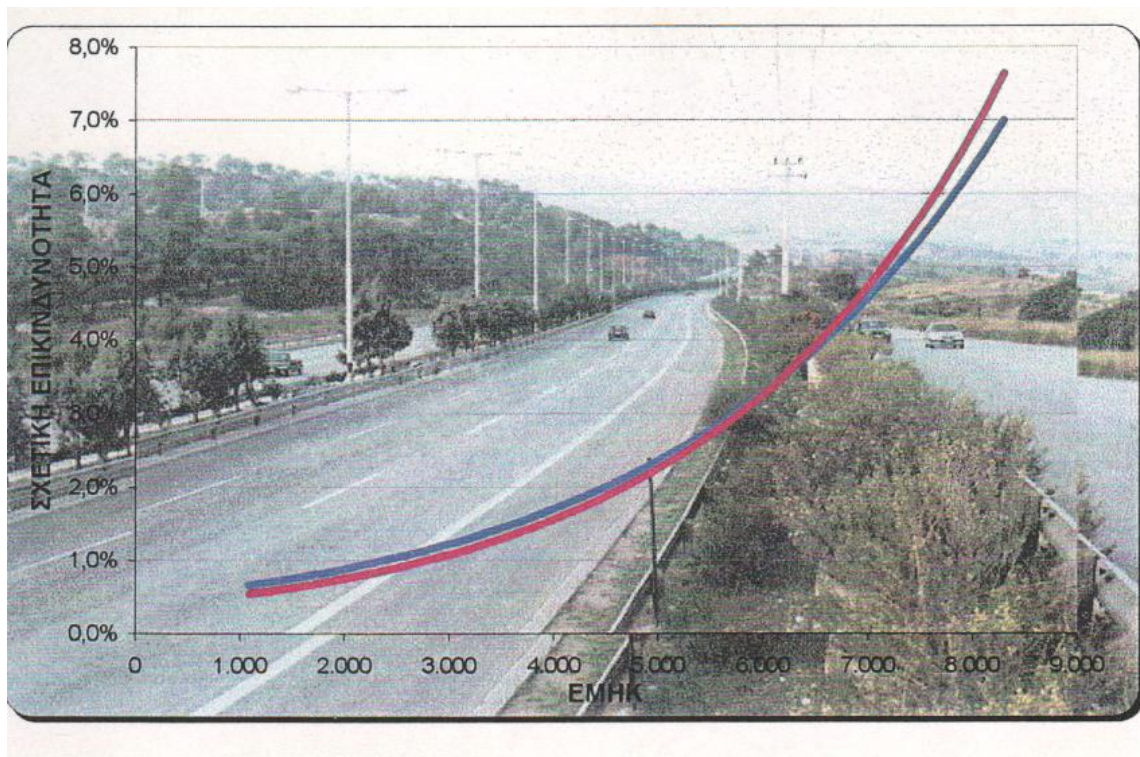


**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**



**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ
ΣΤΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ
ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ**



ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ Σ. ΜΠΟΥΡΝΕΛΑΚΗ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΓΙΩΡΓΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ**

ΑΘΗΝΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2002

***Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αφιερωμένη
στη μνήμη του πατέρα μου Σπύρου Ε. Μπουρνελάκη.***

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ήταν η διερεύνησή της επιρροής της κεντρικής νησίδας στη σχετική επικινδυνότητα επίπεδων και ευθύγραμμων οδικών τμημάτων του υπεραστικού οδικού δικτύου. Με βάση ευρεία βιβλιογραφική ανασκόπηση επιλέχθηκε η χρήση της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης, η οποία εφαρμόστηκε στα εξατομικευμένα στοιχεία ατυχημάτων της περιόδου 1996 – 1999 επί του οδικού άξονα ΠΑΘΕ και οδήγησε στην ανάπτυξη τριών μαθηματικών προτύπων. Το πρώτο συσχετίζει τον αριθμό ατυχημάτων με την κεντρική νησίδα, την ΕΜΗΚ, τις καιρικές συνθήκες και τις συνθήκες φωτισμού. Τα άλλα δύο πρότυπα συσχετίζουν τις παραπάνω παραμέτρους με τα ατυχήματα επιβατικών οχημάτων καθώς και εκείνα με μετωπικές και πλαγιομετωπικές συγκρούσεις. Η εφαρμογή των προτύπων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι τα δυσμενή χαρακτηριστικά της οδού και του περιβάλλοντος (π.χ απουσία κεντρικής νησίδας, βροχή) έχουν αρνητική επίδραση στην οδική ασφάλεια, η οποία είναι περισσότερο σημαντική σε οδικά τμήματα με κυκλοφοριακούς φόρτους υψηλότερους από 5300 – 6000 οχήματα ανά ημέρα.

ABSTRACT

The present Diploma Thesis aims at studying the relative risk impact of median in straight and flat segments of the interurban road network. On the basis of large bibliographical research the use of lognormal regression has been adopted and applied in the disaggregate road accident data of 1996 – 1999 on the Patra – Athens – Thessaloniki road axis. The statistical analysis has led to the development of three mathematical models. The introduction of the concept of the “relative road accident risk” allows the comparison of the road safety between segments with or without median. The first model correlates the median with the annual average daily traffic (AADT), the lighting and the weather conditions. The other two models correlate the above factors with passenger car accidents head on and at angle collisions. The application of the models showed a negative impact when the road environment characteristics are unfavorable (e.g no median, rain) and the ADT is greater than 5300 – 6000 vehicles per day.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στο Λέκτορα του ΕΜΠ κ. Γ. Γιαννή τόσο για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας όσο και για την πολύτιμη καθοδήγηση του σε όλα τα στάδια της πορείας εργασίας μέχρι την ολοκλήρωση της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Λέκτορα του Ε.Μ.Π κ. Μ. Καρλαύτη για τη σημαντική βοήθεια του στη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων.

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

Ελευθερία Σπυρίδωνος Μπουρνελάκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η διερεύνηση της επιρροής της ύπαρξης κεντρικής νησίδας στο ποσοστό σχετικής επικινδυνότητας ευθύγραμμων και επίπεδων τμημάτων του υπεραστικού οδικού δικτύου της Ελλάδας με χρήση της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Το ποσοστό σχετικής επικινδυνότητας ορίζεται ως ο λόγος των ατυχημάτων ενός τύπου για τις αντίστοιχες τιμές της ΕΜΗΚ προς το σύνολο των ατυχημάτων του τύπου αυτού, παραδείγματος χάριν για τους τύπους ατυχήματος με κεντρική νησίδα το ποσοστό σχετικής επικινδυνότητας ορίζεται ως εξής:

$$\text{σχετική επικινδυνότητα} = \frac{\text{ατυχήματα με κεντρική νησίδα στην αντίστοιχη τιμή της ΕΜΗΚ}}{\text{σύνολο ατυχημάτων με κεντρική νησίδα}} \%$$

Η έννοια του ποσοστού σχετικής επικινδυνότητας επιλέχθηκε διότι στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η σύγκριση της επικινδυνότητας με και χωρίς κεντρική νησίδα και όχι η συσχέτιση ατυχημάτων και κυκλοφοριακού φόρτου. Ο όρος του ποσοστού επικινδυνότητας συνδυάστηκε με την Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (ΕΜΗΚ) των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

Με βάση τη σχετική βιβλιογραφική ανασκόπηση και τη γενική ανάλυση των στοιχείων, **επιλέχθηκε σειρά μεταβλητών** της βάσης δεδομένων οδικών ατυχημάτων του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής ΕΜΠ με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδας (ΕΣΥΕ). Μετά από σχετική διερεύνηση για τη στατιστική ανάλυση των στοιχείων επιλέχθηκε η μέθοδος της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**. Τελικός στόχος ήταν μέσω των σχέσεων που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία να διερευνηθεί η επιρροή της ύπαρξης κεντρικής νησίδας στα οδικά ατυχήματα καθώς και να ποσοτικοποιηθεί αυτή η επιρροή.

Τα **στοιχεία** που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν στα οδικά ατυχήματα και αναφέρονται στα έτη από το 1996 έως το 1999. Η συλλογή των στοιχείων

πραγματοποιήθηκε από τη βασική πηγή στοιχείων οδικών ατυχημάτων, δηλαδή τα Δελτία Οδικού Τροχαίου Ατυχήματος (ΔΟΤΑ) Τα **στοιχεία κυκλοφοριακού φόρτου** που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας προέρχονται από τα στοιχεία που συλλέγονται στους σταθμούς διοδίων του υπεραστικού δικτύου της Ελλάδας. Με βάση τα στοιχεία αυτά συμπληρώθηκε η βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ με στοιχεία ετήσιων κυκλοφοριακών φόρτων τόσο ανά τύπο οχήματος όσο και για το σύνολο των οχημάτων.

Επιλέχθηκε από τη βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ να **εξεταστούν** τα ατυχήματα που συμβαίνουν στο **υπεραστικό οδικό δίκτυο** της Ελλάδας. Η επιλογή αυτή έγινε καταρχήν διότι 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 και για άλλα οδικά τμήματα με όμοια χαρακτηριστικά. 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 κυκλοφορία πεζών και οι συχνές διασταυρώσεις, με αποτέλεσμα, να είναι πιο δύσκολο από ότι στις υπεραστικές οδούς να απομονωθεί η επιρροή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών στα οδικά ατυχήματα.

Στοιχεία κυκλοφοριακών φόρτων ήταν διαθέσιμα μόνο για τον οδικό άξονα Πάτρα-Αθήνα-Θεσσαλονίκη γεγονός που περιορίσε την έρευνα στα οδικά τμήματα του άξονα αυτού . Για την εξασφάλιση της ομοιομορφίας των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων από άποψη οδικής ασφάλειας, η έρευνα περιορίστηκε στη μελέτη των **ευθύγραμμων και επίπεδων οδικών τμημάτων** του οδικού άξονα **Πάτρα-Αθήνα-Θεσσαλονίκη**. Θεωρήθηκε ότι με τον τρόπο αυτό θα ήταν δυνατή ενδεχομένως η γενίκευση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας και σε άλλα οδικά τμήματα με παρόμοιες οδικές συνθήκες. Με το ίδιο σκεπτικό **δεν εξετάστηκαν** τα τμήματα με οριζοντιογραφικές καμπύλες καθώς και οι ισόπεδοι και ανισόπεδοι κόμβοι

εξασφαλίζοντας ότι τα εξεταζόμενα οδικά τμήματα ήταν συγκρίσιμα από άποψη οδικής ασφάλειας.

Στη συνέχεια ακολούθησε στατιστική ανάλυση των επιλεγμένων μεταβλητών με τη μέθοδο της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης** (lognormal regression). Το αποτέλεσμα της ανάλυσης αυτής ήταν η ανάπτυξη τριών μαθηματικών προτύπων, από τα οποία προκύπτει η συσχέτιση του ποσοστού επικινδυνότητας με την ύπαρξη ή μη κεντρικής νησίδας, τον κυκλοφοριακό φόρτο, τις καιρικές συνθήκες και τις συνθήκες φωτισμού.

Μετά την **ολοκλήρωση** της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων προσδιορίστηκαν οι παράμετροι και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά με στατιστικά **σημαντική επιρροή** στο ποσοστό σχετικής επικινδυνότητας των εξεταζόμενων τμημάτων και η **ευαισθησία** της επιρροής των μεταβλητών του προτύπου στο ποσοστό σχετικής επικινδυνότητας των εξεταζόμενων τμημάτων.

- Στο πρώτο μαθηματικό πρότυπο προσδιορίστηκε η επιρροή της κεντρικής νησίδας, της ΕΜΗΚ, των καιρικών συνθηκών και των συνθηκών φωτισμού **στο σύνολο των οδικών ατυχημάτων**.

$$Y=10^{(-0,34 + 0,61 \cdot MED - 0,98 \cdot W - 0,095 \cdot L + 2,45 \cdot 10^{-6} \cdot V + 1,76 \cdot 10^{-5} \cdot (MED \cdot V) - 1,41 \cdot 10^{-5} \cdot (L \cdot V) + 1,01 \cdot 10^{-4} \cdot (W \cdot V))}$$

- Στο δεύτερο μαθηματικό πρότυπο προσδιορίστηκε η επιρροή της ύπαρξης κεντρικής νησίδας, του κυκλοφοριακού φόρτου, των καιρικών συνθηκών και των συνθηκών φωτισμού στα οδικά ατυχήματα με **εμπλοκή επιβατικών οχημάτων**. Στο τρίτο μαθηματικό πρότυπο προσδιορίστηκε η επιρροή των παραπάνω μεταβλητών στις **μετωπικές και πλαγιομετωπικές** συγκρούσεις των επιβατικών οχημάτων.

Από τα τρία μαθηματικά πρότυπα που προέκυψαν επιβεβαιώνεται η **αύξουσα τάση του ποσοστού επικινδυνότητας** με την αύξηση του κυκλοφοριακού

φόρτου, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τη βιβλιογραφία (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, 1994), (Δαμιανός, 1984). Στους υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους δηλαδή παρατηρούνται υψηλά ποσοστά επικινδυνότητας, γεγονός που οφείλεται πιθανώς στην αυξημένη πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα λόγω της αυξημένης κυκλοφορίας.

Ένα από τα αξιοσημείωτα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας είναι η **σημαντική επιρροή της κεντρικής νησίδας στα οδικά ατυχήματα**. Σε οδικά τμήματα με υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους η ύπαρξη κεντρικής νησίδας συνεπάγεται τη μείωση του ποσοστού επικινδυνότητας, δηλαδή συμβάλλει στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας. Δηλαδή όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι υψηλός και κατά συνέπεια οι αναπτυσσόμενες ταχύτητες χαμηλές, η ύπαρξη κεντρικής νησίδας φαίνεται να επηρεάζει θετικά το ποσοστό σχετικής επικινδυνότητας.

Αξίζει να τονιστεί ότι για το σύνολο των οχημάτων, η τιμή της ΕΜΗΚ κατά την οποία οι καμπύλες των διαγραμμάτων **τέμνονται** βρίσκεται ανάμεσα στα **5200 και 6000 οχήματα ανά ημέρα**. Για υψηλότερες τιμές της ΕΜΗΚ, η απουσία κεντρικής νησίδας σε συνθήκες βροχής και ημέρας επιδρά περισσότερο αρνητικά με αποτέλεσμα την αυξημένη επικινδυνότητα. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να φανεί χρήσιμο κατά τη διαδικασία επιλογής των οδικών τμημάτων με βάση τον κυκλοφοριακό φόρτο που συνήθως παρατηρείται σε αυτά, στα οποία η κατασκευή κεντρικής νησίδας ενδέχεται να συμβάλλει περισσότερο στη βελτίωση της οδικής ασφάλειάς.

Εξίσου σημαντικό συμπέρασμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η **διαφοροποίηση** της επιρροής της κεντρικής νησίδας στα οδικά ατυχήματα ανάλογα **με τις καιρικές συνθήκες**. Η απουσία κεντρικής νησίδας σε συνθήκες βροχής και υψηλών κυκλοφοριακών φόρτων εμφανίζει υψηλότερα ποσοστά επικινδυνότητας από την περίπτωση ύπαρξης κεντρικής νησίδας.

Επισημαίνεται ότι η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** μπορεί να αποτελέσει **κατάλληλη** μέθοδο για τη συσχέτιση των ατυχημάτων με την ύπαρξη κεντρικής νησίδας και τον κυκλοφοριακό φόρτο, αφού τα τρία

μαθηματικά πρότυπα, που προέκυψαν με χρήση της μεθόδου αυτής, θεωρούνται αξιόπιστα και τα εξαγόμενα συμπεράσματα φαίνεται να είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας. Αξίζει να αναφερθεί η ότι η λογοριθμοκανονική παλινδρόμηση παρέχει τη δυνατότητα αναπαράστασης σε μορφή καμπύλης με χρήση γραμμικής παλινδρόμησης.

Τα μαθηματικά πρότυπα που αναπτύχθηκαν μέσα στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα **για την πρόβλεψη** του ποσοστού σχετικής επικινδυνότητας κατά τη μελέτη νέων ή προς αναβάθμιση οδικών τμημάτων, υπό την προϋπόθεση ότι είναι διαθέσιμες οι σχετικές προβλέψεις κυκλοφοριακού φόρτου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

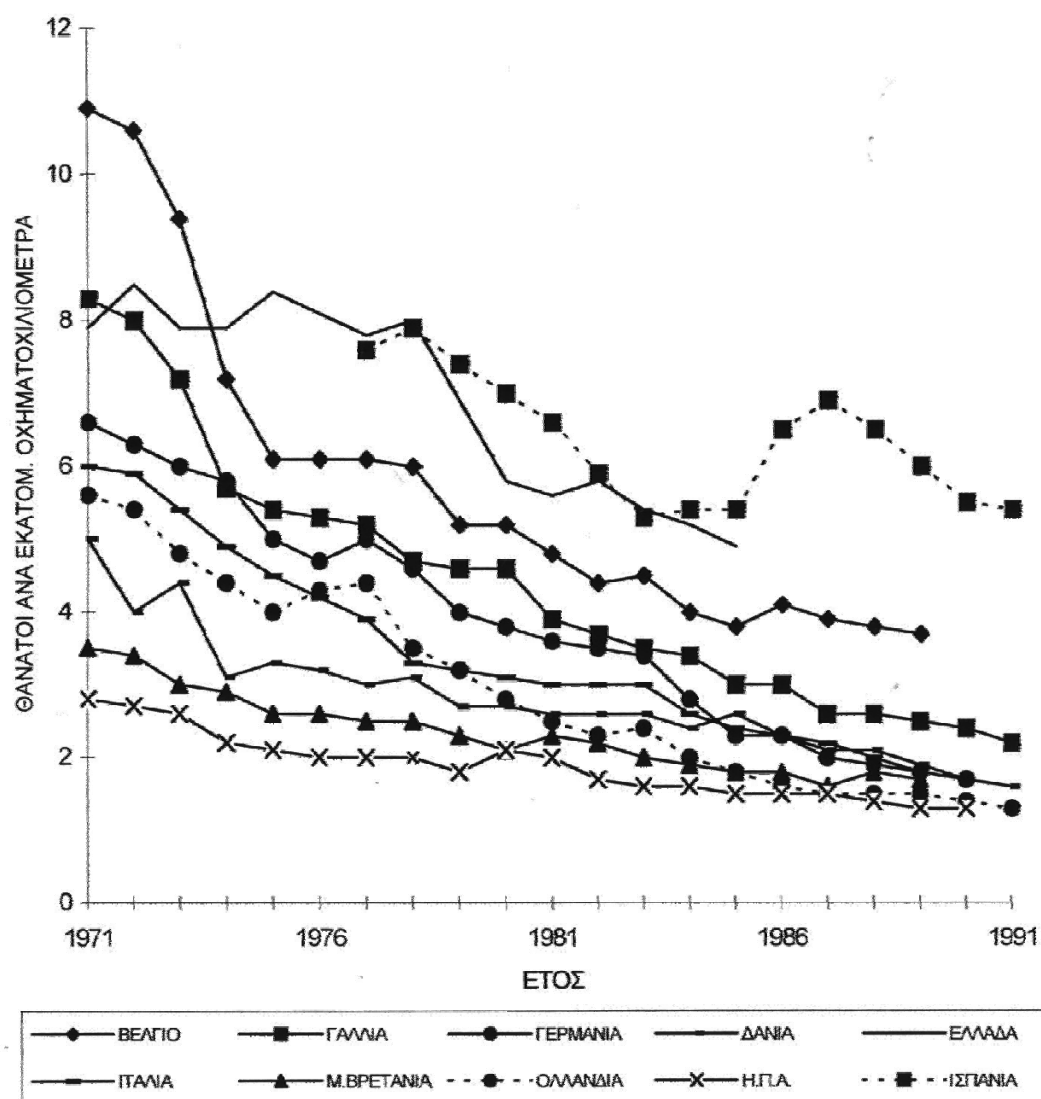
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

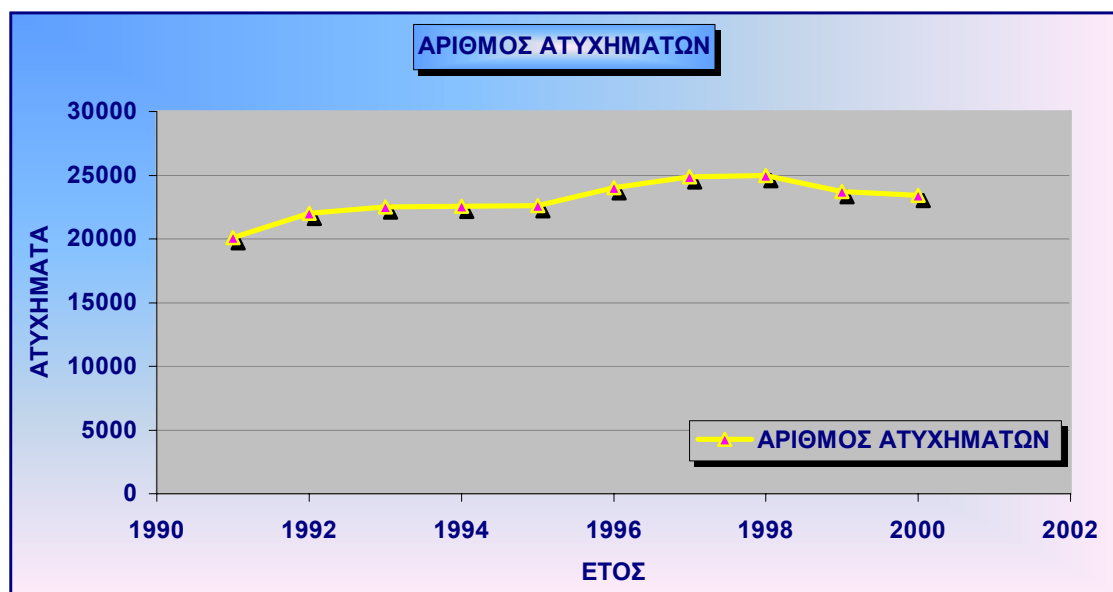
Σύμφωνα με επίσημα στοιχεία των φορέων οδικής ασφάλειας **τα οδικά ατυχήματα αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των ατυχημάτων στις μεταφορές**. Στην Ελλάδα καταγράφονται κάθε χρόνο περίπου 20.000 οδικά ατυχήματα με θύματα τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα περί τους 1700 νεκρούς, 30.000 τραυματίες και σημαντικές υλικές ζημιές. Σε παγκόσμια κλίμακα εκτιμάται ότι κάθε χρόνο περισσότεροι από 1.000.000 άνθρωποι βρίσκουν το θάνατο στα οδικά ατυχήματα (Φραντσεσκάκης, Γκόλιας 1994). Στα στοιχεία αυτά δεν συμπεριλαμβάνονται ελαφρότερα ατυχήματα με υλικές ζημιές μόνο. Με την αξιοποίηση και των στοιχείων που συλλέγονται από τις δηλώσεις που υποβάλλονται στις ασφαλιστικές εταιρίες, οι οποίες καλύπτουν και τα ατυχήματα με υλικές ζημιές μόνο, ο προαναφερθέντες αριθμοί ατυχημάτων παρουσιάζονται περισσότερο αυξημένοι. Οι νεκροί, οι τραυματίες και οι υλικές ζημιές των οδικών τροχαίων ατυχημάτων έχουν μεγάλο κόστος για την Ελληνική κοινωνία και οικονομία (Γκόλιας, Γιαννής, 1995).

Στην Ελλάδα η προσπάθεια βελτίωσης της συγκοινωνιακής υποδομής, με στόχο την **πρόληψη** των οδικών ατυχημάτων, δεν μπορεί να ακολουθήσει σε ικανοποιητικό βαθμό τους ταχείς ρυθμούς αύξησης των μετακινήσεων με αποτέλεσμα τον αρκετά υψηλό ετήσιο αριθμό τροχαίων ατυχημάτων. Σε αυτό το γεγονός οφείλεται **η κατάσταση της Ελλάδας στις πρώτες** των χωρών με τους αναλογικά περισσότερους κατ'έτος νεκρούς σε ατυχήματα σε πανευρωπαϊκό επίπεδο. Γίνεται επομένως φανερό η αναγκαιότητα βελτίωσης της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα ώστε να επιτευχθεί η μείωση του δείκτη θανάτων και τροχαίων ατυχημάτων σε επίπεδα ανάλογα με εκείνα που έχουν

επιτύχει οι Η.Π.Α, η Ιαπωνία και οι περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Γκόλιας, Ματσούκης, Γιαννής, 1999). Ενδεικτικά μπορεί κανείς να αναφέρει ότι με τη μείωση του δείκτη θανάτων στα οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα στο επίπεδο του αντίστοιχου δείκτη της Ολλανδίας ή της Μ. Βρετανίας, θα επιτυγχανόταν μείωση του αριθμού των θανάτων από οδικά ατυχήματα στο 1/3 του σημερινού αριθμού (διάγραμμα 1.1).



Διάγραμμα 1.1 Εξέλιξη των δεικτών θανάτων στις χώρες της Ε.Ε και στις ΗΠΑ.



Διάγραμμα 1.2 Ετήσιος αριθμός οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα από το έτος 1991 έως 2000.

Το θέμα της οδικής ασφάλειας πέρα από την αναγκαιότητα βελτίωσης της συγκοινωνιακής υποδομής και του οδικού δικτύου είναι **αρκετά** πιο **πολύπλοκο** διότι εξαρτάται από **πολλούς παράγοντες** που συντελούν στην πρόκληση οδικού ατυχήματος. Κατά σειρά αυξανόμενης σπουδαιότητας οι παράγοντες αυτοί μπορούν να καταταγούν στις παρακάτω βασικές κατηγορίες:

α) Το όχημα

β) Η οδός και το περιβάλλον

γ) Οι χρήστες της οδού

Στις περισσότερες περιπτώσεις δύο ή και τρεις από τους παραπάνω παράγοντες συμβάλλουν στο ατύχημα. Η **πολυπλοκότητα** και η έλλειψη λεπτομερούς καταγραφής και ανάλυσης των συνθηκών υπό τις οποίες έγινε ένα ατύχημα, δεν επιτρέπουν πάντα τον αντικειμενικό εντοπισμό της συμβολής κάθε παράγοντα. Παρόλα αυτά διάφορες μελέτες ατυχημάτων σε

βάθος δείχνουν ότι ο **χρήστης** της οδού **μόνος ή σε συνδυασμό με τους άλλους δυο παράγοντες**, αποτελεί την κύρια αιτία των **οδικών ατυχημάτων**.

Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στη Μ. Βρετανία (Sabey, B 1980) οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι ο ανθρώπινος παράγοντας **μόνος ή σε συνδυασμό με τους άλλους παράγοντες** παίζει ρόλο στο 95% των ατυχημάτων, το όχημα στο 8.5% των ατυχημάτων και **το περιβάλλον και η οδός στο 28%** των ατυχημάτων. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και από αντίστοιχη μελέτη με στοιχεία οδών των Η.Π.Α (Rumar, K 1985).

Οι **συνθήκες οδού και γενικότερα του οδικού περιβάλλοντος** που θεωρείται (Frantzeskakis, J 1991) ότι έχουν επίδραση στην οδική ασφάλεια είναι οι παρακάτω:

1. **Ανεπαρκή γεωμετρικά στοιχεία οδού**
2. Κακή μελέτη, τοποθέτηση και κατασκευή **παρόδιων στοιχείων** όπως στύλοι, στηθαία, κρασπεδόρειθρα.
3. Κακή οργάνωση της κυκλοφορίας
4. Πλήρης έλλειψη ή ανεπάρκεια **οδικού φωτισμού**
5. Δυσμενείς **περιβαλλοντικές συνθήκες** όπως ομίχλη, βροχή, υγρές επιφάνειες, χιόνι, παγετός, άνεμος.
6. Χαμηλά πρότυπα κατασκευής και κυρίως μειωμένη πρόσφυση και ανεπαρκής αποστράγγιση του οδοστρώματος.
7. **Κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά** της οδού.

Για την επίτευξη δυναμικής παρέμβασης στο **πολυπαραμετρικό** πρόβλημα της οδικής ασφάλειας απαιτείται λεπτομερής ανάλυση των επιμέρους παραγόντων που θα βοηθήσουν σε μια καλύτερη προσέγγιση του φαινομένου καθώς και σε μια σειρά αναλυτικών συμπερασμάτων. Η διερεύνηση της επιρροής του οδικού περιβάλλοντος στην οδική ασφάλεια έχει αποτελέσει εκτεταμένο αντικείμενο ερευνών **στις ΗΠΑ** και σε αρκετές χώρες της **Ευρωπαϊκής Ένωσης**, όπου το πρόβλημα της οδικής ασφάλειας αντιμετωπίζεται με μεγάλη σοβαρότητα. Στόχος της διερεύνησης αυτής είναι

να επισημανθούν **τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά** της οδού που παίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόκληση ατυχημάτων και να προταθούν εναλλακτικές λύσεις βελτίωσης. Στις περισσότερες από τις έρευνες αυτές για την ορθή μακροσκοπική εξέταση των ατυχημάτων χρησιμοποιούνται διεθνώς διάφοροι **δείκτες ατυχημάτων** που **ανάγουν τον αριθμό** ή τα αποτελέσματα των ατυχημάτων ως προς κάποιο μέγεθος που **εκφράζει το οδικό έργο** στο οποίο αντιστοιχούν.

Οι αντιπροσωπευτικότεροι **δείκτες ατυχημάτων** είναι εκείνοι που συσχετίζουν τα ατυχήματα και τα θύματα τους με τα διανυθέντα οχηματοχιλιόμετρα και τα επιβατοχιλιόμετρα. Θεωρείται ότι ο δείκτης του αριθμού νεκρών ανά οχηματοχιλιόμετρα είναι ο καταλληλότερος και ακριβέστερος διότι λαμβάνει υπόψη και το **βαθμό χρησιμοποίησης των οχημάτων** και επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε μικροκλίμακα (οδός, κόμβος).

Στην Ελλάδα σχετικές έρευνες και αναλύσεις πραγματοποιούνται την τελευταία εικοσαετία κυρίως από τα Πανεπιστήμια. Οι αναλύσεις αυτές έχουν περιορισμένη χρησιμότητα κυρίως εξαιτίας της έλλειψης επαρκών στοιχείων για τα οχηματοχιλιόμετρα και επιβατοχιλιόμετρα γεγονός που οδηγεί συχνά στη χρήση εναλλακτικών δεικτών όπως ατυχήματα και νεκροί ανά όχημα ή ανά κάτοικο. Η ανάλυση και συσχέτιση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών, των οδικών συνθηκών και της κυκλοφορίας της οδού που έχουν επίδραση στη συχνότητα και στη σοβαρότητα των ατυχημάτων πραγματοποιούνται με **χρήση στατιστικών ερευνών**. Οι μελέτες που έχουν γίνει δείχνουν ότι σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχουν στατιστικά σημαντικές σχέσεις παρότι συχνά έχουν αποσπασματική μορφή.

1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στη γενική ανασκόπηση σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η **διερεύνηση της επιρροής της ύπαρξης κεντρικής νησίδας στη σχετική επικινδυνότητα ευθύγραμμων και επίπεδων τμημάτων του υπεραστικού δικτύου της Ελλάδας με χρήση της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**. Για τη διερεύνηση αυτής της επιρροής είναι χρήσιμη η εύρεση μαθηματικών σχέσεων μέσω των οποίων θα είναι δυνατή η πρόβλεψη των ατυχημάτων συναρτήσει της ύπαρξης κεντρικής νησίδας, του κυκλοφοριακού φόρτου, επιλεγμένων γεωμετρικών στοιχείων της οδού και των συνθηκών του οδικού περιβάλλοντος. Δίνεται επομένως η δυνατότητα στους υπεύθυνους φορείς να γνωρίζουν τις κυριότερες παραμέτρους που μπορούν να οδηγήσουν σε οδικό ατύχημα με τραυματισμό ή θάνατο και να σχεδιάζουν ανάλογα με τη δυσμενέστερη κάθε φορά κατάσταση. Παράλληλα η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τις μαθηματικές αυτές σχέσεις μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση της πιθανότητας εμπλοκής του Έλληνα οδηγού σε οδικό ατύχημα με τραυματισμό.

Αναλυτικότερα, στην παρούσα διπλωματική εργασία καταβάλλεται προσπάθεια για την εξαγωγή ενός **μαθηματικού προτύπου** που θα υπολογίζει την πιθανότητα να προκληθεί ένα ατύχημα στα **ευθύγραμμα και επίπεδα τμήματα** του **υπεραστικού** οδικού δικτύου της Ελλάδας. Βασική επιδίωξη κατά την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας είναι το μαθηματικό πρότυπο που θα προκύψει να επιτρέπει τον **προσδιορισμό** εκείνων των παραμέτρων που συμβάλουν στα τροχαία ατυχήματα και να ποσοτικοποιήσει **το βαθμό επιρροής** της κεντρικής νησίδας στο τελικό αποτέλεσμα, ώστε να είναι δυνατή η επιλογή των κατάλληλων μέτρων για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας.

Η πιθανότητα πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος συναρτάται με βασικές παραμέτρους όπως ο **κυκλοφοριακός φόρτος** των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων, ο **διαχωρισμός** κατευθύνσεων με **κεντρική νησίδα**, οι

κλιματολογικές συνθήκες, οι συνθήκες φωτισμού, ο τύπος του οχήματος και ο τύπος του ατυχήματος.

Σχετικές έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι ένας λόγος που εμφανίζονται υψηλοί δείκτες σοβαρότητας ατυχημάτων σε κράτη της νότιας Ευρώπης είναι το γεγονός ότι στα κράτη αυτά εξαιτίας της καλοκαιρίας η κυκλοφορία δικύκλων και πεζών - που είναι πολύ περισσότερο εκτεθειμένοι στους κινδύνους της οδού - είναι πολύ μεγαλύτερη της αντίστοιχης των βορειότερων κρατών (Φραντσεσκάκης, Γκόλιας 1994). Παράλληλα σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία ο αριθμός των ατυχημάτων σε μια οδό είναι **άμεσα συσχετισμένος** με τον κυκλοφοριακό **φόρτο** της οδού, που επηρεάζει την ταχύτητα, τις λοιπές κυκλοφοριακές παραμέτρους αλλά και την "πίεση" κάτω από την οποία γίνεται η οδήγηση. Ακόμη είναι γενικά αποδεκτό ότι ο τύπος του οχήματος επηρεάζει έντονα τόσο την ασφάλεια του οδηγού και των επιβαινόντων όσο και την ασφάλεια των άλλων χρηστών της οδού. Επίσης το είδος του ατυχήματος αλλά και η σοβαρότητα του φαίνεται ότι επηρεάζεται από τον τύπο των εμπλεκόμενων οχημάτων.

Με βάση όσα εξετάζονται σε αυτή την εργασία **επιδιώκεται να προσδιοριστεί** ο τρόπος με τον οποίο οι παράμετροι αυτές επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα καθώς και ο βαθμός επιρροής καθεμιάς στο τελικό αποτέλεσμα. Εκτιμάται ότι τα αποτελέσματα της ανάλυσης θα δώσουν τη δυνατότητα λήψης αποτελεσματικότερων μέτρων στοχεύοντας στην αντιμετώπιση του μεγάλου προβλήματος της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και την επίτευξη του τελικού στόχου της, ακολουθήθηκε συγκεκριμένη μεθοδολογία, όπως αυτή που παρουσιάζεται στη συνέχεια και φαίνεται σχηματικά στο διάγραμμα 1.3.

Αρχικά μετά 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 και γενικών πληροφοριών σχετικά με το εξεταζόμενο αντικείμενο που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες για τη συγκεκριμένη μελέτη. 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 των στοιχείων και θα επιτευχθεί ο επιδιωκόμενος στόχος.

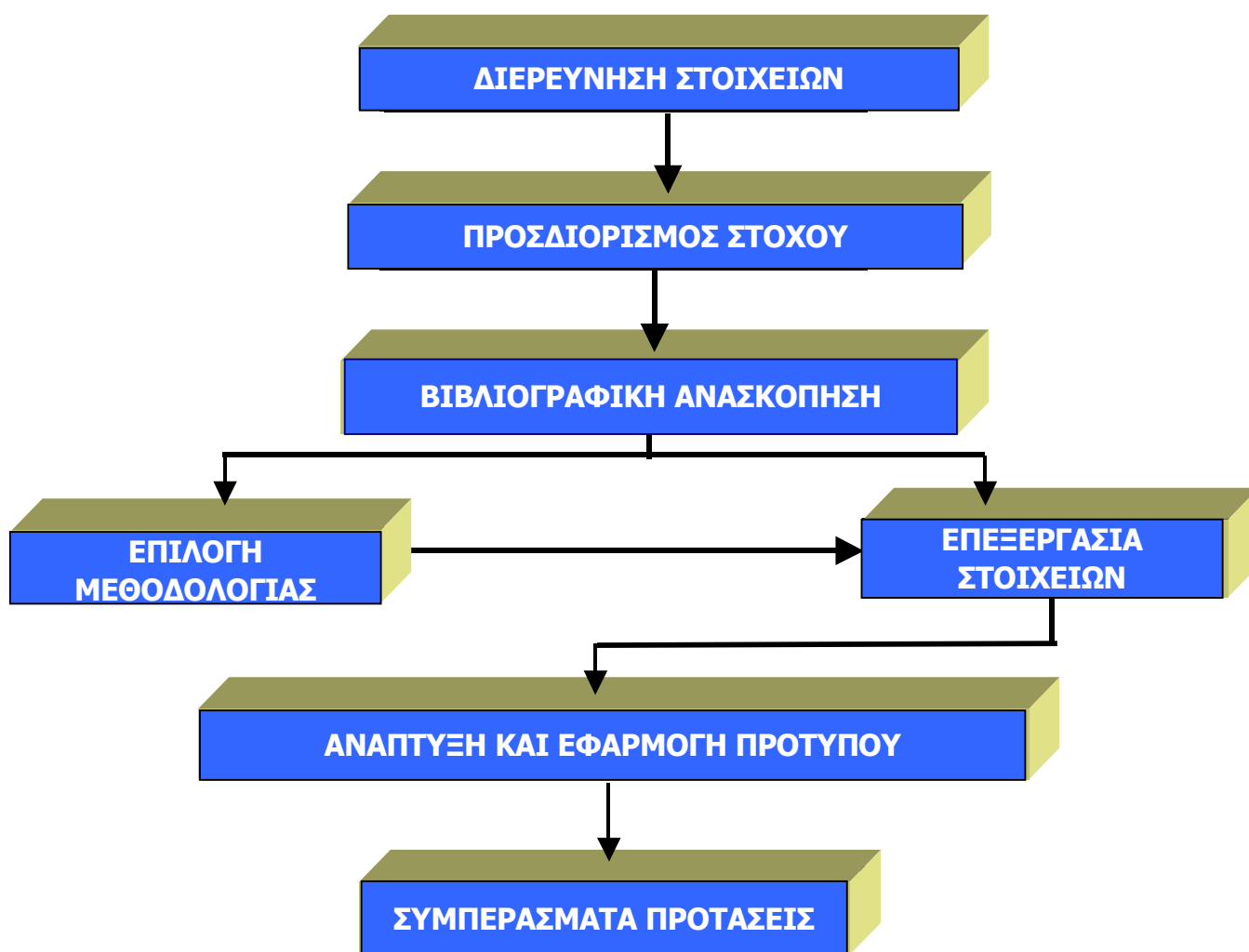
Αφού μελετήθηκαν τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, προέκυψε ότι τα στοιχεία για την περαιτέρω ανάλυση, είναι εκείνα που συλλέγονται από την **Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος (Ε.Σ.Υ.Ε.)** μέσω των **Δελτίων Οδικών Ατυχημάτων (Δ.Ο.Τ.Α)** και τα στοιχεία κυκλοφοριακών φόρτων από στοιχεία που συλλέγονται στους σταθμούς διοδίων των εξεταζόμενων υπεραστικών οδικών τμημάτων.

Το επόμενο βήμα ήταν η **στατιστική ανάλυση** των στοιχείων που συλλέχθηκαν μέσω της βάσης δεδομένων της Ε.Σ.Υ.Ε για την τετραετία 1996 έως 1999. Η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα **SPSS**, το οποίο επιτρέπει την εκτέλεση γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression) και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης (lognormal regression). Πιο συγκεκριμένα στην παρούσα έρευνα όλες οι εξεταζόμενες παράμετροι κωδικοποιήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελούν μεταβλητές συμβατές με το λογισμικό. Το εύρος των τιμών προήλθε από τον αριθμό των ατυχημάτων στο υπεραστικό δίκτυο της χώρας, για την περίοδο από το 1996 έως το 1999. Στο λογισμικό αυτό εφαρμόστηκε η μέθοδος εισόδου **STEPWISE** σε συνδυασμό με τη μέθοδο **ENTER** (περιγράφεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 3), όπου η τελευταία κρίθηκε απαραίτητη για την στατιστική επεξεργασία καθώς καθορίζει ποιες από τις υπό εξέταση μεταβλητές είναι στατιστικά σημαντικές για να συμπεριληφθούν στο μαθηματικό πρότυπο που προκύπτει.

Στην πορεία της εργασίας έγινε φανερό ότι η χρήση της γραμμικής παλινδρόμησης δεν εξασφάλιζε **μια ικανοποιητική συσχέτιση** μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής (αριθμός ατυχημάτων) και των υπό εξέταση ανεξάρτητων μεταβλητών (διαχωρισμός κατευθύνσεων με κεντρική νησίδα, κυκλοφοριακοί φόρτοι, συνθήκες οδικού φωτισμού, περιβαλλοντικές συνθήκες, τύπος οχήματος, τύπος ατυχήματος). Με άλλα λόγια δηλαδή η στατιστική επεξεργασία με γραμμική παλινδρόμηση δεν οδήγησε σε ένα αποδεκτό μαθηματικό μοντέλο που θα ήταν χρήσιμο για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων. Το γεγονός αυτό έστρεψε την έρευνα στην αναζήτηση νέας στατιστικής μεθόδου για την επεξεργασία των στοιχείων.

Στη συνέχεια της έρευνας επιδιώχθηκε η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων με χρήση της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης** είναι το ίδιο με εκείνο που χρησιμοποιήθηκε κατά την εκτέλεση της γραμμικής παλινδρόμησης με τη διαφορά ότι η εξαρτημένη μεταβλητή μετασχηματίστηκε στο λογάριθμο του αριθμού των ατυχημάτων (και όχι αριθμός ατυχημάτων). Η ανάλυση με τη μέθοδο που αναφέρθηκε οδήγησε σε ένα μαθηματικό πρότυπο που περιγράφει **ικανοποιητικά** τη σχέση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής $\{\log(\text{ατυχημάτων})\}$ και μιας σειράς ανεξάρτητων μεταβλητών και οδηγεί σε **αξιόπιστα και χρήσιμα αποτελέσματα**.

Η εφαρμογή της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης οδήγησε σε πρότυπα από τα οποία προκύπτει η **πιθανότητα** να προκληθεί **οδικό ατύχημα** συναρτήσει του **κυκλοφοριακού φόρτου**, της **ύπαρξης κεντρικής νησίδας**, των περιβαλλοντικών συνθηκών, του τύπου οχήματος και του τύπου ατυχήματος. Από τις σχέσεις αυτές προκύπτουν πολύτιμες πληροφορίες ικανές να οδηγήσουν σε σημαντικά συμπεράσματα τα οποία αν εφαρμοστούν σωστά μπορούν να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση του σοβαρού προβλήματος της οδικής ασφάλειας.



Διάγραμμα 1.3 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. Αρχικά πραγματοποιείται

συνοπτική παρουσίαση του προβλήματος της οδικής ασφάλειας και παρατίθενται στοιχεία για τα οδικά ατυχήματα τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρώπη. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το μέρος του προβλήματος με το οποίο ασχολείται η παρούσα διπλωματική εργασία. Γίνεται δηλαδή λόγος για την επιρροή των συνθηκών της οδού και των κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών της οδού στα οδικά ατυχήματα και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα παρόμοιων ερευνών στην Ελλάδα και στην Ευρώπη. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο **στόχος** της συγκεκριμένης **έρευνας** και περιγράφεται η **μεθοδολογία** που ακολουθήθηκε. Το παρόν κεφάλαιο 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 συναρτήσεων 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**, η οποία ακολουθήθηκε για την ανάλυση και επεξεργασία των στοιχείων στα πλαίσια 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 παρούσα διπλωματική εργασία. Παρουσιάζεται δηλαδή το γνωσιολογικό υπόβαθρο, στο οποίο στηρίζεται η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων καθώς και την ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Στη συνέχεια γίνεται εκτενής **περιγραφή** της λειτουργίας του στατιστικού λογισμικού **SPSS** που χρησιμοποιήθηκε για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα επιμέρους βήματα της στατιστικής ανάλυσης μέχρι την ανάπτυξη του τελικού μαθηματικού προτύπου.

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται όλη η διαδικασία **ανάπτυξης** και **εφαρμογής** του τελικού μαθηματικού προτύπου. Περιέχονται ακόμη τα εξαγόμενα από το πρότυπο αποτελέσματα, τα οποία παρουσιάζονται σε αναλυτική μορφή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Τέλος, στο κεφάλαιο αυτό **συνοψίζονται τα συμπεράσματα** που εξάγονται με βάση τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης και διατυπώνονται οι σχετικές προτάσεις για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΚΑΙ ΤΙΣ ΟΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.

Τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού, που επηρεάζουν την Οδική Ασφάλεια διακρίνονται σε στοιχεία **οριζοντιογραφίας** (αριστερή στροφή, δεξιά στροφή, ευθυγραμμία), στοιχεία **μηκοτομής** (ανωφέρεια, κατωφέρεια) και στοιχεία **διατομής** (πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας, κεντρική νησίδα διαχωρισμού κατευθύνσεων, πλάτος ερείσματος, επίκλιση) (Κανελλαΐδης, 1993).

Η **διερεύνηση της επιρροής** των γεωμετρικών χαρακτηριστικών στα οδικά ατυχήματα μιας οδού έχει αποτελέσει αντικείμενο εκτεταμένων **ερευνών** στις ΗΠΑ καθώς και σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες με πρωτοπόρες στον τομέα αυτό τη Γερμανία και την Αυστρία. Τις τέσσερις τελευταίες δεκαετίες, η ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων συσχέτισης των ατυχημάτων με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού έχει συγκεντρώσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας διότι παρουσιάζει μεγάλο εύρος εφαρμογών και οδηγεί σε χρήσιμα συμπεράσματα. Η μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν τον αριθμό και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων συμβάλλουν στη **βελτίωση της συγκοινωνιακής υποδομής και του οδικού δικτύου** και εξασφαλίζουν ένα ασφαλέστερο οδικό περιβάλλον.

Αρκετές έρευνες εντοπίζουν το ενδιαφέρον τους στη διερεύνηση της επίδρασης των **στοιχείων της διατομής** στα οδικά ατυχήματα. Τα

αποτελέσματα όλων των σχετικών ερευνών έδειξαν ότι η εξασφάλιση επαρκούς επιπέδου ασφαλείας στο πεδίο αυτό επιτυγχάνεται με την αύξηση του πλάτους της λωρίδας κυκλοφορίας και του πλάτους του ερείσματος. Τα αποτελέσματα σχετικής έρευνας (Foody et al., 1974) απέδειξαν ότι μια αύξηση του πλάτους της λωρίδας και του ερείσματος μεγαλύτερη από 3,30 και 2,40 μέτρα αντίστοιχα δεν επιφέρει σημαντικά οφέλη.

Στη προσπάθεια να διατυπωθεί μια μαθηματική σχέση μεταξύ της ασφάλειας και του πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας, του πλάτους ερείσματος και άλλων παραγόντων όπως κυκλοφοριακών, σχετική μελέτη (Zeeger et al., 1986) παρέχει σημαντικές πληροφορίες όσον αφορά στο **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 σχετικό πρόγραμμα υπολογισμών 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.

Η **ύπαρξη διαχωριστικής νησίδας** σε έναν οδικό άξονα **συνδέεται άμεσα με τους δείκτες ατυχημάτων** και συμβάλλει ουσιαστικά στη μείωσή τους. Σχετική μελέτη (Srinivasan, 1982) απέδειξε ότι σε οδικά τμήματα υψηλών ταχυτήτων με δυο ή τρεις λωρίδες ανά κατεύθυνση, η διαχωριστική νησίδα οδήγησε σε **βελτίωση της οδικής ασφάλειας** συμβάλλοντας στη **μείωση του αριθμού των μετωπικών συγκρούσεων**. Ύστερα από μελέτη που πραγματοποιήθηκε για υπεραστικές οδούς στην πολιτεία Kentucky (Garner et al., 1973) προτάθηκε το πλάτος της νησίδας να είναι μεγαλύτερο από 12 μέτρα και οι επικλίσεις να κυμαίνονται από 17% έως 10%. Σημειώνεται ακόμη ότι εκτός από το πλάτος της νησίδας ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο έχει και η **διατομή** της. Αυξημένη ασφάλεια επιτυγχάνεται (Garner, J.R., Deen, R.C 1973) με κοίλη διατομή και επικλίσεις που κυμαίνονται από 6:1 μέχρι 10:1. Για την αύξηση της οδικής ασφάλειας ενδείκνυται επίσης η **εγκατάσταση στηθαίων ασφαλείας** κατά μήκος της διαχωριστικής νησίδας ανάλογα με το πλάτος της νησίδας και την ΕΜΗΚ (Mitchie, Bronstand, , 1971).

Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Καλιφόρνια και το Μίτσιγκαν (Vogt, 1999) οδήγησε σε μαθηματικά πρότυπα συσχέτισης των ατυχημάτων που πραγματοποιούνται σε διασταυρώσεις με την **κεντρική διαχωριστική νησίδα** και τα **κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά** της κύριας και της δευτερεύουσας οδού. Η επεξεργασία των στοιχείων έγινε με χρήση της αρνητικής διωνυμικής κατανομής και το μαθηματικό μοντέλο που αναπτύχθηκε για τρειςκελείς διασταυρώσεις έχει την εξής μορφή:

$$Y = \text{ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΤΩΝ} * (\text{ADT1})^{1,148} * (\text{ADT2})^{0,262} * \exp(-12,220) * \exp(-0,546 * \text{medianwidth} + 0,0391 * \text{nodrwy1})$$

Με **K=0,389**

Όπου :

Y : Ο αναμενόμενος αριθμός ατυχημάτων σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 76 μέτρα από το κέντρο της διασταύρωσης.

ADT1 : Μέσος κυκλοφοριακός φόρτος της κύριας οδού σε οχήματα ανά ημέρα

ADT2 : Μέσος κυκλοφοριακός φόρτος της δευτερεύουσας οδού σε οχήματα ανά ημέρα

Medianwidth: Το πλάτος της νησίδας της κύριας οδού σε πόδια (ft).

nodrwy1 : Ο αριθμός των εμπορικών οδών στην κύρια οδό σε απόσταση μικρότερη από 76 μέτρα από το κέντρο της διασταύρωσης.

Σημαντικός είναι ο αριθμός των μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα και επιδιώκουν την εκτίμηση του δείκτη ατυχημάτων και τον προσδιορισμό των παραγόντων που τον επηρεάζουν. Οι Joshua και Garber (1990) χρησιμοποίησαν **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** για την εκτίμηση του δείκτη ατυχημάτων και την επίδραση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού σε αυτόν. Οι Jones και Whitfield (1991) προσδιόρισαν την **επίδραση του φόρτου, των ατμοσφαιρικών συνθηκών και επιλεγμένων γεωμετρικών χαρακτηριστικών** της οδού στον αριθμό ατυχημάτων με χρήση της κατανομής **Poisson**. Με χρήση της ίδιας μεθόδου ο Miaou (Miaou et.al, 1992) προσδιόρισε μαθηματικές σχέσεις μεταξύ του ποσοστού ατυχημάτων και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών με στοιχεία από το HSIS (Highway Safety Information System).

Πιο πρόσφατα πραγματοποιήθηκε έρευνα από τους Andrew Vogt και Joe G.Bared (1998), στην οποία επιδιώχθηκε η **ανάπτυξη προτύπου ατυχημάτων** που συνδέει τα ατυχήματα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της

οδού και άλλους παράγοντες που τα επηρεάζουν, σε ευθύγραμμα τμήματα και σε διασταυρώσεις. Το τελικό μοντέλο που προέκυψε από την παραπάνω έρευνα για **ευθύγραμμα τμήματα σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων** έχει την παρακάτω μορφή:

Αρνητική διωνυμική κατανομή με **K=0,306**

$$Y = EXPO * \exp(0,641) * \exp(-0,0846LW - 0,0591SHW + 0,0686RHR + 0,084DD + 0,139STATE) * (\sum_i WH\{i\} * \exp(0,0450DEG\{i\})) * (\sum_j WV\{j\} * \exp(0,465V\{j\})) * (\sum_k WG\{k\} * \exp(0,105GR\{k\}))$$

Όπου

Y : Ο προβλεπόμενος αριθμός ατυχημάτων σε ευθύγραμμα τμήματα χωρίς διασταυρώσεις

EXPO :χιλιάδες οχηματοχιλιόμετρα

LW :Πλάτος λωρίδας σε πόδια

SHW :Μέσο πλάτος αριστερού και δεξιού ερείσματος σε πόδια

DD : Πυκνότητα αυτοκινητόδρομων σε αυτοκινητόδρομούς ανά μίλι

STATE :0 για Μινεσότα και 1 για Ουάσινγκτον

DEG{i} :βαθμοί καμπύλης (βαθμοί ανά 100 πόδια) της i καμπύλης που επικαλύπτει το ευθύγραμμο τμήμα.

WH{i} : Το κλάσμα του μήκους του τμήματος που καταλαμβάνεται από οριζοντιογραφική καμπύλη .

V{j} :Απόλυτη τιμή της διαφοράς κλίσης της j κατακόρυφης καμπύλης

WV{j} : Το κλάσμα του μήκους του τμήματος που καταλαμβάνεται από κατακόρυφη καμπύλη .

GR{k} :Κλίση του k κεκλιμένου τμήματος

WG{k} : Το κλάσμα του μήκους του τμήματος που καταλαμβάνεται από κεκλιμένο τμήμα

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Miaou, Hu, Wright, Rathi, Davis οδήγησε στην ανάπτυξη ενός προτύπου με το οποίο προσδιορίζεται το ποσοστό ατυχημάτων και η πιθανότητα ατυχήματος. Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης μελέτης χρησιμοποιήθηκε η παλινδρόμηση Poisson και το τελικό μαθηματικό πρότυπο είναι το εξής:

$$v = 365 * (N.L * AADT / LANE) * (P.T / 100) * (S.L)$$

Όπου

N.L : Αριθμός λωρίδων

AADT: ΕΜΗΚ (Αριθμός οχημάτων ανα λωρίδα)

S.L : Μήκος ευθυγράμμου τμήματος

P.T : Ποσοστό φορτηγών

$$\lambda = \exp(-14,683 + 0,044691 * AADT / LANE + 0,0172513 * H.C + 0,162218 * V.G + 0,038589 * D.O.I.S.W V.G)$$

Όπου

AADT/LANE : Αριθμός οχημάτων ανά λωρίδα (ανά 1000 οχήματα)

H.C : οριζοντιογραφικές καμπύλες (βαθμοί/100ft)

V.G : Κατακόρυφη κλίση

D.O.I.S.W V.G: απόκλιση από ιδανικό πλάτος ερείσματος

Ο αναμενόμενος αριθμός ατυχημάτων υπολογίζεται από τη σχέση:

$$E(y) = \lambda * v$$

Η πιθανότητα να καταγραφούν y ατυχήματα στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα σε περίοδο ενός έτους είναι:

$$P(y) = \{1,23 y \exp(-1,23)\} / y!$$

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε πιο πρόσφατα (Καρλαύτης, Γκόλιας, 2001) εξετάζεται η σχέση μεταξύ των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των υπεραστικών οδών και του δείκτη ατυχημάτων χρησιμοποιώντας μια αυστηρά μη παραμετρική στατιστική μεθοδολογία, γνωστή ως ιεραρχική δένδροειδούς δομής παλινδρόμηση (**Hierarchical Tree-Based Regression**). Η έρευνα αυτή αναπτύσσει μια μεθοδολογία που προσδιορίζει την επίδραση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού και επιτρέπει την πρόβλεψη του δείκτη ατυχημάτων για συγκεκριμένα οδικά τμήματα. Τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου αποδεικνύουν ότι τα "γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού" και η "κατάσταση του οδοστρώματος" είναι οι δύο παράγοντες με τη μεγαλύτερη επιρροή στο δείκτη ατυχημάτων.

Σύνθετη είναι η έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Golob και Recker (2001). Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε στο πανεπιστήμιο της California και επιδιώκει τη **συσχέτιση ατυχημάτων με τον κυκλοφοριακό φόρτο, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τις συνθήκες οδικού φωτισμού** στο υπεραστικό δίκτυο. Η έρευνα αυτή επιδιώκει τη συσχέτιση των παραπάνω με **μη παραμετρικές εξισώσεις**. Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και σύνθετη οδήγησε όμως σε σημαντικά και χρήσιμα συμπεράσματα.

Πολλοί μελετητές υποστηρίζουν ότι η **γεωμετρία της οδού** είναι ένα αντικείμενο **ψυχολογίας** και έχει ιδιαίτερη σημασία στη **συμπεριφορά κατά την οδήγηση** (Κανελλαΐδης, 1996). Διακρίνονται μελέτες που έγιναν με σκοπό τη διερεύνηση της αντίληψης του κινδύνου που έχουν οι οδηγοί σε μια επικίνδυνη θέση και μελέτες που έγιναν προκειμένου να προσδιοριστεί ο φόρτος εργασίας τους κατά την οδήγηση στη θέση εκείνη.

Η **αντίληψη του κινδύνου** που έχουν οι οδηγοί αποτελεί μια σημαντική παράμετρο σε θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί στο πεδίο σχετικών ερευνών, συμπεριλαμβανόμενων της διατήρησης του επιπέδου κινδύνου (Boyle et al.1984) και του φαινομένου της **"μετανάστευσης των ατυχημάτων"** (accident migration), (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 σε έρευνες (McKeena et al.1982) διατύπωθηκε **αρνητική άποψη** όσον αφορά σε αυτή τη προσέγγιση αποδίδοντας το αποτέλεσμα όχι στην ικανότητα αντίληψης του κινδύνου αλλά στη **σύγχυση** που επιφέρουν οι αλλαγές στους οδηγούς καθώς και στις **ανακατανομές** του κυκλοφοριακού **φόρτου** εξαιτίας αυτών των αλλαγών.

Αντίθετα υπάρχει μια έρευνα (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 προέκυψαν τα 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 χαμηλό.(McLean.1981, Hirsh et al.1987).

2.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα στην **Ελλάδα** είχαν ως στόχο τον προσδιορισμό της επιρροής 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 αλληλεπιδρούν 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. 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 την πρόβλεψη της επικινδυνότητας σε ένα δίκτυο με στόχο τη λήψη μέτρων για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στη Ελλάδα.

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Γκόλια, Ματσούκη, Γιαννή (Golias, et all, 1997) είχε ως στόχο να αναλύσει σε μακροκλίμακα το ρόλο της οδικής υποδομής στα οδικά ατυχήματα, προσδιορίζοντας εκείνες τις παραμέτρους που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια του οδικού δικτύου της Ελλάδας καθώς και το βαθμό επιρροής τους.

Με βάση την έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Γκόλια και Γιαννή (Γκόλιας, Γιαννής 1995) τα ατυχήματα με τη μεγαλύτερη σοβαρότητα συμβαίνουν σε οδούς του εθνικού δικτύου διπλής κατεύθυνσης με διαγράμμιση, χωρίς διαχωριστική νησίδα ή στηθαίο ασφαλείας. Ακόμη διαπιστώθηκε ότι η σοβαρότητα των ατυχημάτων τη νύχτα σε οδούς με επαρκή φωτισμό δεν είναι μεγαλύτερη από τη σοβαρότητα των ατυχημάτων

κατά τη διάρκεια της ημέρας. Επίσης αποδείχθηκε ότι στο υπεραστικό δίκτυο της χώρας όπου η ταχύτητα είναι υψηλή (χωρίς σημαντική διακύμανση ανάμεσα στις οδούς με ή χωρίς νησίδα) η σοβαρότητα των ατυχημάτων μειώνεται όταν υπάρχει διαχωριστική νησίδα αφού αποφεύγονται οι σοβαρότατες μετωπικές συγκρούσεις.

Αξίζει να αναφερθούν τα αποτελέσματα έρευνας στα πλαίσια της οποίας διερευνήθηκε η χρησιμοποίηση του λόγου του κυκλοφοριακού φόρτου προς την κυκλοφοριακή ικανότητα (V/C) αντί μόνο του φόρτου, δηλαδή η συσχέτιση των ατυχημάτων με τη στάθμη εξυπηρέτησης που εκφράζει ο παραπάνω λόγος. Τα αποτελέσματα της έρευνας παρουσιάστηκαν το 1987 στην 66^η ετήσια σύνοδο του Transportation Research Board, (Φραντζεσκάκης, Ιορδάνης, 1987).

Το κύριο συμπέρασμα της εργασίας αυτής ήταν ότι για τις υπεραστικές οδούς οι δείκτες ατυχημάτων παραμένουν σταθεροί μέχρι την τιμή 0,65 του λόγου V/C (Στάθμες εξυπηρέτησης A, B, C) και αυξάνονται σημαντικά για υψηλότερους λόγους, υπερδιπλασιαζόμενοι στην περίπτωση τμημάτων που φθάνουν τον κορεσμό δηλαδή για $V/C > 1.0$.

Το 1994 εκπονήθηκε διπλωματική εργασία (Βλίτης Ανδρέας) τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται στην "Έρευνα στην κυκλοφοριακή τεχνική στο ΕΜΠ" (Φραντζεσκάκης, et al 1999). Η εργασία αυτή έγινε με βάση στοιχεία του ΠΣΥΟΑ για τη εθνική οδό ΠΑΘΕ για την τετραετία 1985-1988. Για κάθε τύπο οχήματος υπολογίστηκαν διάφοροι δείκτες επικινδυνότητας και σοβαρότητας και αναλύθηκε ο τύπος ατυχημάτων και ελιγμών. Τα αποτελέσματα επισημαίνουν την αυξημένη επικινδυνότητα των βαρέων φορτηγών και των επιβατικών οχημάτων και τη μειωμένη επικινδυνότητα που παρουσιάζουν τα λεωφορεία.

Πρόσφατα εκπονήθηκε διπλωματική εργασία στο ΕΜΠ (Καπότσης, 2002) στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, κατά την οποία εξετάστηκε η επιρροή επιλεγμένων γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού στον δείκτη σχετικής επικινδυνότητας με χρήση της γραμμικής

παλινδρόμησης. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την παραπάνω μελέτη προήλθαν από τη βάση ατυχημάτων του ΕΜΠ συμπληρωμένη με τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (ΕΣΥΕ). Οι τελικές σχέσεις που προέκυψαν μετά την επεξεργασία των στοιχείων ατυχημάτων με χρήση του λογισμικού SPSS παρουσιάζονται στη συνέχεια:

$$FA = 61,959 - 2,6*RT - 0,303*A - 12,169*L - 6,640*DM + 4,299*M$$

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)

$$FA = 62,716 - 15,015*D - 0,12*A - 8,778*L - 2,770*DM$$

M : Κεντρική νησίδα (εύρος τιμών 1-2)

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)

2.3 ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό καταβλήθηκε προσπάθεια **παρουσίασης και ανάλυσης** των σημαντικότερων ερευνών που αφορούν στη συσχέτιση των ατυχημάτων με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού και ιδιαίτερα εκείνων που πραγματεύεται η παρούσα έρευνα. Παρότι έχουν γίνει εκτεταμένες έρευνες, μόνο ένας περιορισμένος αριθμός σχέσεων συσχέτισης 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 επιρροή άλλων παραγόντων. Εξάλλου συχνά τυχαίοι παράγοντες έχουν καθοριστική επιρροή 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 επιρροή 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** για τους παρακάτω λόγους:

- Η **οδική συμπεριφορά** στην Ελλάδα **παρουσιάζει διαφορές** από την οδική συμπεριφορά στις χώρες στις οποίες έχουν πραγματοποιηθεί οι μελέτες.
- Η **γεωμετρία των οδών στην Ελλάδα** δεν είναι όμοια με τη γεωμετρία των οδών στις ΗΠΑ και τις ευρωπαϊκές χώρες στις οποίες αναφέρονται οι περισσότερες έρευνες.

- **Οι κυκλοφοριακές συνθήκες** είναι **διαφορετικές** στην Ελλάδα από τις κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν στις χώρες στις οποίες έχουν πραγματοποιηθεί οι υπόψη έρευνες.

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), οι συνθήκες **οδικού φωτισμού**, οι **περιβαλλοντικές συνθήκες** και η **κατάσταση του οδοστρώματος**. Μια σημαντική παράμετρος που τίθεται στις έρευνες αποτελεί και η ηλικία του οδηγού με άμεση συσχέτιση με την "εμπειρία" και τις ικανότητες οδήγησης.

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 προσδιορίστηκαν τα προς εξέταση συγκεκριμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και πραγματοποιήθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Αφού συμπληρωθούν οι αρχικοί πίνακες και γίνουν οι συγκεντρωτικοί έλεγχοι, ακολουθεί η στατιστική ανάλυση η οποία οδηγεί στην εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων. Η μέθοδος στατιστικής ανάλυσης που επιλέγεται από τον ερευνητή για την πραγματοποίηση της μελέτης και την επίτευξη του στόχου της όλης έρευνας εξαρτάται τόσο από το αντικείμενο της έρευνας όσο και από τη μορφή και το περιεχόμενο της βάσης δεδομένων από την οποία έχουν συλλεχθεί τα απαραίτητα στοιχεία. Το γεγονός ότι δεν έχει πραγματοποιηθεί έρευνα ανάλογου περιεχομένου στο παρελθόν οδήγησε αρχικά στη χρησιμοποίηση της γραμμικής παλινδρόμησης που αποτελεί την πιο απλή και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο παλινδρόμησης.

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.

Κατά την πρόοδο της έρευνας η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της γραμμικής παλινδρόμησης οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η παραπάνω μέθοδος δίνει μια αρχική εκτίμηση του αντικειμένου της έρευνας, αλλά δεν είναι η κατάλληλη μέθοδος για την εξαγωγή χρήσιμων και αξιόπιστων συμπερασμάτων. Η διαπίστωση αυτή έστρεψε το ενδιαφέρον της έρευνας στην αναζήτηση μιας μεθόδου στατιστικής ανάλυσης πιο πολύπλοκης από τη γραμμική παλινδρόμηση, η οποία θα ήταν καταλληλότερη για την επίτευξη του στόχου της παρούσας έρευνας. Με βάση το αντικείμενο της μελέτης και το περιεχόμενο της βάσης δεδομένων κρίθηκε καταλληλότερη για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων στην παρούσα διπλωματική εργασία η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση.

Η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** (lognormal regression) οδηγεί στην ανάπτυξη ενός μαθηματικού προτύπου μέσω του οποίου συνδέονται δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για τη μελέτη της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης είναι το ίδιο με εκείνο που εφαρμόζεται για την εκτέλεση της γραμμικής παλινδρόμησης. Η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση είναι μια γραμμική παλινδρόμηση η οποία **δίνει τη δυνατότητα** να αποτυπωθεί μια **καμπύλη**. Η σχέση που συνδέει την εξαρτημένη μεταβλητή με τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι όπως και στη γραμμική παλινδρόμηση (linear regression) **γραμμική** με τη διαφορά ότι στην λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση μελετάται **ο φυσικός λογάριθμος** της εξαρτημένης μεταβλητής (αριθμός ατυχημάτων) και αυτός σχετίζεται γραμμικά με τις εξεταζόμενες παραμέτρους που αποτελούν τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

Στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση (lognormal regression) οι συντελεστές των μεταβλητών του προτύπου είναι οι συντελεστές της γραμμικής παλινδρόμησης. Υπολογίζονται από την ανάλυση της παλινδρόμησης με βάση την **αρχή των ελαχίστων τετραγώνων**, δηλαδή υπολογίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται το άθροισμα :

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

Η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** βασίζεται στην υπόθεση ότι ο φυσικός λογάριθμος της εξαρτημένης μεταβλητής ακολουθεί μια **κανονική κατανομή** με αριθμητικό μέσο μ και τυπική απόκλιση σ^2 . Με άλλα λόγια η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση αποτελεί χρήσιμο εργαλείο όταν τα στοιχεία που περιέχονται στη βάση δεδομένων είναι **μη αρνητικά**, ο φυσικός λογάριθμος της ανεξάρτητης μεταβλητής ακολουθεί την κανονική κατανομή και ο αριθμητικός μέσος είναι σχετικά μεγάλος όπως ακριβώς συμβαίνει στην παρούσα διπλωματική εργασία. Το μοντέλο αυτό μάλιστα εξασφαλίζει ότι το μ_i (ο αριθμός ατυχημάτων) παραμένει θετικός.

Σε μαθηματική μορφή μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

$$\log(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_q X_{iq}$$

Η απολογαριθμοποίηση της παραπάνω σχέσης δίνει την εξίσωση της καμπύλης:

$$\mu_i = 10^{(\beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_q X_{iq})}$$

Μια άλλη μέθοδος που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί είναι εκείνη της **μη γραμμικής παλινδρόμησης**. Παράδειγμα τέτοιας μεθόδου αποτελεί η παλινδρόμηση Poisson, η οποία στην οδική ασφάλεια χρησιμοποιείται κυρίως για τον εντοπισμό επικίνδυνων θέσεων και όχι τόσο για τη συσχέτιση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (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 πολλαπλάσιο χρόνο ανάπτυξης

Επίσης, η εξαρτημένη μεταβλητή στην παρούσα διπλωματική είναι ο αριθμός οδικών ατυχημάτων ο οποίος μπορεί προσεγγιστικά να θεωρηθεί κανονικά κατανεμημένος. Ο λόγος αυτός ήταν αρκετός για να μην επιλεγεί η μέθοδος αφού τόσο μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση όσο και από τη φύση της παρούσας έρευνας 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 αντικείμενο επόμενης διπλωματικής εργασίας.

Συμπερασματικά η μέθοδος της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης (lognormal 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 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ 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**. Βρίσκει εφαρμογές στη μελλοντική πρόβλεψη μιας μεταβλητής σε σχέση με μια άλλη ή στον προσδιορισμό μιας συναρτησιακής σχέσης $\log(\mu_i) = f(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iq})$ μεταξύ των παρατηρηθέντων τιμών $\mu_i (i = 1, 2, \dots, q)$ της εξαρτημένης μεταβλητής και των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών (Bauer, Harwood, 1998). 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 περιγράφεται από τη σχέση :

$$\log(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_q X_{iq} \quad (3.1)$$

όπου:

μ_i : είναι η **εξαρτημένη** μεταβλητή της οποίας έχουν μετρηθεί οι τιμές

$X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iN}$:είναι οι **ανεξάρτητες** μεταβλητές και

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N$: είναι οι προσδιοριστέες 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.

Εναλλακτικά μπορεί να διατυπωθεί με την παρακάτω πιο πολύπλοκη μορφή:

$$\mu_i = \exp(\beta_0) \exp(\beta_1 X_{i1}) \dots \exp(\beta_q X_{iq}) \quad (3.2)$$

όπου το $\log(\mu_i)$ ακολουθεί κανονική κατανομή με μέσο μ_i και τυπική απόκλιση σ^2 . Με βάση τη θεωρία η σχέση ατυχημάτων κυκλοφορικού φόρτου περιγράφεται καλύτερα από μια καμπύλη. Η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση δίνει τη δυνατότητα αναπαράστασης σε μορφή καμπύλης.

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.

Ένα μέτρο που αναφέρεται στην προσαρμογή του μοντέλου στο δείγμα δίνει ο συντελεστής R^2 . Στην περίπτωση της απλής παλινδρόμησης ο συντελεστής αυτός εκφράζει τον 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 πρότυπο αφού μπορούν να εξηγηθούν με βάση την ευθεία παλινδρόμηση 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 παλινδρόμηση.

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 ότι 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 επιρροή 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 προκύπτει κάθε φορά **ελέγχεται** κατά πόσο παρέχει **αξιόπιστα** αποτελέσματα και **λογικά** συμπεράσματα. Ο έλεγχος αποδοχής ή όχι μιας εξίσωσης παλινδρόμησης γίνεται με τη βοήθεια των ακόλουθων **κριτηρίων**:

- ❖ **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.
- ❖ **Των πρόσημων 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 τη λογική (π.χ αρνητικές τιμές).

- ❖ **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 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 στις παραγράφους που ακολουθούν.

3.3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΟΙΕΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

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 περιλαμβάνονται στα **δεδομένα εξόδου** του προγράμματος μετά την εισαγωγή των αρχείων με τα δεδομένα εισόδου και την εκτέλεση των εντολών παλινδρόμησης είναι τα ακόλουθα:

- ❖ **Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 .** Ο συντελεστής αυτός αναφέρεται στην εξίσωση της παλινδρόμησης και όπως έχει αναλυθεί στην παράγραφο 3.2.2 η εξαρτημένη και οι ανεξάρτητες μεταβλητές βρίσκονται σε ισχυρή συσχέτιση μόνο για υψηλές τιμές του R^2 .
- ❖ **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 στον 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 **bi** μερικής παλινδρόμησης της εξίσωσης.
- ❖ Επειδή για ανεξάρτητες μεταβλητές με διαφορετική έννοια η σύγκριση δεν είναι δυνατή, γίνεται προσαρμογή των συντελεστών **bi** σε αδιάστατους αριθμούς, ώστε να μπορεί να γίνει μεταξύ τους σύγκριση και να εντοπιστεί η μεταβλητή εκείνη με τη μεγαλύτερη επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή. Τα μεγέθη αυτά είναι:

$$B_{etai} = (b_i * s_i) / s_y$$

όπου

bi: ο συντελεστής παλινδρόμησης της μεταβλητής

si: η τυπική απόκλιση της ανεξάρτητης μεταβλητής **i**

sy: η τυπική απόκλιση της εξαρτημένης μεταβλητής

- ❖ Οι τιμές **T** που χρησιμεύουν για τον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης ότι 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 παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας **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-Ri²)**: 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 $\text{sign.F} < \text{POUT}$ ή $\text{F} > \text{FOUT}$.

- ♦ **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. Στη συνέχεια θα πρέπει να εξεταστεί κατά πόσο το συγκεκριμένο πρότυπο είναι κατάλληλο για την περιγραφή της κατάστασης και πόσο σημαντική είναι η επιρροή των μεταβλητών που περιέχει στην πραγματοποιούμενη επιλογή. Για να είναι δυνατή η εξέταση της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της προσπάθειας, το λογισμικό SPSS παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες, υπολογίζοντας **στατιστικούς δείκτες**.

Από τους **σημαντικότερους** δείκτες είναι ο R^2 αφού είναι εκείνος που δίνει τις καλύτερες πληροφορίες αναφορικά με την **ποιότητα του μαθηματικού προτύπου**. Παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με τον 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 ως ικανοποιητική τιμή οποιαδήποτε βρίσκεται από 0,40 και πάνω. Πρέπει τέλος να τονιστεί ότι ο δείκτης R^2 είναι ένας στατιστικός δείκτης που σχετίζεται με την καταλληλότητα ολόκληρου 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 και κατά συνέπεια 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 δείκτη t-test 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 παραμείνει στο πρότυπο αν η απόλυτη τιμή του t - test του συντελεστή της είναι **μεγαλύτερη από 1,700**.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω, ο ερευνητής είναι σε θέση **να αξιολογήσει** αν τα αποτελέσματα της έρευνάς του 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 έως ότου οδηγήσει σε αποτελέσματα που να περνούν με επιτυχία όλους τους στατιστικούς ελέγχους που αναφέρονται παραπάνω, κάτι το οποίο πραγματοποιήθηκε και στην παρούσα διπλωματική εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα, τα οδικά ατυχήματα αποτελούν την σημαντικότερη αιτία ατυχημάτων στις μεταφορές. Η συνεχής **αύξηση** ου απολύτου αριθμού των **οδικών ατυχημάτων** η οποία ακολουθεί την αύξηση του αριθμού των οχημάτων που κυκλοφορούν, έχει καταστήσει τα οδικά ατυχήματα μια από τις σημαντικότερες αιτίες θανάτου ιδιαίτερα για τους νέους με σημαντικό κοινωνικό και οικονομικό κόστος για την κοινωνία.

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 1.2 με την παρούσα έρευνα επιδιώκεται η ανάλυση των αιτίων των οδικών ατυχημάτων προκειμένου να βελτιωθεί η ασφάλεια του εθνικού οδικού δικτύου. Η **ανάλυση** των οδικών ατυχημάτων θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και να αποφεύγεται η άκριτη σύγκριση απολύτων αριθμών ή απλών ποσοστών. Για παράδειγμα η παρατήρηση ότι το 9% των ατυχημάτων συμβαίνουν στο εθνικό δίκτυο δεν παρέχει απ' ευθείας χρήσιμη γνώση και αντιθέτως παραπλανεί αφού δεν είναι γνωστός ο αριθμός των οχηματοχιλιομέτρων και επιβατοχιλιομέτρων στο εθνικό οδικό δίκτυο. Στόχος δηλαδή της συγκεκριμένης έρευνας είναι να προσδιορίσει την επιρροή της κεντρικής νησίδας και άλλων επιλεγμένων παραμέτρων όπως τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά οι περιβαλλοντικές συνθήκες και οι συνθήκες φωτισμού στην πρόκληση οδικού ατυχήματος. Για την εκπόνηση της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκε η **βάση ατυχημάτων του ΕΜΠ** συμπληρωμένη με τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (ΕΣΥΕ) και **στοιχεία κυκλοφοριακών φόρτων** για τα εξεταζόμενα οδικά τμήματα του υπεραστικού δικτύου της Ελλάδας όπως αυτά καταγράφηκαν στους σταθμούς διοδίων κατά τη διάρκεια της περιόδου 1996-1999. Χρησιμοποιώντας τα συλλεχθέντα στοιχεία πραγματοποιήθηκε μακροσκοπική ανάλυση των παραγόντων 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 ερευνητές που επιθυμούν να συσχετίσουν τα οδικά ατυχήματα με τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά απαιτούν τη διαθεσιμότητα αξιόπιστων στοιχείων και πληροφοριών από τις αρμόδιες υπηρεσίες. Οι έρευνες συσχέτισης των οδικών ατυχημάτων με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, την ύπαρξη κεντρικής νησίδας διαχωρισμού κατευθύνσεων και τις κυκλοφοριακές συνθήκες 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 ερευνών, η **γενίκευση των αποτελεσμάτων** τους πρέπει να γίνεται πάντα **με ιδιαίτερη προσοχή**.

4.1.1 ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο για την εκπόνηση 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 αντικειμενικές **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.α.), τους

συμμετέχοντες στο ατύχημα (αριθμός παθόντων), τις ανθρώπινες απώλειες (νεκροί, βαριά ή ελαφριά τραυματίες), το είδος του ελιγμού που προκάλεσε το ατύχημα (προσπέραση, αλλαγή λωρίδας, κ.α.), τις καιρικές συνθήκες (βροχή, καλοκαιρία κ.α.), το είδος και την κατάσταση του οδοστρώματος, την ύπαρξη σηματοδότησης - σηματορύθμισης και τέλος κάποια συμπληρωματικά στοιχεία που αφορούν στην 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, συμπεριλαμβανομένου του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του ΕΜΠ, 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 τύπος του ατυχήματος, οι αποφασιστικοί ελιγμοί, οι συνθήκες του ατυχήματος κλπ. Τα στοιχεία όμως που αφορούν στις συνέπειες του ατυχήματος (νεκροί και βαριά τραυματίες) συμπληρώνονται **οριστικά** μετά το τέλος της **30ης 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 σύμφωνα με τους σχετικούς διεθνείς ορισμούς. Λεπτομερής περιγραφή του ΔΟΤΑ καθώς και των τιμών που μπορεί να έχουν οι μεταβλητές του παρουσιάζεται σε επόμενη παράγραφο αφού στα **στοιχεία** του ΔΟΤΑ θα **στηριχθεί η στατιστική** επεξεργασία που θα οδηγήσει στην ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου για τη συσχέτιση οδικών ατυχημάτων συναρτήσει της κεντρικής νησίδας και επιλεγμένων παραμέτρων του εθνικού οδικού δικτύου της Ελλάδος.

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.

Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά οι **μεταβλητές** που **περιλαμβάνονται** στο **ΔΟΤΑ** και εισάγονται κωδικοποιημένες στη βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ. Οι μεταβλητές που περιλαμβάνονται στο ΔΟΤΑ και εισάγονται κωδικοποιημένες στη βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ. Στη συνέχεια παρατίθεται διάγραμμα (4.1) στο οποίο περιγράφονται επιλεγμένες μεταβλητές της βάσης δεδομένων.

- ❑ Τόπος ατυχήματος
- ❑ Είδος Οδού
- ❑ Χρόνος Ατυχήματος
- ❑ Παθόντες
- ❑ Αριθμός οχημάτων
- ❑ Ατμοσφαιρικές συνθήκες
- ❑ Συνθήκες οδοστρώματος
- ❑ Κατάσταση οδοστρώματος
- ❑ Φωτισμός κατά τη νύχτα
- ❑ Ειδικά στοιχεία οχήματος
- ❑ Τύπος οδού
- ❑ Γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδού
- ❑ Τύπος ατυχήματος πρώτης σύγκρουσης
- ❑ Ελιγμός οχημάτων
- ❑ Θέση και κίνηση πεζών
- ❑ Ρύθμιση κυκλοφορίας, σήμανση και σηματοδότηση
- ❑ Σκαρίφημα

- ❑ Δίπλωμα οδήγησης - Κατηγορία και έτος απόκτησης αυτού
- ❑ Εξάρτημα ασφαλείας
- ❑ Αλκοτέστ
- ❑ 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 μια 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.

Βάση Δεδομένων 1996-1999	
▪ A/A Ατυχήματος (Serial number of accident)	
▪ Γεωγραφικός κώδικας οικισμού (Geographical code)	
▪ Τύπος περιοχής (Area type)	- κατοικημένη περιοχή - μη κατοικημένη περιοχή
▪ Είδος οδού (Road type)	- Νέα Εθνική - Παλαιά Εθνική - Επαρχιακή - Δημοτική - Κοινοτική - Άλλο είδος
▪ Έτος (Year)	
▪ Νεκροί (number of persons killed)	
▪ Βαριά τραυματίες (number of persons seriously injured)	
▪ Ελαφρά τραυματίες (number of persons slightly injured)	
▪ Αριθμός οχημάτων (number of vehicles)	
▪ Καιρός 2 (Weather 2)	- καλοκαιρία - βροχή - άλλος
▪ Συνθήκες οδοστρώματος (pavement conditions)	- κανονικές (υγρό σε καλή κατάσταση) - υγρό – βρεγμένο - γλίτσα, λάδια - χιονισμένο

- παγωμένο - άλλες
▪ Συνθήκες φωτισμού (lighting conditions) - μέρα - σούρουπο - νύχτα ▪ φωτισμός κατά τη νύχτα (night lighting) - τεχνητός φωτισμός επαρκής - τεχνητός φωτισμός αμυδρός - τεχνητός φωτισμός σβηστός - χωρίς εγκατάσταση φωτισμού
▪ κατευθύνσεις (number of directions) - μία - δύο ▪ αριθμός λωρίδων ανά κατεύθυνση (number of lanes per direction) ▪ διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού (direction markings) - ευκρινής - μη ευκρινής - όχι
▪ Όχημα (vehicle)

■ Τύπος ατυχήματος (accident type)

- μετωπική
- πλαγιομετωπική
- πλάγια
- νωτομετωπική
- πρόσκρουση σε τρένο
- πρόσκρουση οχήματος σε σταθμευμένο όχημα
- πρόσκρουση σε όχημα που πραγματοποιεί στάση
- πρόσκρουση σε όχημα που πραγματοποιεί διακοπή πορείας
- πρόσκρουση σε στύλο ή δένδρο
- πρόσκρουση οχήματος σε κτίσμα ή σταθερό αντικείμενο
- παράσυρση πεζού
- παράσυρση ζώου
- εκτροπή στο αντίθετο ρεύμα
- εκτροπή προς τα δεξιά
- εκτροπή προς τα αριστερά
- ανατροπή στην οδό
- ανατροπή εκτός οδού
- πυρκαγιά
- άλλος, να περιγραφεί

■ Ηλικία 2 (Age 2)

- 0-4 έτη
- 5-14 έτη
- 15-24 έτη
- 25-34 έτη
- 35-44 έτη
- 45-54 έτη
- 55-64 έτη

Πίνακας 4.1 Περιγραφή επιλεγμένων μεταβλητών της βάσης δεδομένων για την περίοδο 1996-1999 της ΕΣΥΕ.

4.1.3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Από τα τέσσερα προαναφερθέντα αρχεία της βάσης δεδομένων της ΕΣΥΕ επιδιώχθηκε μέσα από μια συστηματική διαδικασία να συγκεντρωθούν στοιχεία για την **κεντρική νησίδα** (η επιρροή της οποίας αποτελεί τον βασικό στόχο της έρευνας αυτής) και για όσο το δυνατόν **περισσότερες παραμέτρους** που ο ερευνητής εκτιμά ότι μπορεί να έχουν σχέση με το αντικείμενο της έρευνας. Οι παράμετροι αυτές δεν είναι όλες πρωτεύουσας σημασίας. Το ποιες από αυτές είναι και ποιες όχι είναι δυνατό να εκτιμηθεί από τον ερευνητή με αρκετή ακρίβεια και να εξεταστεί αν θα συμπεριληφθούν ή όχι στο μαθηματικό πρότυπο έπειτα από τη στατιστική ανάλυση που ακολουθεί τη συλλογή στοιχείων.

Με βάση όσα αναφέρθηκαν γίνεται κατανοητό ότι από τη **βάση δεδομένων** του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του ΕΜΠ που έχει συμπληρωθεί με στοιχεία της ΕΣΥΕ για την περίοδο από το **1996 έως το 1999** έπρεπε να γίνει επιλογή κάποιων παραμέτρων που κατά τη άποψη του ερευνητή θεωρήθηκαν ως περισσότερο σημαντικές όσον αφορά στην επιρροή τους στο δείκτη επικινδυνότητας. Η προσπάθεια αυτή παρουσίασε αρκετές δυσκολίες αφού έπρεπε να ελεγχθεί μια βάση δεδομένων αρκετά 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 την κρίση του ότι είναι σημαντικότερα. Μετά την καταγραφή των στοιχείων της ΕΣΥΕ στην Access δημιουργήθηκαν όπως αναφέρθηκε παραπάνω τέσσερις αρχικοί πίνακες (Tables), Accident, Person, Vehicle, Safety Equipment. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ο πίνακας με τα στοιχεία των ατυχημάτων έχει 97.108 σειρές δηλαδή (97.108 ατυχήματα) και 68 στήλες, γεγονός που καθιστούσε την επεξεργασία του εξαιρετικά πολύπλοκη.

Μέσω των πινάκων αυτών γίνεται προσπάθεια **συλλογής στοιχείων** για όσο το δυνατόν 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 κατάλληλη επεξεργασία των στοιχείων ο ερευνητής ίσως να μπορεί να αντιληφθεί ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά που κατά πάσα πιθανότητα θα περιέχονται στο πρότυπο. Όμως δεν μπορεί να γνωρίζει με βεβαιότητα ποιες από τις δευτερεύουσες σημασίας μεταβλητές θα χρησιμοποιηθούν.

Μετά από ώριμη σκέψη και επεξεργασία των στοιχείων του υπό εξέταση αντικειμένου θεωρήθηκε σκόπιμο για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας να ελεγχθεί η **επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου** στα οδικά ατυχήματα. Έγινε δηλαδή σαφές κατά την παρούσα έρευνα ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος αποτελεί μια παράμετρο που σχετίζεται με το αντικείμενο της έρευνας και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου. Θεωρήθηκε εξάλλου απαραίτητη από τον ερευνητή η μελέτη του κυκλοφοριακού φόρτου στην παρούσα εργασία διότι θεωρήθηκε ότι η χρησιμοποίηση της συγκεκριμένης παραμέτρου στο μαθηματικό πρότυπο θα οδηγήσει σε **ασφαλέστερα** και γενικότερα συμπεράσματα. Εξάλλου οι μελέτες συσχέτισης των οδικών ατυχημάτων με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού και τις οδικές περιβαλλοντικές συνθήκες που έχουν πραγματοποιηθεί σε παγκόσμια κλίμακα, έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι ο φόρτος είναι απαραίτητη παράμετρος στην ανάπτυξη ενός μαθηματικού προτύπου **πρόβλεψης ατυχημάτων**.

Παράλληλα, η επεξεργασία των στοιχείων που καταγράφονται στη βάση δεδομένων και η συμπλήρωση των συγκεντρωτικών πινάκων οδήγησε στη διαπίστωση ότι **μεγαλύτερο ποσοστό** ατυχημάτων παρατηρείται στο **υπεραστικό** δίκτυο της χώρας παρά στο αστικό. Το γεγονός αυτό οδήγησε την έρευνα στη μελέτη των ατυχημάτων που καταγράφονται εκτός κατοικημένης περιοχής. Εξάλλου η απαίτηση να χρησιμοποιηθούν στοιχεία φόρτων κυκλοφορίας προκειμένου να είναι εφικτή η γενίκευση των αποτελεσμάτων και η αξιοπιστία των συμπερασμάτων της έρευνας περιόρισαν την έρευνα σε συγκεκριμένα οδικά τμήματα, για τα οποία είναι διαθέσιμα τα στοιχεία φόρτων. Τελικά τα τμήματα στα οποία περιορίστηκε η μελέτη ήταν τα οδικά τμήματα των εθνικών οδών **Πάτρας-Αθήνας** και **Αθήνας-Θεσσαλονίκης**.

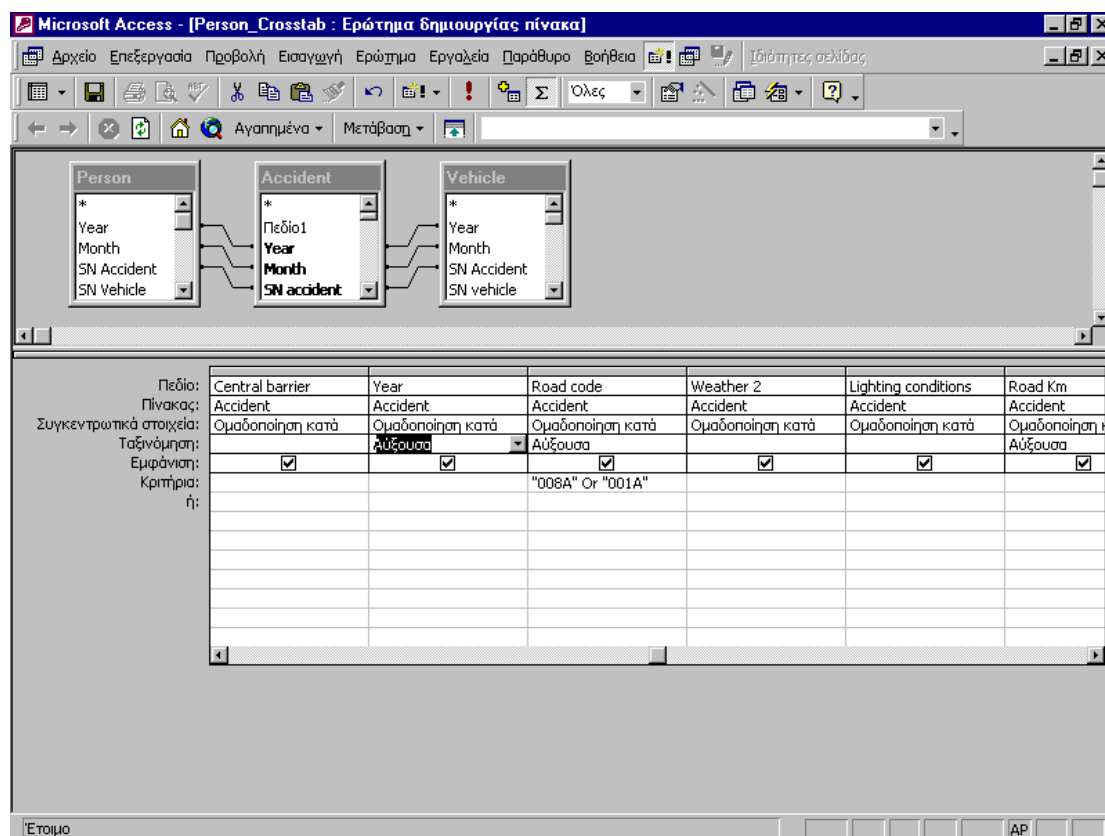
Ακόμη κρίθηκε σκόπιμο να μελετηθούν τα ατυχήματα που καταγράφονται σε **ευθύγραμμα και επίπεδα** των εθνικών οδών Πάτρας-Αθήνας και Αθήνας-Θεσσαλονίκης καθώς θεωρήθηκε ότι με αυτό τον τρόπο τα αποτελέσματα της έρευνας θα είναι **συγκρίσιμα** και θα είναι δυνατή η **γενίκευσή** τους.

Όσα αναφέρθηκαν παραπάνω οδήγησαν στην ανάγκη δημιουργίας ενός επιπλέον πίνακα (Table) στην Access εκτός από τους τέσσερις που ήδη αναφέρθηκαν στον οποίο περιέχονται στοιχεία φόρτων, τα οποία προέρχονται από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στους σταθμούς διοδίων. Ο νέος αυτός πίνακας (Table) ο οποίος ονομάστηκε segregation ΠΑΘΕ συμπληρώθηκε με στοιχεία των ήδη υπαρχόντων πινάκων και με την προσθήκη μιας στήλης με **στοιχεία κυκλοφοριακών φόρτων**. Στον πίνακα (Table) αυτόν περιέχονται στοιχεία ατυχημάτων τα οποία πραγματοποιήθηκαν στο υπεραστικό δίκτυο της



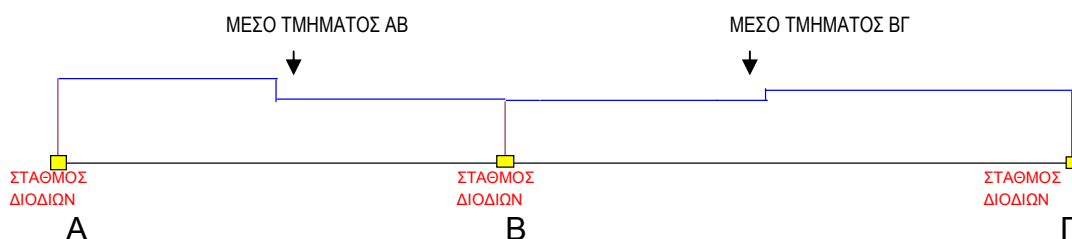
Εικόνα 1 Εθνική οδός Πάτρας Αθήνας

Ελλάδας και συγκεκριμένα στα οδικά τμήματα των **εθνικών οδών Πάτρας-Αθήνας και Αθήνας-Θεσσαλονίκης** τα οποία είναι **ευθύγραμμα και επίπεδα**.

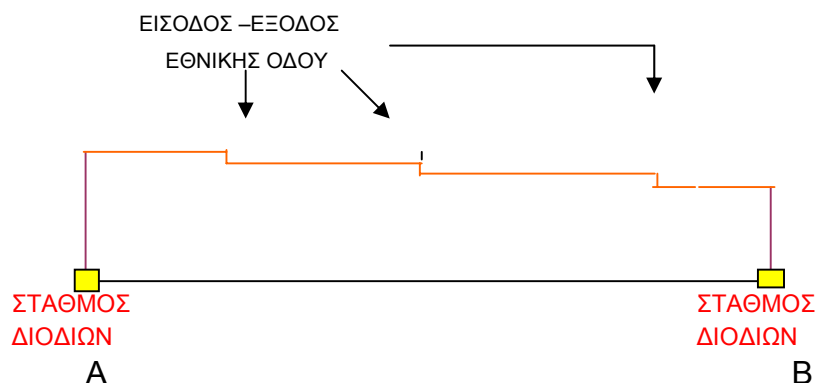


Πίνακας 4.2 Ερώτημα της Access για τη δημιουργία του πίνακα (table) ο οποίος συμπληρώθηκε με στοιχεία φόρτων και χρησιμοποιήθηκε για τα ερωτήματα (queries) κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής.

Για τη συμπλήρωση των στοιχείων κυκλοφοριακών φόρτων χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία που συλλέγονται στους σταθμούς διοδίων θεωρώντας ότι η μεταβολή του φόρτου μεταξύ των σταθμών έχει τη μορφή του σχήματος 4.1. Λόγω έλλειψης στοιχείων δεν ήταν γνωστή η πραγματική μορφή της μεταβολής του φόρτου μεταξύ των σταθμών διοδίων. Θεωρήθηκε ότι η μεταβολή του φόρτου όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 4.1 προσεγγίζει ικανοποιητικά την πραγματική μεταβολή, η οποία έχει τη μορφή του σχήματος 4.2.

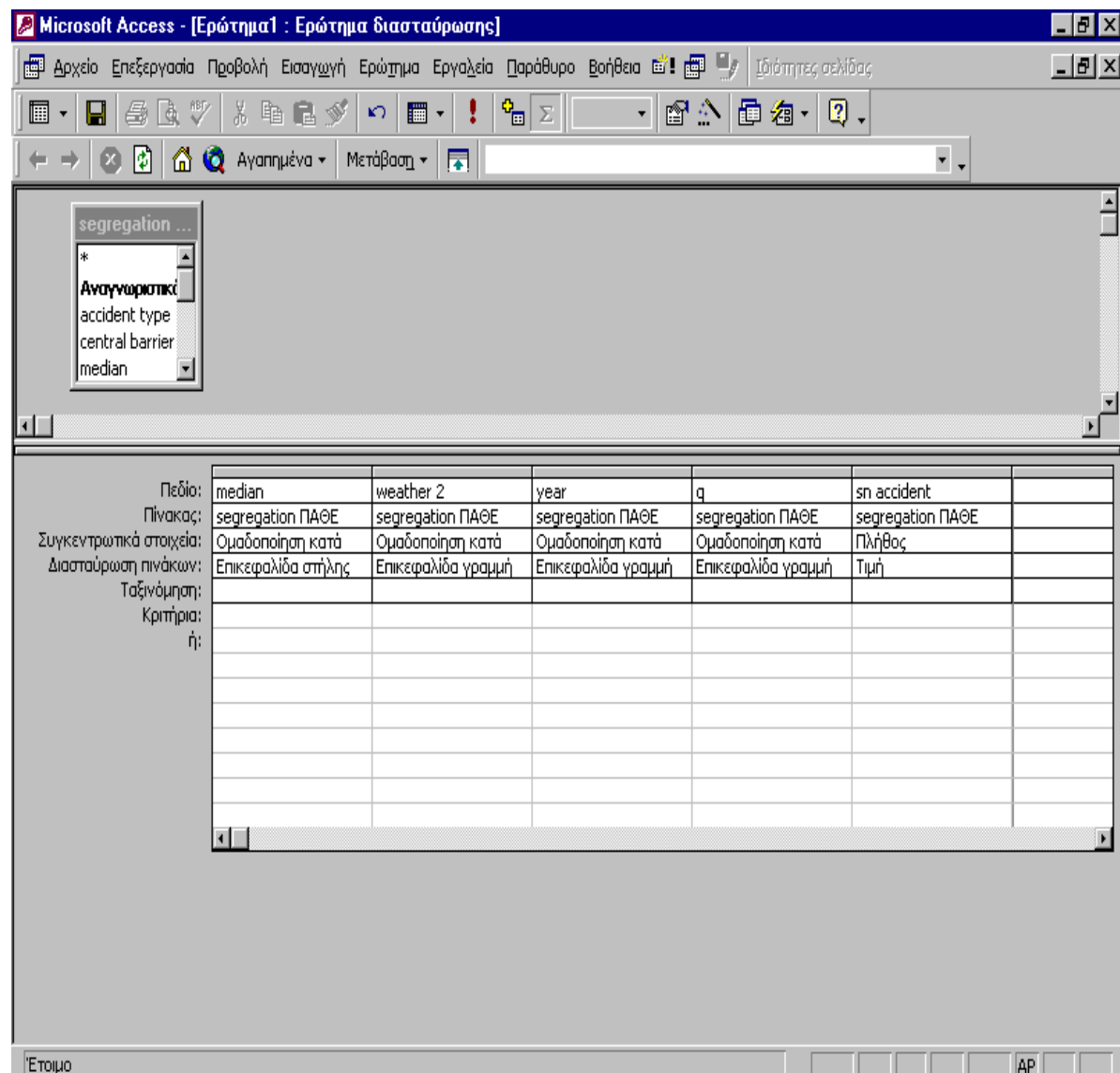


Σχήμα 4.1. Μεταβολή του κυκλοφοριακού φόρτου μεταξύ των σταθμών διοδίων.



Σχήμα 4.2 Πραγματική μεταβολή του φόρτου μεταξύ των σταθμών διοδίων.

Για να είναι δυνατή η επιλογή των παραμέτρων που θα αποτελέσουν το μαθηματικό πρότυπο δημιουργήθηκαν από τον παραπάνω πίνακα με τη βοήθεια της **Access** κάποια ερωτήματα (queries), τα οποία από το σύνολο των στοιχείων της βάσης είχαν στη σύνθεση τους κάποιες μεταβλητές όπως ο φόρτος, η κεντρική νησίδα, το αριστερό στηθαίο ασφαλείας, οι συνθήκες φωτισμού κλπ. **Παράδειγμα** τέτοιου **ερωτήματος** παρουσιάζεται στη συνέχεια. Στο ερώτημα αυτό εξετάζεται ο αριθμός των ατυχημάτων ανάλογα με την κεντρική νησίδα, τον φόρτο κυκλοφορίας, το έτος και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.



Πίνακας 4.3 Παράδειγμα ερωτήματος στην Access.

weather 2	year	q	1	2
1	96	1140000	2	31
1	96	1421700	5	17
1	96	1723900		24
1	96	1985300	10	61
1	96	2153300		6
1	96	2247500	3	23
1	96	4535900	2	12
1	96	5480100	6	8
1	96	6314400	9	8
1	96	7522600	4	14
1	97	1243200	3	27
1	97	1516600		16
1	97	2177900	2	30
1	97	2398500	2	30
1	97	2446300		14
1	97	4936100	2	9
1	97	5786800	2	5
1	97	6772300	3	12
1	97	7714800	3	17
1	98	1122100		20
1	98	1532200	1	15
1	98	2239000	4	67
1	98	2495000		16
1	98	2601500	8	
1	98	2601522		16
1	98	5227100	5	13

Πίνακας 4.4 Αποτελέσματα ερωτήματος (queries) στην Access.

Για την καλύτερη κατανόηση του παραπάνω ερωτήματος σημειώνεται ότι :

- Στις στήλες με κωδικό 1 ή 2 αναγράφεται ο αριθμός ατυχημάτων με ή χωρίς κεντρική νησίδα αντίστοιχα.
- Στη δεύτερη στήλη αναγράφονται τα έτη για τα οποία γίνεται έρευνα των οδικών ατυχημάτων
- Η πρώτη στήλη αναφέρεται στις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες. Ο κωδικός 1 είναι για καλοκαιρία και ο κωδικός 2 για βροχή. Ο κωδικός 3 αναφέρεται σε άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες.
- Η στήλη των κυκλοφοριακών φόρτων περιλαμβάνει τις σχετικές μετρήσεις.

Ανάλογα ερωτήματα με αυτό έχουν γίνει και για άλλους πιθανούς συνδυασμούς οι οποίοι θεωρήθηκαν από τον ερευνητή ότι θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε 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 οποίων παρουσιάζονται παρακάτω.

Επιλέχθηκαν ορισμένα στοιχεία οδικών τμημάτων, τα οποία θεωρήθηκαν ως τα σημαντικότερα κατά την κρίση του μελετητή και δημιουργήθηκαν οι αρχικοί συγκεντρωτικοί πίνακες που αποτελούν τη βάση για να καταλήξει η έρευνα στο τελικό αποτέλεσμα. Ενδεικτικά παρατίθενται στη συνέχεια ορισμένοι από τους αρχικούς συγκεντρωτικούς πίνακες που συμπληρώθηκαν στην πρώτη φάση της παρούσας έρευνας και αναφέρονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

Στον πίνακα 4.5 που ακολουθεί προκύπτει ότι η **πλαγιομετωπική σύγκρουση** είναι ο πιο συχνός τύπος οδικών ατυχημάτων και αντιστοιχεί στο 30% του συνόλου των ατυχημάτων για κατοικημένη περιοχή και στο 27% για μη κατοικημένη περιοχή. Η εξήγηση αυτής της μείωσης του ποσοστού βρίσκεται πιθανώς στο γεγονός της αντίστοιχης **μείωσης της ταχύτητας κυκλοφορίας** από το εθνικό στο αστικό δίκτυο και κατά συνέπεια της μείωσης της σφοδρότητας της σύγκρουσης και των συνεπειών της για τα εμπλεκόμενα στο ατύχημα πρόσωπα. Σημειώνεται ακόμη ότι αντίθετα με την επικρατούσα αντίληψη οι μετωπικές συγκρούσεις δεν είναι απαραίτητα η σημαντικότερη αιτία για σοβαρά ατυχήματα. Όπως φαίνεται από τον πίνακα 4.5 σε κατοικημένες περιοχές όπου παρουσιάζονται χαμηλότερες ταχύτητες οι μετωπικές συγκρούσεις εμφανίζονται σε ποσοστό 5% ενώ στις **μη κατοικημένες** σε ποσοστό 11% υπάρχουν όμως τύποι ατυχημάτων που οδηγούν σε σοβαρότερα ατυχήματα. 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.

Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται κυρίως σε αστικά δίκτυα όπου εκτός από τη μορφή ελέγχου της σηματοδότησης για πεζούς, τις συνθήκες φωτισμού διασταύρωσης, του φόρτου της οδού και της σύνθεσης της κυκλοφορίας ο βασικός παράγοντας που επιδρά στην ασφάλεια των πεζών είναι και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού.

Ο πίνακας 4.6 που ακολουθεί αναφέρεται στον τύπο οχήματος και τη συμμετοχή σε οδικό ατύχημα σε σχέση με την ύπαρξη κεντρικής νησίδας.

Παρατηρείται ότι τα επιβατικά οχήματα παρουσιάζουν μεγαλύτερο δείκτη επικινδυνότητας με ποσοστό συμμετοχής 57,3% για κατοικημένη περιοχή και 64,6% σε εθνικό δίκτυο από τα φορτηγά που εμφανίζουν ποσοστά 8,3% και 17,9% αντίστοιχα. Ο δείκτης επικινδυνότητας αυξάνει με την αύξηση της ισχύος των επιβατικών και του ωφέλιμου φορτίου των φορτηγών με αποτέλεσμα σε μη κατοικημένες περιοχές όπου παρατηρείται αύξηση της ταχύτητας των οχημάτων η σύγκρουση να είναι σφοδρότερη και να οδηγεί σε σοβαρότερα αποτελέσματα για τους επιβαίνοντες στα οχήματα.

Αξίζει να σημειωθεί ακόμη ότι τα λεωφορεία παρουσιάζουν τη μικρότερη συχνότητα εμπλοκής σε οδικά ατυχήματα με ποσοστά 1,6% για το αστικό δίκτυο και 1,8% για το εθνικό δίκτυο. Παρατηρείται εξάλλου σημαντική διακύμανση στα ποσοστά των οδικών ατυχημάτων με εμπλοκή δίτροχων. Συγκεκριμένα σε κατοικημένη περιοχή το ποσοστό των ατυχημάτων με εμπλοκή δίτροχου κυμαίνεται στο 25% ενώ στο εθνικό οδικό δίκτυο στο ποσοστό 8,3%. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία της κυκλοφορίας δίτροχων πραγματοποιείται εντός των κατοικημένων περιοχών. Επίσης παρατηρείται σημαντική υπεροχή στη συχνότητα συμμετοχής σε οδικά ατυχήματα των δικύκλων μεγάλου κυβισμού. Έτσι ενώ για δίτροχα μέχρι και πενήντα κυβικών εκατοστών το ποσοστό συμμετοχής σε ατύχημα είναι 5,9% σε αστικό οδικό δίκτυο το ποσοστό εμπλοκής σε ατύχημα δίτροχου από πενήντα κυβικών εκατοστών και άνω αυξάνει σημαντικά φτάνοντας στο 25 %. Γενικά θεωρείται ότι αυξάνοντας τα κυβικά ενός οχήματος αυξάνεται η επιτάχυνση, η ταχύτητα που αυτό αναπτύσσει, δυσχεραίνοντας την επιβράδυνση με αποτέλεσμα ο χρήστης του δίτροχου να μη μπορεί να αντιδράσει στη περίπτωση εμπλοκής του σε οδικό ατύχημα.

Στον πίνακα 4.7 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 την ημέρα, το σούρουπο ή κατά 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 30% και 37% αντίστοιχα. Μια **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 γίνεται ευκολότερα αντιληπτό 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 15%, 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 σε σχέση με την 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 4.8 που ακολουθεί αναφέρεται στον τύπο ατυχήματος σε σχέση με την ύπαρξη κεντρικού στηθαίου.

Προκύπτει ότι η **πλαγιομετωπική σύγκρουση** είναι ο πιο συχνός τύπος οδικών ατυχημάτων και αντιστοιχεί στο 37% για κατοικημένη περιοχή και στο 28% για μη κατοικημένη περιοχή. Η εξήγηση αυτής της μείωσης του ποσοστού βρίσκεται πιθανώς στο γεγονός της αντίστοιχης **μείωσης της ταχύτητας κυκλοφορίας** από το εθνικό στο αστικό δίκτυο και κατά συνέπεια της μείωσης της σφοδρότητας της σύγκρουσης και των συνεπειών της για τα εμπλεκόμενα στο ατύχημα πρόσωπα. Σημειώνεται ακόμη ότι αντίθετα με την επικρατούσα αντίληψη οι μετωπικές συγκρούσεις δεν είναι απαραίτητα η αιτία για επικίνδυνα ατυχήματα. Όπως φαίνεται από τον πίνακα 4.8 σε κατοικημένες περιοχές όπου παρουσιάζονται χαμηλότερες ταχύτητες οι μετωπικές συγκρούσεις εμφανίζονται σε ποσοστό 5% στην περίπτωση απουσίας στηθαίου ενώ στις **μη κατοικημένες** σε ποσοστό 11% υπάρχουν όμως τύποι ατυχημάτων που οδηγούν σε σοβαρότερα ατυχήματα. Για περιοχές **εκτός κατοικημένων** περιοχών μεγάλα ποσοστά εμφανίζει και πάλι η πλαγιομετωπική σύγκρουση 28%, η εκτροπή από την οδό με 22% ενώ μικρό ποσοστό παρουσιάζει η πλάγια σύγκρουση με 4,5%.

Στον πίνακα 4.9 παρουσιάζεται η επιρροή των **καιρικών συνθηκών** στα οδικά ατυχήματα. Από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό ατυχημάτων (93%) σε κατοικημένη περιοχή πραγματοποιείται σε συνθήκες **καλοκαιρίας**, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για συνθήκες βροχής περιορίζεται στο 6%. Αυτό πιθανώς οφείλεται στην μικρότερη κυκλοφορία και τη μειωμένη ταχύτητα σε συνθήκες βροχής. Από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτει ότι από τα ατυχήματα εκτός κατοικημένης περιοχής που πραγματοποιούνται σε συνθήκες καλοκαιρίας το 93.5% πραγματοποιείται στην περίπτωση μη ύπαρξης κεντρικής νησίδας.

Στον πίνακα 4.10 φαίνεται η επιρροή των **συνθηκών φωτισμού** σε σχέση με την ύπαρξη ή μη κεντρικής νησίδας στα οδικά ατυχήματα. Από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτει ότι σε μη κατοικημένες περιοχές το ποσοστό των ατυχημάτων που πραγματοποιούνται κατά τη **διάρκεια της ημέρας** είναι 60% ενώ το αντίστοιχο ποσοστό κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι 35%. Αυτό πιθανώς οφείλεται στην αυξημένη κυκλοφορία των οχημάτων κατά τη διάρκεια της ημέρας με αποτέλεσμα την αυξημένη πιθανότητα προσκρούσεως.

Στον πίνακα 4.11 παρουσιάζεται ο αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος σε σχέση με την ύπαρξη ή μη **ερείσματος** στη δεξιά πλευρά της οδού. Ο πιο συνήθης τύπος ατυχήματος εκτός κατοικημένης περιοχής είναι οι πλαγιομετωπικές συγκρούσεις με ποσοστό 28%. Οι μετωπικές συγκρούσεις και οι παράσυρση πεζού παρουσιάζονται με ποσοστά 11% και 22% αντίστοιχα.

Αναφέρεται 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 των πινάκων, 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. Επίσης πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος των ποσοστών όλων των πινάκων όσον αφορά στα επιτρεπτά όρια στα οποία κυμαίνονται για να είναι αποδεκτά και αξιόπιστα για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Συγκεκριμένα, τα όρια στα οποία κυμαίνονται τα ποσοστά υπολογίστηκαν με εφαρμογή του τύπου :

$$U = u^* \sqrt{pq / n}$$

Όπου :

U :1.96 (επίπεδο σημαντικότητας 90%).

p :το ποσοστό ατυχημάτων .

q :1-p.

n :το σύνολο των ατυχημάτων.

Με βάση τους πίνακες που παρατίθενται στην παρούσα ενότητα εξήχθησαν ορισμένα γενικά συμπεράσματα για τη συχνότητα και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Αρκετό ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξέταση της **επικινδυνότητας** των ατυχημάτων, η οποία αποτελεί το βασικό στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας και παρουσιάζεται στα κεφάλαια που ακολουθούν.

