάτων στο **υπεραστικό οδικό δίκτυο** είναι ότι στις αστικές περιοχές υπάρχουν πολλοί περισσότεροι παράγοντες στην πρόκληση ατυχημάτων όπως είναι η συμμετοχή πεζών, με αποτέλεσμα, να είναι πιο δύσκολο από ότι στις υπεραστικές οδούς να απομονωθεί η επιρροή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών στα οδικά ατυχήματα.

Σε πρώτη φάση επιδιώχθηκε, βάσει των διατιθέμενων στοιχείων, να εξετασθούν όσο το δυνατόν περισσότερα **γεωμετρικά χαρακτηριστικά**. Ωστόσο, η διερεύνηση της σχέσης των οδικών ατυχημάτων με μεμονωμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά πιθανώς να οδηγήσει σε ανακριβή αποτελέσματα αφού τα χαρακτηριστικά αυτά αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό αναζητήθηκαν **συνδυασμοί μεταβλητών**, οι οποίοι έχουν αυξημένη επιρροή στην επικινδυνότητα της οδού.

Έτσι μετά από μια λεπτομερή ανάλυση των ατυχημάτων στο σύνολο της βάσης δεδομένων παρατηρήθηκε σημαντικός αριθμός ατυχημάτων στις **δεξιές στροφές** από πλευράς στοιχείων οριζοντιογραφίας, ενώ για τα στοιχεία της μηκοτομής σημαντικός αριθμός ατυχημάτων εμφανίζεται στις περιπτώσεις όπου επικρατούν **συνθήκες κατωφέρειας**. Κατά συνέπεια, η ανάλυση βασίστηκε στις δυο αυτές μεταβλητές.

Στη συνέχεια **κρίθηκε απαραίτητο**, όπως άλλωστε προκύπτει και από άλλες έρευνες και όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η **επιμέρους επιρροή** κάθε παράγοντα να υπολογίζεται με ταυτόχρονη θεώρηση των υπολοίπων. Όμως, μέσα στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής εργασίας θεωρήθηκε σκοπιμότερη η ξεχωριστή μελέτη και της επιρροής στη συχνότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων, των στοιχείων της οριζοντιογραφίας και των στοιχείων της μηκοτομής.

Στη συνέχεια ακολούθησε **στατιστική ανάλυση** των επιλεγμένων μεταβλητών με τη μέθοδο της **γραμμικής παλινδρόμησης** (linear regression). Το **αποτέλεσμα** της ανάλυσης αυτής ήταν η ανάπτυξη ενός μαθηματικού προτύπου, από το οποίο προκύπτει ότι η συχνότητα πρόκλησης οδικών ατυχημάτων εξαρτάται από μια σειρά μεταβλητών. Μάλιστα απόρροια της ξεχωριστής εξέτασης της οριζοντιογραφίας με τη μηκοτομή ήταν η εξαγωγή δυο μαθηματικών προτύπων, ένα για κάθε περίπτωση.

Μετά την **ολοκλήρωση** της **στατιστικής ανάλυσης** των δεδομένων:

- Προσδιορίστηκαν οι παράμετροι και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά με στατιστικά **σημαντική επιρροή** στη συχνότητα των οδικών ατυχημάτων.
- Προσδιορίστηκε η **ευαισθησία** της επιρροής των μεταβλητών του προτύπου στη συχνότητα οδικών ατυχημάτων.

Πιο συγκεκριμένα, τα μαθηματικά πρότυπα που αναπτύχθηκαν (σχέση 5.1 και σχέση 5.2) έδειξαν ότι οι μεταβλητές που επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα είναι :

- Για το πρώτο μαθηματικό πρότυπο (σχέση 5.1) που δείχνει την **επιρροή της κατωφέρειας** στα οδικά ατυχήματα, η ηλικία του εμπλεκόμενου οδηγού στο ατύχημα και η διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού.
- Όσον αφορά στο δεύτερο μαθηματικό πρότυπο (σχέση 5.2) που δείχνει την **επιρροή της δεξιάς στροφής** στα οδικά ατυχήματα οι επιπλέον μεταβλητές είναι η ηλικία του χρήστη της οδού, η διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού και η ύπαρξη ή όχι κεντρικής νησίδας ανάμεσα στις δυο κατευθύνσεις.

Αναλυτικά συμπεράσματα αναφορικά με την επίδραση του καθενός από τους παραπάνω παράγοντες στη συχνότητα των οδικών ατυχημάτων και για τα δυο πρότυπα, προκύπτουν από τη διεξοδική ανάλυση των αποτελεσμάτων των προτύπων που αναπτύχθηκαν μετά την ολοκλήρωση της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων. Τα συμπεράσματα αυτά, καθώς και οι σχετικές προτάσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σημειώνεται ότι τα συμπεράσματα αυτά είναι **χρήσιμα** για τον **μακροσκοπικό σχεδιασμό** της οδικής ασφάλειας, ενώ για επιμέρους επεμβάσεις είναι απαραίτητη η χρήση άλλων μεθόδων όπως η επισήμανση και η βελτίωση των επικίνδυνων θέσεων κ.τ.λ. Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που οδηγούν στις αντίστοιχες προτάσεις αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω.

1) Αρχικά επισημαίνεται το γεγονός ότι αντίθετα από ότι αναμενόταν αρχικά από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης, ο **τύπος του οχήματος δεν επηρεάζει τη συχνότητα των οδικών ατυχημάτων**, αφού όσες φορές χρησιμοποιήθηκε κατά τη διαδικασία της γραμμικής παλινδρόμησης τόσο ο συντελεστής συσχέτισης ρ^2 του μαθηματικού προτύπου, όσο και η τιμή του t-ratio ήταν πολύ χαμηλό.

2) Ένα σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι η συσχέτιση των ατυχημάτων μπορεί να πραγματοποιείται ξεχωριστά για την οριζοντιογραφία και ξεχωριστά για τη μηκοτομή. Πρέπει ταυτόχρονα όμως να λαμβάνεται υπ' όψη στις μελέτες αυτές και η επιρροή των άλλων γεωμετρικών χαρακτηριστικών γεωμετρικών και μη. Η ποσοτικοποίηση της επιρροής των χαρακτηριστικών θα πρέπει να βασίζεται σε πολυπαραμετρική ανάλυση, στην οποία η επιμέρους επίδραση κάθε χαρακτηριστικού θα υπολογίζεται με ταυτόχρονη θεώρηση των υπολοίπων.

3) Αξίζει να τονιστεί ότι από τα δυο μαθηματικά πρότυπα, η ηλικία κατά την οποία οι γεωμετρικές καμπύλες των διαγραμμάτων τέμνονται είναι εκείνη των 36 ετών. Για οδηγούς μικρότερης ηλικίας, τα δυσμενή χαρακτηριστικά των οδών όπως είναι κλειστές στροφές, μεγάλες κλίσεις, οδοί χωρίς διαγράμμιση κατευθύνσεων επιδρούν αρνητικά στην οδηγική τους συμπεριφορά με αποτέλεσμα την αυξημένη συμμετοχή τους σε οδικά ατυχήματα και την κατάταξη τους στη ζώνη υψηλού κινδύνου οδηγών. Αντίθετα οδηγοί μεγαλύτεροι από την ηλικία των 36 ετών είναι πιο επιρρεπείς στα οδικά ατυχήματα οδών με ήπια χαρακτηριστικά. Έτσι η σχετική επικινδυνότητα της οδού εμφανίζεται αυξημένη για τους μεγαλύτερους σε ηλικία οδηγούς από ότι στους μικρότερους.

4) Όπως προέκυψε από τη συγκεκριμένη έρευνα, οι νέοι σε ηλικία οδηγοί είναι περισσότερο επικίνδυνοι σε οδούς δυο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Η δυνατότητα που δίνεται στους οδηγούς για περισσότερους ελιγμούς και αναφέρεται σε ελιγμούς προσπεράσεων σε συνδυασμό με την επιθετικότητα και την ανυπομονησία που διακατέχει τους νέους κυρίως οδηγούς, κατατάσσει τους τελευταίους σε ομάδα υψηλού κινδύνου με

αυξημένη την πιθανότητα εμπλοκής τους σε οδικό ατύχημα. Οι μεγάλης ηλικίας οδηγοί λόγω της εμπειρίας τους, αλλά και της ώριμης οδηγικής συμπεριφοράς αποφεύγουν καταστάσεις παρόμοιες με τις παραπάνω. Εμφανίζονται όμως πιο επικίνδυνοι από τους νέους οδηγούς στις περιπτώσεις οδών με μια λωρίδα ανά κατεύθυνση.

5) Οι νέοι οδηγοί εμπλέκονται σε περισσότερα ατυχήματα από ότι οι πιο ηλικιωμένοι οδηγοί. Είναι αποδεκτό ότι οι μικρής ηλικίας οδηγοί αποτελούν σημαντικό μέρος του συνόλου των χρηστών του υπεραστικού οδικού δικτύου με αποτέλεσμα να έχουν υψηλά ποσοστά συμμετοχής σε ατυχήματα. Εκτός από το παραπάνω, δυο ακόμη λόγοι είναι οι αιτίες εμπλοκής των σε οδικά ατυχήματα. Πρώτον, οι νέοι γενικά διακατέχονται από **ενθουσιασμό, ανυπομονησία, αίσθημα συναγωνισμού** και ενώ δεν έχουν πλήρη **την αίσθηση του κινδύνου** όχι μόνο απωθούνται από αυτήν αλλά αντιθέτως έλκονται. Είναι χαρακτηριστικά των νέων τα οποία υπάρχουν βέβαια και στις μεγαλύτερες ηλικίες σε όχι όμως σε τόσο μεγάλο βαθμό. Αποτέλεσμα των γεγονότων αυτών είναι να απολαμβάνουν τη γρήγορη και επιθετική οδήγηση, αποδεικνύοντας στους εαυτούς τους και στους οικείους τους ότι οι οδηγικές τους ικανότητες είναι περισσότερες από αυτές των υπολοίπων χρηστών της οδού. Δεύτερον, οι νέοι οδηγοί δεν αντιλαμβάνονται πλήρως τον επαρκώς κίνδυνο εμπλοκής τους σε οδικό ατύχημα, ούτε το μέγεθος των συνεπειών εμπλοκής τους σε αυτό.

6) Παρατηρείται ότι η **μη αντίληψη του κινδύνου** οδικού ατυχήματος στους νέους οδηγούς αυξάνεται στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει **διαγράμμιση κατευθύνσεων** στον άξονα της οδού. Αντίθετα οι μεγάλοι σε ηλικία οδηγοί αντιμετωπίζουν πιο ώριμα και πιο σωστά τις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει διαγράμμιση κατευθύνσεων εξαιτίας της εμπειρίας που διαθέτουν για την αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων. Οι νέοι οδηγοί σε αυτές τις περιπτώσεις ατυχημάτων, λόγω της μεγάλης σιγουριάς ως προς τις οδηγικές τους ικανότητες και θεωρώντας ότι είναι πολύ νέοι για να τους συμβεί κάτι τολμούν επικίνδυνους ελιγμούς ακόμα και σε οδούς όπου η διαγράμμιση κατευθύνσεων είτε είναι μη ευκρινής είτε δεν υπάρχει καθόλου. Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα να μη μπορούν να κατευθύνουν κατάλληλα το όχημα

πάνω στο οδόστρωμα και έτσι πολλές φορές να παρεκκλίνουν επικίνδυνα από την αρχική τους πορεία. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μεγάλοι σε ηλικία οδηγοί γίνονται πιο επικίνδυνοι στις περιπτώσεις εμφανούς διαγράμμισης κατευθύνσεων ίσως γιατί θεωρούν τους εαυτούς τους πολύ έμπειρους για να πραγματοποιήσουν κάποια λάθος κίνηση σε περιπτώσεις όπου η συνθήκες οδήγησης είναι ευνοϊκές.

7) Σημαντική **επιρροή** στα **οδικά ατυχήματα εμφανίζει η κατωφέρεια** η οποία όταν παρουσιάζει **έντονες κλίσεις** οδηγεί σε ατυχήματα με μεγαλύτερη συμμετοχή κυρίως νέων οδηγών. Είναι γνωστό ότι τους νέους οδηγούς τους συναρπάζουν τις περισσότερες φορές καταστάσεις επικίνδυνες και αρέσκονται ότι κάνουν να το φτάνουν στα άκρα. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με την οδηγική τους συμπεριφορά. Τους συναρπάζει η ταχύτητα και θέλουν να οδηγούν πιο γρήγορα από τους υπόλοιπους. Η τάση αυτή στις περιπτώσεις έντονης κατωφέρειας μεγαλώνει ακόμα περισσότερο αφού η οδός από μόνη της προσφέρεται για ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων. Εκείνο όμως το οποίο δεν είναι συνειδητοποιημένο από τον νεαρό χρήστη της οδού σε αντίθεση με τους μεγάλους σε ηλικία οδηγούς είναι η μεγάλη δυσκολία επιβράδυνσης του οχήματος κυρίως όταν χρειάζεται άμεση αντίδραση. Αυτή είναι και η διαφορά των νέων οδηγών με τους χρήστες μεγαλύτερης ηλικίας. Ενώ δηλαδή η επιπολαιότητα των νέων δρα αρνητικά με αποτέλεσμα την αυξημένη συμμετοχή τους σε οδικά ατυχήματα, η ήρεμη συμπεριφορά των μεγαλύτερων σε συνδυασμό με την εμπειρία τους στις περιπτώσεις ομαλής κατωφέρειας οδηγούν τους τελευταίους να συμμετέχουν σε σημαντικό αριθμό ατυχημάτων.

8) Το γεγονός ότι το ποσοστό των ατυχημάτων **εμφανίζεται αυξημένο** στις **κλειστές δεξιές** στροφές δείχνει ότι ο νέος Έλληνας οδηγός εμφανίζει μια τάση **ακατάλληλης οδικής συμπεριφοράς**, επιτρέποντας στον εαυτό του να πραγματοποιήσει ελιγμούς του οχήματος του ακόμα και όταν η ορατότητα είναι μειωμένη με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πιθανότητα εμπλοκής του σε οδικό ατύχημα. Βέβαια υπάρχει και η αυξημένη πιθανότητα ο σχεδιασμός μιας κλειστής στροφής να είναι τέτοιος ώστε ο νέος οδηγός με την απειρία που τον διακατέχει να μην πάρει την πληροφορία για το είδος της στροφής με

αποτέλεσμα η ταχύτητα του να είναι μεγαλύτερη από ότι θα έπρεπε και να προκληθεί ατύχημα. Αντίθετα, οι μεγαλύτεροι σε ηλικία οδηγοί μπορούν με την εμπειρία τους να αντιμετωπίσουν καλύτερα τέτοιου είδους καταστάσεις.

Παράλληλα οι νέοι είναι πιο επιρρεπείς στα ατυχήματα κλειστών στροφών ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά που επικρατούν στην οδό κατά τη στιγμή του ατυχήματος. Το γεγονός αυτό προκύπτει εκτός από την δική τους υπερεκτίμηση στις οδικές στους ικανότητες και στην αντίληψη ότι το αυτοκίνητο τους έχει απεριόριστες ικανότητες όπως κατάλληλη επιτάχυνση και επιβράδυνση με αποτέλεσμα προσπεράσεις ακόμα και στη στροφή θεωρώντας ότι και δεν θα τους ωθήσει η φυγόκεντρος δύναμη στο αντίθετο ρεύμα αφού η τεχνολογία του αυτοκινήτου είναι εξελιγμένη και θα τους κρατήσει στην πορεία. Αυτό σε συνδυασμό με την γρήγορη επιτάχυνση τους επιτρέπει να θεωρούν ότι είναι ικανοί να πραγματοποιήσουν τον ελιγμό και να επιστρέψουν σε ασφαλή πορεία σε μικρό χρονικό διάστημα αποφεύγοντας δύσκολες καταστάσεις.

9) Ένα από τα αξιοσημείωτα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η **επιρροή της κεντρικής νησίδας**. Πράγματι αντίθετα σε εκείνο που κανείς θα περίμενε, η ύπαρξη κεντρικής νησίδας τόσο σε περιπτώσεις κατωφέρειας μεγάλων κλίσεων, όσο και σε εκείνες των δεξιών στροφών έχει **σημαντική επιρροή** στο ποσοστό των ατυχημάτων που εμπλέκονται στις **μικρές ηλικιακά ομάδες χρηστών** του οδικού δικτύου. Βέβαια κάτι τέτοιο δεν σημαίνει την κατάργηση της νησίδας ούτε ότι έχει αρνητική επίπτωση στην οδική ασφάλεια. Απλά στους συγκεκριμένους τύπου οδικών ατυχημάτων τους οποίους εξετάζει η συγκεκριμένη έρευνα φαινομενικά η ύπαρξη κεντρικής νησίδας συνεπάγεται και αύξηση του αριθμού των ατυχημάτων σε νέους οδηγούς γιατί η προσκρούσεις σε αυτή από λανθασμένους ίσως χειρισμούς των τελευταίων να οδηγούν σε αυτό το αποτέλεσμα. Είναι γνωστό ότι η οδηγική συμπεριφορά των μικρών σε ηλικία οδηγών παρουσιάζει κάποιες ιδιαιτερότητες εξαιτίας της γενικότερης συμπεριφοράς που διακατέχει αυτές τις κατηγορίες οδηγών. Οι νέοι γενικά διακατέχονται από ενθουσιασμό, ανυπομονησία, αίσθημα συναγωνισμού και έλξη από την αίσθηση του κινδύνου, σε μεγαλύτερο βαθμό από τα άτομα

μεγαλύτερης ηλικίας. Παράλληλα η ασφάλεια που δημιουργεί η νησίδα κυρίως ως προς την αποφυγή μετωπικών συγκρούσεων με τη μη εκτροπή του οχήματος από την πορεία του και την είσοδο στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας κάνει τους νέους οδηγούς να τρέχουν πιο γρήγορα. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι η γρήγορη και η επιθετική οδήγηση, με αποτέλεσμα να συμμετέχουν σε ατυχήματα που γίνονται από πρόσκρουση του οχήματος σε κάποιο σταθερό εμπόδιο που πολλές φορές μπορεί να είναι η νησίδα. Αντίθετα οι μεγάλης ηλικίας οδηγοί αποφεύγουν τέτοιου είδους ατυχήματα αφού μέσω της εμπειρίας τους έχουν ωριμάσει όσον αφορά την οδηγική τους νοοτροπία οδηγώντας πιο ήρεμα, πιο συγκεντρωμένα και πιο αργά.

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με βάση τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας προέκυψε σειρά προτάσεων, χρήσιμων για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας, όπως αυτές που παρουσιάζονται παρακάτω.

1) Είναι απαραίτητο στο **σχεδιασμό** των υπεραστικών οδών να **επαναπροσδιοριστούν** τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (μεγαλύτερες ακτίνες και επικλίσεις, μεγαλύτερα μήκη ορατότητας, καταλληλότερα τόξα ορατότητας, σταθερό πλάτος διατομής ως προς το πλάτος της λωρίδας και τον αριθμό των λωρίδων, συχνές προειδοποιήσεις για οποιαδήποτε αλλαγή στη πορεία κάθε λωρίδας, και τέλος με την ύπαρξη ερεισμάτων), με βάση **νέες ταχύτητες** μελέτης και **μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους** έτσι ώστε να ανταποκρίνονται καλύτερα στα σημερινά δεδομένα αλλά και στα κυκλοφοριακά μεγέθη της επόμενης δεκαετίας.

2) Θα πρέπει ο σχεδιασμός των οδών να γίνεται πάντα **με βάση τη δυσμενέστερη ηλικία οδηγού** αναφορικά για κάθε ένα από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Ίσως να μπορεί να βελτιωθεί το επίπεδο οδικής ασφάλειας αν ο σχεδιασμός των κλειστών στροφών γινόταν με βάση τα χαρακτηριστικά των νέων οδηγών ενώ των ομαλών με βάση εκείνα των ηλικιωμένων που αποτελούν αντίστοιχα την δυσμενέστερη ομάδα για το τύπο συγκεκριμένο τύπο στροφών. Κάτι ανάλογο θα μπορούσε να γίνει και για τα υπόλοιπα

γεωμετρικά χαρακτηριστικά για τις δυσμενείς περιπτώσεις των οποίων κύρια ομάδα σχεδιασμού πρέπει να είναι οι ηλικίες από 18 έως 36. Αντίθετα, για τις περιπτώσεις οδών όπου τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι ευμενή, ο σχεδιασμός των οδών θα πρέπει να γίνεται με βάση κυρίως τις απαιτήσεις που έχει η αντίστοιχη ομάδα υψηλού κινδύνου οι ηλικίες δηλαδή από 37 έως και 55.

3) Πρέπει να πραγματοποιηθεί μια **μακροσκοπική ανάλυση των παραμέτρων της οδικής υποδομής που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια** με στόχο την παροχή χρήσιμων πληροφοριών που θα βοηθήσουν στη μείωση των ατυχημάτων της χώρας. Αυτό διότι τα οδικά στοιχεία επιδρούν μεταξύ τους και με τους άλλους παράγοντες που σχετίζονται με τον χρήστη της οδού, το όχημα, την κυκλοφορία και το περιβάλλον για να επηρεάσουν, κατά ιδιαίτερο τρόπο κάθε φορά, τη συχνότητα, το είδος και τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.

5) Η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε ότι το **ποσοστό των ατυχημάτων των νέων οδηγών αυξάνεται όταν δεν υπάρχει διαγράμμιση κατευθύνσεων** στον άξονα της οδού. Παράλληλα σημαντική μείωση παρατηρήθηκε στα ατυχήματα νέων οδηγών σε οδούς με ευκρινή διαγράμμιση κατευθύνσεων. Με τη διαγράμμιση στον άξονα της οδού μπορεί να επιτευχθεί ο περιορισμός των ελιγμών ενός οχήματος που οδηγεί ένας νέος οδηγός πετυχαίνοντας με το τρόπο αυτό μείωση οδικών ατυχημάτων.

6) Θετικά αποτελέσματα στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας των νέων οδηγών στο υπεραστικό οδικό δίκτυο θα επέφερε η **ομαλοποίηση των μεγάλων κλίσεων κατωφέρειας**, στόχος που λόγω της μορφολογίας του Ελληνικού χώρου είναι εξαιρετικά δύσκολος να επιτευχθεί. Εάν επιτευχθεί κάτι τέτοιο έστω και σε μικρό βαθμό θα βοηθούσε στη μείωση των οδικών ατυχημάτων.

7) Θα πρέπει να γίνεται με τον **καλύτερο τρόπο τόσο η περιγραφή και η κατανόηση των τάσεων των ατυχημάτων, όσο και ο προσδιορισμός των παραγόντων που εξηγούν τις τάσεις αυτές**. Αυτό αποτελεί και τη

βάση για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας. Η ποιότητα και η ποσότητα των δεδομένων που συλλέγονται για τον σκοπό αυτό παίζουν καθοριστικό ρόλο στη παρακολούθηση των δράσεων για την μείωση των οδικών ατυχημάτων. Θα πρέπει λοιπόν να ικανοποιούνται οι προδιαγραφές ποιότητας των δεδομένων για επαρκή χρονική περίοδο, η οποία θα επιτρέπει τον εντοπισμό των τάσεων των ατυχημάτων.

8) Ιδιαίτερη **έμφαση** θα πρέπει να δοθεί στα **γεωμετρικά χαρακτηριστικά** που μελετήθηκαν στη συγκεκριμένη έρευνα τα οποία όπως φάνηκε μέσα από τα μαθηματικά πρότυπα αλλά και από τα συμπεράσματα επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα. Έτσι χρειάζεται να δοθεί προσοχή στη **διαγράμμιση κατευθύνσεων** στον άξονα της οδού ως προς την ευκολία με την οποία μπορεί να κατευθύνει ο χρήστης το όχημα στο δρόμο. Επίσης η **ύπαρξη νησίδας** αποτελεί σημαντικό παράγοντα αφού η σοβαρότητα των ατυχημάτων για κάθε κατηγορία οδού είναι ανεξάρτητη από τον τύπο της οδού, με εξαίρεση όμως την ύπαρξη ή μη διαχωριστικής νησίδας, αφού η σοβαρότητα των ατυχημάτων είναι δυνατόν να επηρεάζεται περισσότερο από την ανομοιογένεια στο σχεδιασμό της οδού παρά από την ύπαρξη της. Εάν καταφέρουμε να βελτιώσουμε τα παραπάνω χαρακτηριστικά θα έχουμε μείωση των οδικών ατυχημάτων στις κρίσιμες ηλικίες αυξάνοντας το επίπεδο της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα.

9) Επίσης είναι απαραίτητες **εκστρατείες ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης** των ομάδων των χρηστών του υπεραστικού δικτύου με κατάλληλα μηνύματα ενημέρωσης. Προς αυτή τη κατεύθυνση κρίνεται σκόπιμη η ενημέρωση της κάθε ομάδας περισσότερο στους τομείς όπου παρουσιάζεται το πρόβλημα και λιγότερο για τα προβλήματα της άλλης. Για παράδειγμα θα μπορούσαν οι νέοι οδηγοί να ενημερώνονται περισσότερο για τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν στις δυο λωρίδες ανά κατεύθυνση και λιγότερο για το ότι στις περιπτώσεις οδών μιας λωρίδας ανά κατεύθυνση οι οδηγοί μεγαλύτερης ηλικίας εμφανίζουν αυξημένο ποσοστό συμμετοχής στα οδικά ατυχήματα.

6.4 ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είχε **στόχο** να διερευνήσει τη **σχετική επικινδυνότητα** του υπεραστικού οδικού δικτύου. Στην παρούσα έρευνα διερευνήθηκε η επιρροή των παραγόντων εκείνων που εκτιμάται ότι έχουν άμεση επιρροή στη σχετική επικινδυνότητα της οδού ανά ηλικία οδηγού στη πρόκληση των οδικών ατυχημάτων. Για τη διερεύνηση της απόλυτης επικινδυνότητας χρειάζεται συλλογή αναλυτικών δεδομένων των οχηματοχιλιόμετρων και των επιβατοχιλιομετρων. Κατά συνέπεια θεωρήθηκε ότι η εξέταση της επικινδυνότητας του υπεραστικού δικτύου με τη χρήση των απαραίτητων στοιχείων όπως είναι τα οχημ-χλμ και τα επιβ-χλμ μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο για μια ξεχωριστή έρευνα.

Χρήσιμο ακόμη θα ήταν να **εκπονηθεί μια μελέτη με αντικείμενο την επίδραση των κυκλοφοριακών και των καιρικών συνθηκών** στα ατυχήματα του υπεραστικού οδικού δικτύου της χώρας μας, παράλληλα βέβαια με την επιρροή των γεωμετρικών παραμέτρων.

Ταυτόχρονα θα πρέπει να εξεταστεί το ενδεχόμενο τοποθέτησης **απορροφητήρων ενέργειας κρούσης** κυρίως σε νησίδες αφού τα αποτελέσματα στις ΗΠΑ (ΣΕΣ 2001) είναι ενθαρρυντικά. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η ελάττωση της σφοδρότητας πρόσκρουσης ατυχημάτων σε ακλόνητα εμπόδια όπως νησίδες, περιφράγματα μεταλλικά ή από σκυρόδεμα που βρίσκονται στο οδικό δίκτυο, αποφεύγοντας έτσι θανάσιμους τραυματισμούς επιβαινόντων.

Άμεση συνέπεια όλων των παραπάνω θα **είναι η καταγραφή όλων εκείνων των παραγόντων που επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα** αναφορικά με όλες τις κατηγορίες αυτών και σε όλους τους τύπους του οδικού δικτύου. Έτσι με μελέτες πριν και μετά θα είναι δυνατή η αξιολόγηση των επεμβάσεων στο οδικό δίκτυο. Με αυτό τον τρόπο μπορεί **να πραγματοποιηθεί καλύτερη και ασφαλέστερη χάραξη των οδών** , και μπορεί να αντιμετωπιστεί καλύτερα το πρόβλημα της οδικής ασφάλειας στη χώρα μας, με αποτέλεσμα να **μειωθεί ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων**.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. ΓΙΩΤΗΣ, ΑΠ., ΚΑΝΕΛΛΑΙΔΗΣ, Γ., ΜΑΛΕΔΡΟΣ, Γ. Αθήνα 1993 Σημειώσεις για το γεωμετρικό σχεδιασμό των οδών, ΕΜΠ.
2. ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗ, Ι.Μ., ΓΚΟΛΙΑ Ι.Κ. Αθήνα 1994 Οδική Ασφάλεια, Παπασωτηρίου.
3. GOLIAS, J., KARLAFTIS, M.G. 2001 Effects of road geometry and traffic volumes on rural roadway accident rates.
4. FORREST M. COUNCIL (1996). Safety benefits of spiral transitions on horizontal curves on two-lane rural lanes. Transportation Research Record 1635, 10-17.
5. D. O' CINNEIDE (1994). The relationship between geometric design standards and safety, HTML file, Transportation Research Record 44-1, 44-6.
- 6)YUSUF M. MOHAMEDSHAH, AMY R. KOHLS., 1994. Accident rates using HSIS, Public roads
- 7) U.S DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (FHWA), October 1999. Crash models for rural intersections: Four-Lane by Two-Lane, Stop-Controlled and Two-Lane by Two-Lane Signalized, Publication N_o. FHWA-RD-99-128
- 8) U.S DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (FHWA), December 2000. Prediction of the expected safety performance of rural Two-Lane Highways, Publication N_o. FHWA-RD-99-207
- 9) ANTHONY P. VOIGT, RAYMOND A. KRAMMES (1994), An operational and safety evaluation of alternative horizontal curve design approaches on rural two-lane highways. Served by Transportation Research Board.

10). GOLIAS, J., GIANNIS, G. Αθήνα 1999. Dealing with lack of exposure data in road accident analysis.

11) OWEN K. ARNDT, ROD J. TROYTBECK (1993). Relationship between roundabout geometry and accident rates. Served by Transportation Research Board.

12) CHRISTO J. BESTER, JOSTER A. MAKUNJE (1996). The effect of rural road geometry on safety in Southern Africa. Served by Transportation Research Board.

13) U.S DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (FHWA). November 1992. Safety effectiveness of highway design features. Publication N_o. FHWA-RD-91-045.

14) SHAW-PIN MIAOU, HARRY LUM, February 1993 Modeling vehicle accidents and highway geometric design relationships. Accident Analysis and Prevention.

15) MIAOU, S.P., HU, P.S., WRIGHT, T., RATHI, A.K., DAVIS, S.C., (1992). Relationship between truck accidents and highway geometric design: a poisson regression approach. Transportation research record 1376, 10-18.

16) S.- P. MIAOU, (1994). The relationship between truck accidents and geometric design of road sections: poisson versus negative binominal regressions. Accident Analysis and Prevention, Vol. 26, N_o. 4, pp 471-482

17) ANDREW VOGT, JOE BARED, (1999). Accident models for two-lane rural segments and intersections, Transportation Research Record 1635, 18-29.

- 18) WAEL H. AWAD, BRUCE N. JANSON, (1999). Prediction models for truck accidents at freeway ramps in Washington State using regression and artificial intelligence techniques. Transportation Research Record 1635, 30-36
- 19) KARLAFTIS, M.G., TARKO, A., (1998). Heterogeneity considerations in accident modeling. Accident Analysis and Prevention 30 (4), 425-433.
- 20) IVAN, J.N., O'MARA, P.J., (1997). Prediction of Traffic Accident Rates Using Poisson Regression. Transportation Research Board Meeting, Washington, D.C.
- 22) MESSER, C.J., MOUNCE, J.M., BRACKETT, R.Q., (1981). Highway Geometric Design Consistency Related to Driver Expectancy. Vols. II and III, Federal Highway Administration.
- 23) DART, O.K., MANN, L.,(1970). Relationship of Rural Highway Geometry to Accident Rates in Louisiana. Highway Research Record 312, Highway Research Board.
- 24) PINDYCK, R., RUBINFELD, D. (1991). Econometric models and economic forecasts.
- 25) HARDWOOD, D.W., MASON, J.M., GRAHAM, J.L., (1994). Conceptual Plan for an Interactive Highway Safety Design Model. Report No. FHWA-RD-93-122, Federal Highway Administration.
- 26) BITZEL, I.F., (1957). Accident Rates on German Expressways in Relation to Traffic Volumes and Geometric Design. Roads and Road Construction.
- 27) MULLINS, B.F.K., KEESE, C.J., (1961). Freeway Traffic Accident Analysis and Safety Study. Highway Research Bulletin 2915, Highway Research Board.

28) GARNER, G.R., DEEN, R.C., (1971). Elements of Median Design in Relation to Accident Occurance. Highway Research Record 32, Highway Research Board.

29) ZEGER, C.V., HUMMER, J., REINFURT, D., HERF, L., HUNTER, W., (1986). Safety Effects of Cross-Section Design for Two-Lane Roads. Volume I, Report No. FHWA-RD-87-008, Federal Highway Administration.

30) HIRSH, M., (1987). Probabilistic Approach to Consistency in Geometric Design. J. Transp. Engrg., ASCE.

31) LAMM, R., CHOUERI, E.M., MAILAENDER, T., PALURI, A., (1989). A Logical Approach to Geometric Design Consistency of Two-Lane Rural Roads in the U.S.A. Proc., 11th Int. Road Federation World Meeting, Int. Road Federation, Geneva, Switzerland.

32) KRAMMES, R.A., GLASCOCK, S.W., (1992). Geometric Inconsistencies and Accident Experience on Two-Lane Rural Highways. Transportation Research Record 1356.

33) ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΕΜΠ, "Ανάπτυξη Στρατηγικού Σχεδίου για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα 2001 - 2005", Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας, Αθήνα, Μάρτιος 2001.

34) KANELLAIDIS, G. (1995). Factors affecting drivers' attitudes towards speed limit violations", Journal of Safety Research.

35) KANELLAIDIS, G. (1996). Human Factors in Highway Geometric Design", ASCE Journal of Transportation Engineering.

36) ΚΑΝΕΛΛΑΙΔΗΣ, Γ., ΖΕΡΒΑΣ, Α., ΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ, Ι. (1997). "Διερεύνηση της αντίληψης των οδηγών για την επικινδυνότητα των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των υπεραστικών οδών". Τεχνικά Χρονικά.