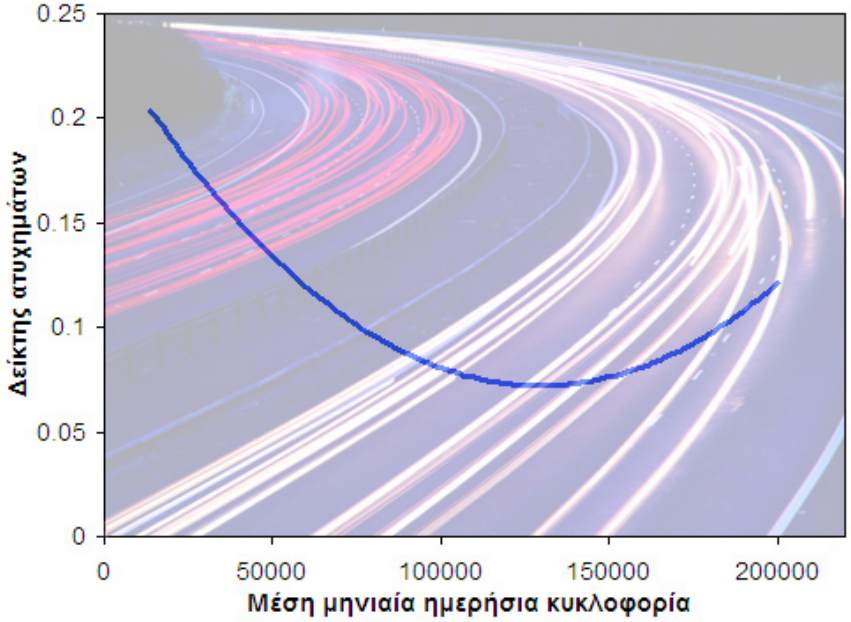
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΣΤΟΥΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥΣ



ΑΝΤΩΝΗΣ ΧΑΖΙΡΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΓΙΩΡΓΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2005

“Συγκριτική διερεύνηση παραμέτρων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα στους Ελληνικούς αυτοκινητοδρόμους”

Αντώνης Χαζίρης
Επιβλέπων : Γιώργος Γιαννής, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Σύνοψη
Η Διπλωματική Εργασία αυτή αφορά στη διερεύνηση της επιρροής επιλεγμένων παραμέτρων στο επίπεδο οδικής ασφάλειας Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων και παράλληλα πραγματοποιούνται συγκρίσεις που αφορούν στο μέγεθος της επιρροής αυτής σε κάθε εξεταζόμενο οδικό τμήμα. Για την εκπόνηση της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία πλήθους για τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων σε ατυχήματα, καθώς και στοιχεία ατυχημάτων, τα οποία περιέχονται στο Σύστημα Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων του Ε.Μ.Π. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των αυτοκινητοδρόμων που εξετάστηκαν, όπως ανακτήθηκαν από τις αντίστοιχες υπηρεσίες λειτουργίας (Αττικές Διαδρομές Α.Ε. Εγνατία Οδός Α.Ε. ΕΥΔΕ Π.Α.Θ.Ε.). Για την πραγματοποίηση της ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε η παλινδρόμηση Poisson και η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση ανάλογα με την κατανομή που ακολουθούν τα εξεταζόμενα ανά περίπτωση στοιχεία. Τα αποτελέσματα της εργασίας αφορούν σε τέσσερα μαθηματικά πρότυπα παλινδρόμησης και δύο πολυωνυμικές σχέσεις συσχέτισης του δείκτη ατυχημάτων με τον κυκλοφοριακό φόρτο της Αττικής Οδού. Τα βασικότερα συμπεράσματα της εργασίας αφορούν στην επισήμανση των σημαντικότερων παραμέτρων που επηρεάζουν την εμφάνιση οδικών ατυχημάτων και τη συγκριτική επιρροή αυτών στους εξεταζόμενους αυτοκινητοδρόμους.

Λέξεις κλειδιά : Οδική ασφάλεια, Αυτοκινητόδρομος, Επικινδυνότητα, Poisson, Αρνητική Διωνυμική

“Comparative investigation of parameters influencing road accident risk in Greek motorways”

Antonis Chaziris
Supervisor: George Yannis, Assistant Professor, NTUA

Abstract
The impact of selected parameters on the road safety level on Greek motorways is investigated in the present Diploma Thesis, while at the same time comparisons are carried out concerning the size of this impact in each road segment examined. Data concerning the number and the characteristics of participants in traffic accidents were used, as well as raw accident data, which became available from NTUA’s Traffic Accident Database. Additionally, operation data were used for the motorways examined, which were recovered by the corresponding motorway operation authorities (Attikes Diadromes, Egnatia Odos, P.A.TH.E.). In order to carry out the analysis Poisson and negative binomial regression methods were used, according to the distribution which the examined data were following in each case. The results of this research consisted of four mathematic regression models and two polynomial relations of cross-correlation of the accident indicator and the traffic volume, concerning the motorway of Attiki Odos. The conclusions of this work, concern the identification of the most important parameters that influence the frequency of road accidents and the comparative impact among the motorways examined.

Key words: Road Safety, Motorway, Road accident risk, Poisson, Negative Binomial

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία (Δ.Ε.) **διερευνάται συγκριτικά η επιρροή διαφόρων παραμέτρων στο επίπεδο Οδικής Ασφάλειας των Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων**. Οι παράμετροι που επιλέγονται αφορούν σε ποιοτικά χαρακτηριστικά που περιγράφουν το εξεταζόμενο ατύχημα και τους συμμετέχοντες σε αυτό. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η έκφραση του επιπέδου οδικής ασφάλειας μέσω του αριθμού των συμμετεχόντων προσώπων σε ατυχήματα για μια δεδομένη εξεταζόμενη περίοδο. Ακόμη βασική επιδίωξη της έρευνας ήταν η επιβεβαίωση και επικαιροποίηση παλαιότερων συμπερασμάτων που αφορούν στη συσχέτιση του κυκλοφοριακού φόρτου με τον δείκτη επικινδυνότητας ενός τμήματος αυτοκινητοδρόμου.

Αντικείμενο διερεύνησης της εργασίας αποτέλεσαν επιλεγμένα τμήματα δύο εκ των κυριοτέρων αυτοκινητοδρόμων της Ελλάδας, της **Αττικής Οδού** (τμήμα Ελευσίνα-Αεροδρόμιο) και του αυτοκινητοδρόμου **Πάτρας – Αθήνας – Θεσσαλονίκης – Ευζώνων** (Π.Α.Θ.Ε. τμήμα Κόρινθος-Υλίκη) για τους οποίους συγκεντρώθηκαν αναλυτικά στοιχεία από τα οποία, χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία που περιγράφεται, εξήχθησαν τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα. Αντίστοιχα στοιχεία συγκεντρώθηκαν και για την Εγνατία Οδό, ωστόσο η έλλειψη συστηματικού τρόπου καταγραφής των ατυχημάτων που αφορούσαν στα τμήματα διατομής αυτοκινητοδρόμου απέτρεψε την πραγματοποίηση περαιτέρω έρευνας. Τα τμήματα αυτοκινητοδρόμων που εξετάστηκαν αφορούν σε ένα αστικό και σε ένα υπεραστικό αυτοκινητόδρομο βοηθώντας στην πιθανή ανάδειξη των διαφορών ανάμεσα στα χαρακτηριστικά των οδικών ατυχημάτων σε αυτούς.

Τα απαραίτητα στοιχεία των συμμετεχόντων σε ατυχήματα αλλά και του αριθμού των ατυχημάτων που συνέβησαν στα εξεταζόμενα οδικά τμήματα για την τριετία 2001-2003 που αποτελεί την περίοδο αναφοράς της έρευνας, συγκεντρώθηκαν από τη βάση δεδομένων του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου που συμπληρώνεται με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας η οποία κωδικοποιεί και κατηγοριοποιεί τα δεδομένα που προέρχονται από τα Δελτία Οδικού Τροχαίου Ατυχήματος (ΔΟΤΑ) της Τροχαίας. Τα στοιχεία ανακτήθηκαν με τη βοήθεια του Συστήματος Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων (ΣΑΝΤΡΑ) που αποτελεί μια φιλική προς τον χρήστη εφαρμογή βασισμένη στο λογισμικό Microsoft Access. Το λογισμικό αυτό δίνει τη δυνατότητα ανάκτησης των απαραίτητων στοιχείων ομαδοποιημένων ανά ευρεία σειρά χαρακτηριστικών.

Τα στοιχεία που αφορούν στην **επιλογή των τμημάτων διατομής αυτοκινητοδρόμου** και την **περίοδο λειτουργίας** του κάθε ενός, ανακτήθηκαν από τις υπηρεσίες λειτουργίας και συντήρησης της κάθε εξεταζόμενης οδού. Συγκεκριμένα, συγκεντρώθηκαν αναλυτικά στοιχεία για τις ημερομηνίες έναρξης λειτουργίας του κάθε τμήματος αυτοκινητοδρόμου της Αττικής Οδού, του Π.Α.Θ.Ε. (για τα τμήματα από την Κόρινθο έως την Υλίκη).

Για τους παραπάνω αυτοκινητοδρόμους αναζητήθηκαν ακόμη στοιχεία που αφορούσαν **στη σύνθεση της κυκλοφορίας και στους κυκλοφοριακούς τους φόρτους**. Οι κυκλοφοριακοί φόρτοι αφορούσαν σε δεδομένα ετήσιας ή μηνιαίας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας. Από τα δεδομένα αυτά και σε συνδυασμό με την απαραίτητη πληροφορία για τη **μέση διανυόμενη απόσταση** του κάθε τύπου οχήματος , ανά χρονική περίοδο και ανά αυτοκινητόδρομο, προέκυψε η αναπαραγωγή στοιχείων οχηματοχιλιομέτρων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την έκφραση του δείκτη επικινδυνότητας. Κυριότερη πηγή αναζήτησης αποτέλεσαν οι «Αττικές Διαδρομές Α.Ε.».

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση της ανάλυσης ήταν η **παλινδρόμηση Poisson και η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση,** με τις οποίες αναπτύσσονται μαθηματικά πρότυπα πρόβλεψης για διακριτές εξαρτημένες μεταβλητές όπως είναι τα ατυχήματα ή οι συμμετέχοντες σε αυτά. Η επιλογή έγινε έπειτα από αναζήτηση σχετικής βιβλιογραφίας και διαπίστωσης της γενικής χρήσης της ομάδας των μεθόδων αυτών σε έρευνες οδικής ασφάλειας. Η χρήση της κάθε μεθόδου επιλέχθηκε ανά περίπτωση με βάση τα αποτελέσματα των δοκιμών εφαρμογής των δεδομένων στις αντίστοιχες στατιστικές κατανομές, που πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος Best Fit. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που παρήχθησαν βασίστηκε στις τιμές επιλεγμένων στατιστικών δεικτών (x^2, t-test, R^2, R_a^2) καθώς και στη λογική συνέπεια που συνδεόταν με το κάθε μαθηματικό πρότυπο.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν **τρία μαθηματικά πρότυπα Παλινδρόμησης Poisson και ένα μαθηματικό πρότυπο Αρνητικής Διωνυμικής Παλινδρόμησης**. Ακόμη με τη χρήση των στοιχείων του κυκλοφοριακού φόρτου της Αττικής οδού και των δεδομένων ατυχημάτων, έγινε δυνατή **η συσχέτιση του δείκτη επικινδυνότητας της οδού συναρτήσει της μηνιαίας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας** και η επαλήθευση και επικαιροποίηση της ήδη γνωστής μορφής καμπύλης που ακολουθεί η συσχέτιση αυτή. Με τα πρότυπα παλινδρόμησης περιγράφεται ο αναμενόμενος αριθμός συμμετεχόντων προσώπων σε ατυχήματα συναρτήσει ενός υποσυνόλου (ή όλων) των έξι μεταβλητών που αφορούν στον τύπο του ατυχήματος, στον τύπο του εμπλεκομένου οχήματος, στην κατηγορία του

παθόντος, στη σοβαρότητα του ατυχήματος του συμμετέχοντα στόχου, στο φύλο και στην ηλικία του.

Τα αποτελέσματα αυτά **αναδεικνύουν τη σχετική επιρροή** της κάθε τιμής που μπορεί να λάβει κάθε μεταβλητή συγκριτικά με την τιμή της μεταβλητής αυτής που αποτελεί το επίπεδο αναφοράς. Με τον τρόπο αυτό και τη χρήση των τιμών της οριακής επιρροής που συνοδεύουν κάθε μεταβλητή που εισάγεται στο πρότυπο, γίνεται δυνατή η διαπίστωση της αναμενόμενης μεταβολής στον αριθμό των συμμετεχόντων σε ατυχήματα ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους και τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων σε αυτά. Ακόμη προκύπτουν γενικά συμπεράσματα ως προς τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων και των χρηστών των αυτοκινητοδρόμων τα οποία τείνουν να εμπλέκονται περισσότερο σε ατυχήματα. Τέλος γίνεται δυνατή η σύγκριση των σχετικών τάσεων ανάμεσα στους εξεταζόμενους αυτοκινητοδρόμους και η διαπίστωση των χαρακτηριστικών που εμφανίζονται συχνότερα στα ατυχήματα που αναμένονται σε αυτούς.

Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση και τα αποτελέσματα που προέκυψαν φαίνεται πως ο συνηθέστερος τύπος ατυχήματος στα οδικά τμήματα των Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων είναι τα **ατυχήματα πολλών οχημάτων** ενώ τα ατυχήματα ενός οχήματος με κάποια πρόσκρουση (σε σταθερό αντικείμενο, πεζό ή μη κινούμενο όχημα) αναμένονται αυξημένα σε σχέση με τα ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση (εκτροπές, ανατροπές) , ωστόσο η διαφορά μεταξύ τους μεταβάλλεται αρκετά ανάμεσα στους εξεταζόμενους αυτοκινητοδρόμους.

Ακόμη, ο **αναμενόμενος αριθμός των βαριά τραυματιών** ως ποσοστό επί του συνόλου των συμμετεχόντων σε ατυχήματα φαίνεται να λαμβάνει μια σταθερή τιμή για όλα τα εξεταζόμενα οδικά τμήματα. Αντίθετα παρατηρείται διαφορά ανάμεσα στο ποσοστό των αναμενόμενων νεκρών επί του συνόλου των συμμετεχόντων, ανάμεσα στους δύο αυτοκινητόδρομους. Στον Π.Α.Θ.Ε. η μεταβολή του αριθμού των νεκρών συμμετεχόντων σε ατυχήματα, σε σχέση με τον αντίστοιχο αριθμό των ελαφρά τραυματιών, είναι μικρότερη από την αντίστοιχη μεταβολή που παρατηρείται στην Αττική Οδό.

Από τα αποτελέσματα της Δ.Ε. καταρχήν προκύπτει ότι το ποσοστό των γυναικών επί του συνόλου των παθόντων είναι **υψηλότερο στην Αττική Οδό από το αντίστοιχο του Π.Α.Θ.Ε.** Συνεπώς η κατανομή των συμμετεχόντων σε ατυχήματα στην Αττική Οδό ανάλογα με το φύλο τους παρουσιάζει μεγαλύτερη ομοιομορφία. Πιθανώς η καλύτερη χάραξη και το ασφαλέστερο οδικό περιβάλλον στην Αττική Οδό να συνδέεται σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με τον Π.Α.Θ.Ε. με την εμφάνιση ατυχημάτων λόγων της πιο

επικίνδυνης οδήγησης των ανδρών σε σχέση με τις γυναίκες, συνεπώς οδηγεί σε μεγαλύτερη ισοκατανομή των ατυχημάτων ανάλογα με το φύλο του παθόντος. Σε κάθε περίπτωση επισημαίνεται ότι πλήρη και αξιόπιστα συμπεράσματα είναι δυνατό να εξαχθούν μόνο εφόσον γίνουν διαθέσιμα τα σχετικά στοιχεία κυκλοφορίας.

Η ηλικιακή κατανομή των συμμετεχόντων σε ατυχήματα στην Αττική Οδό παρουσιάζει μικρότερη διακύμανση από την αντίστοιχη στον Π.Α.Θ.Ε. Η αναμενόμενη μεταβολή στον αριθμό των παθόντων προσώπων προχωρημένης ηλικίας σε σχέση με τους παθόντες μεσαίων ηλικιών παρουσιάζεται υψηλότερη στον αυτοκινητόδρομο του Π.Α.Θ.Ε. από την αντίστοιχη μεταβολή που παρατηρείται για την Αττική Οδό. Συνεπώς, είναι πιθανό ο αριθμός των παθόντων προσώπων στον αυτοκινητόδρομο της Αττικής Οδού να επηρεάζεται λιγότερο από την ηλικιακή ομάδα στην οποία ανήκουν. Ωστόσο για τη διατύπωση ασφαλέστερων συμπερασμάτων είναι απαραίτητα τα στοιχεία κυκλοφορίας που αφορούν στις αντίστοιχες ηλικιακές ομάδες.

Με βάση τα μαθηματικά πρότυπα και τα αποτελέσματα που προκύπτουν, διαπιστώθηκε ότι τα πρότυπα της παλινδρόμησης **Poisson και της αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης** μπορεί να δώσουν αξιόπιστα αποτελέσματα σε έρευνες που χρησιμοποιούν διακριτές μεταβλητές που αφορούν σε σπάνια εμφανιζόμενα φαινόμενα όπως είναι τα οδικά ατυχήματα. Η εφαρμογή των δεδομένων στις αντίστοιχες κατανομές και τα υψηλά επίπεδα σημαντικότητας που συνοδεύουν τα μαθηματικά πρότυπα σε συνδυασμό με τη μεγάλη επεξηγηματική τους ικανότητα καθιστούν τις μεθοδολογίες κατάλληλες για συναφείς έρευνες.

Τέλος, **διατυπώνονται προτάσεις** για τη βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας, βασισμένες στα σημαντικότερα συμπεράσματα της Δ.Ε. Οι προτάσεις αυτές έχουν ως στόχο την υποβοήθηση στη λήψη ορθότερων αποφάσεων για την κατάρτιση των σχεδίων βελτίωσης της οδικής ασφάλειας, μέσα από την ανάδειξη των σπουδαιότερων παραγόντων και τον τρόπο που αυτοί επηρεάζουν την Οδική Ασφάλεια στους Ελληνικούς αυτοκινητοδρόμους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΕΛΙΔΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1

1.1 Γενική ανασκόπηση 1

1.2 Στόχοι της Διπλωματικής Εργασίας 7

1.3 Περιγραφή μεθοδολογίας 9

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας 13

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ 16

2.1 Έρευνες οδικών ατυχημάτων 16

2.2 Ατυχήματα και χαρακτηριστικά χρηστών 19

2.3 Ατυχήματα και χαρακτηριστικά οχημάτων 23

2.4 Ατυχήματα και κυκλοφοριακές συνθήκες 24

2.5 Μεθοδολογίες ανάλυσης οδικών ατυχημάτων 26

2.6 Σύνοψη βασικών σημείων 27

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ 29

3.1 Βασικές αρχές κατασκευής προτύπων 29

3.2 Γραμμική παλινδρόμηση 30

3.2.1 Προϋποθέσεις εφαρμογής 31

3.2.2 Μέθοδοι υπολογισμού εκτιμητριών 33

3.2.3 Αξιολόγηση προτύπων 35

3.3 Λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση 38

3.4 Μη γραμμικά πρότυπα 40

3.4.1 Παλινδρόμηση Poisson 42

3.4.2 Μέτρα καλής εφαρμογής παλινδρόμησης Poisson 44

3.4.3 Αρνητική Διωνυμική παλινδρόμηση 47

3.5 Ανάλυση Ομαδοποίησης 49

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ 51

4.1 Συλλογή των στοιχείων 51
4.1.1 Εξωτερικοί φορείς συλλογής στοιχείων 53
4.1.2 Στοιχεία ατυχημάτων και συμμετεχόντων προσώπων – Σύστημα Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων (Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.) 57
4.2 Επεξεργασία των στοιχείων 68
4.2.1 Ιδιότητες των μεταβλητών 68
4.2.2 Περιγραφή Μεταβλητών 71
4.2.3 Κατασκευή της βάσης δεδομένων 76
4.2.3.1 Χρήση του Microsoft Excel 76
4.2.3.2 Προχωρημένη επεξεργασία δεδομένων 80

5. ΑΝΑΛΥΣΗ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 86
5.1 Εισαγωγή – Μεθοδολογία 86
5.2 Λογισμικό στατιστικής ανάλυσης 88
5.3 Κριτήρια αξιολόγησης προτύπων 92
5.4 Παρουσίαση αποτελεσμάτων 93
5.4.1 Παλινδρόμηση Poisson – Π.Α.Θ.Ε. 95
5.4.2 Παλινδρόμηση Poisson – Αττική Οδός 102
5.4.3 Αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση – Π.Α.Θ.Ε. 107
5.4.4 Παλινδρόμηση Poisson – Π.Α.Θ.Ε. και Αττική Οδός 112
5.4.5 Διερεύνηση δεικτών επικινδυνότητας Αττικής Οδού 118
5.4.6 Μη αποδεκτά πρότυπα συσχέτισης 122
5.5 Διερεύνηση σχετικών τάσεων – Συγκρίσεις 124
5.5.1 Σύγκριση με χρήση του κοινού μαθηματικού προτύπου 124
5.5.2 Σύγκριση εξειδικευμένων προτύπων Π.Α.Θ.Ε. και Αττικής Οδού 126

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 131
6.1 Σύνοψη των αποτελεσμάτων 131
6.2 Συνολικά συμπεράσματα 135
6.3 Προτάσεις – Περαιτέρω έρευνα 137

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 140

ΠΙΝΑΚΕΣ

ΣΕΛΙΔΑ

Πίνακας 1.1 Οδικά ατυχήματα στις χώρες της Ε.Ε. για τα έτη 1980 και 2000.....2
Πίνακας 1.2 Αριθμός ατυχημάτων στην Ελλάδα ανά έτος (1985 – 2003)...4

Πίνακας 5.1 Μεθοδολογία και αριθμός ανεξάρτητων μεταβλητών για τα μαθηματικά πρότυπα κάθε οδικού τμήματος.....98
Πίνακας 5.2 Αποτελέσματα προτύπου παλινδρόμησης Poisson για τον Π.Α.Θ.Ε......99
Πίνακας 5.3 Αποτελέσματα προτύπου παλινδρόμησης Poisson για την Αττική Οδό.....105
Πίνακας 5.4 Αποτελέσματα προτύπου αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης για τον Π.Α.Θ.Ε.(με λιγότερες μεταβλητές ομαδοποίησης).....110
Πίνακας 5.5 Αποτελέσματα προτύπου παλινδρόμησης Poisson για τον Π.Α.Θ.Ε. και την Αττική Οδό. 115
Πίνακας 5.6 Μεταβολή συμμετεχόντων Αττικής Οδού συγκριτικά με τον Π.Α.Θ.Ε......125
Πίνακας 5.7 Τιμές του συντελεστή β για τους τύπους ατυχημάτων σε Αττική Οδό και Π.Α.Θ.Ε......127
Πίνακας 5.8 Τιμές του συντελεστή β για τη σοβαρότητα των ατυχημάτων σε Αττική Οδό και Π.Α.Θ.Ε......128
Πίνακας 5.9 Τιμές του συντελεστή β για το φύλο των συμμετεχόντων σε Αττική Οδό και Π.Α.Θ.Ε......129
Πίνακας 5.10 Τιμές του συντελεστή β για την ηλικία των συμμετεχόντων σε Αττική Οδό και Π.Α.Θ.Ε......130

Πίνακας 6.1 Αποτελέσματα μαθηματικών προτύπων συγκριτικής διερεύνησης επιλεγμένων παραμέτρων στο επίπεδο οδικής ασφάλειας αυτοκινητοδρόμων.....133

ΣΧΗΜΑΤΑ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΣΕΛΙΔΑ

Διάγραμμα 1.1 Μεταβολή του αριθμού των οδικών ατυχημάτων στις χώρες της Ε.Ε. στην περίοδο 1980 – 2000 3
Διάγραμμα 1.2 Διαχρονική εξέλιξη του συνόλου των ατυχημάτων στην Ελλάδα 4
Διάγραμμα 1.3 Διαχρονική εξέλιξη αριθμού των θανατηφόρων ατυχημάτων στην Ελλάδα 5
Σχήμα 1.1 Διάγραμμα ροής της Διπλωματικής Εργασίας 12

Σχήμα 4.1 Διάγραμμα ροής του προγράμματος Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. 67

Διάγραμμα 5.1 Σχέση μεταξύ δείκτη ατυχημάτων και μηνιαίας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας. 120
Διάγραμμα 5.2 Σχέση μεταξύ δείκτη συμμετεχόντων και μηνιαίας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας. 121

Διάγραμμα 6.1 Σχέση μεταξύ δείκτη ατυχημάτων και μηνιαίας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας στην Αττική Οδό 134

ΕΙΚΟΝΕΣ

ΣΕΛΙΔΑ

Εικόνα 4.1 Επιλογή τρόπου ανάκτησης δεδομένων 62
Εικόνα 4.2 Επιλογή τύπου στοιχείων και έκδοσης βάσης δεδομένων .. 63
Εικόνα 4.3 Περιγραφή ατυχημάτων και χαρακτηριστικών ομαδοποίησης 63
Εικόνα 4.4 Διαχείριση του εξαγόμενου αποτελέσματος 64
Εικόνα 4.5 Τμήμα πίνακα αποτελεσμάτων του ΣΑΝΤΡΑ 66
Εικόνα 4.6 Υπολογισμός οχηματοχιλιομέτρων της Εγνατίας Οδού 78

Εικόνα 4.7 Υπολογισμός των οχηματοχιλιομέτρων της Αττικής Οδού ... 78
Εικόνα 4.8 Απόσπασμα από την αρχική μορφή πίνακα δεδομένων 79
Εικόνα 4.9 Απόσπασμα από την τελική μορφή πίνακα δεδομένων 79
Εικόνα 4.10 Εισαγωγή δεδομένων στο SPSS 81
Εικόνα 4.11 Επιλογή εφαρμογής "Identify duplicate cases" 81
Εικόνα 4.12 Παράθυρο επιλογών της εφαρμογής 82
Εικόνα 4.13 Παράθυρο αποτελεσμάτων. Παραγωγή μεταβλητής "PrimaryLast" 82
Εικόνα 4.14 Εισαγωγή δεδομένων στο BestFit 83
Εικόνα 4.15 Επιλογές του τύπου των δεδομένων 84
Εικόνα 4.16 Επιλογή των κατανομών που θα εξεταστούν 84
Εικόνα 4.17 Αποτελέσματα και δείκτες της εφαρμογής 85

Εικόνα 5.1 Διαδικασία εισαγωγής του αρχείου των δεδομένων 89
Εικόνα 5.2 Επιλογή του κατάλληλου αρχείου 90
Εικόνα 5.3 Επιλογή ανάλυσης αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης . 90
Εικόνα 5.4 Επιλογή των ανεξάρτητων και της εξαρτημένης μεταβλητής. 91
Εικόνα 5.5 Πίνακας αποτελεσμάτων αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης 91
Εικόνα 5.6 Εφαρμογή δεδομένων ΠΑΘΕ στην κατανομή Poisson 98
Εικόνα 5.7 Εφαρμογή των δεδομένων της Αττικής Οδού στην κατανομή Poisson 104
Εικόνα 5.8 Εφαρμογή των δεδομένων του Π.Α.Θ.Ε. (με λιγότερες μεταβλητές ομαδοποίησης) στην αρνητική διωνυμική κατανομή 109
Εικόνα 5.9 Εφαρμογή των δεδομένων του Π.Α.Θ.Ε. και της Αττικής Οδού στην κατανομή Poisson 114

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική ανασκόπηση

Από το σύνολο των συστημάτων που συγκροτούν την κοινωνία και με τα οποία εμπλέκεται ο σύγχρονος άνθρωπος το συγκοινωνιακό είναι ίσως το περισσότερο πολύπλοκο και ταυτόχρονα το πιο επικίνδυνο. Η οδική ασφάλεια αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του συστήματος αυτού καθώς τα οδικά ατυχήματα είναι ο σημαντικότερος παράγων θανάτου στις μεταφορές (World Health Organization, 2004). Η συνεχής αύξηση του αριθμού των οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα αλλά και παγκοσμίως τα τελευταία χρόνια, που ακολουθεί την αύξηση του πληθυσμού, φέρνει τα οδικά ατυχήματα στις υψηλότερες θέσεις των αιτιών θανάτου στις σύγχρονες κοινωνίες.

Οι νεκροί, οι τραυματίες και οι υλικές ζημιές που προκαλούνται στα οδικά ατυχήματα έχουν ένα τεράστιο **κοινωνικό και οικονομικό κόστος** και ο περιορισμός τους αποτελεί προτεραιότητα τόσο για την Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και για κάθε μέλος της χωριστά. Εκτιμάται ότι το οικονομικό κόστος των οδικών ατυχημάτων που συμβαίνουν ετησίως στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανέρχεται περίπου σε 70 δισεκατομμύρια ευρώ, ενώ το αντίστοιχο κοινωνικό κόστος είναι ανυπολόγιστο (Κανελλαϊδης, Γιαννής, Βαρδάκη 2004).

Σύμφωνα με **έρευνα του Διεθνούς Οργανισμού Υγείας** (World Health Organization, WHO) 1,2 εκατομμύρια άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους κάθε χρόνο σε οδικά ατυχήματα ενώ οι τραυματίες ξεπερνούν τα πενήντα εκατομμύρια. Σύμφωνα με τις ίδιες πηγές οι αριθμοί αυτοί θα αυξηθούν κατά 65% μέσα στην επόμενη εικοσαετία εάν δεν υπάρξει εντατικότερη προσπάθεια για βελτίωση στον τομέα αυτό. Τα τελευταία χρόνια στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) τα οδικά ατυχήματα είναι η αιτία για το θάνατο σχεδόν 110 Ευρωπαίων πολιτών ημερησίως. Με άλλα λόγια είναι σαν να συντρίβεται κάθε μέρα ένα αεροσκάφος Boeing 737 και να σκοτώνονται όλοι οι επιβαίνοντες. Παρόλα αυτά το ενδιαφέρον στον τομέα αυτό από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και τις Αρχές είναι μικρότερο από το ενδιαφέρον που επιδεικνύεται για άλλες αιτίες θανάτου λιγότερο σημαντικές.

Η ραγδαία ανάπτυξη της οδικής κυκλοφορίας και των μεταφορών γενικότερα στα Ευρωπαϊκά κράτη μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο βοήθησε σημαντικά στην ανάπτυξη, οδήγησε όμως και σε μεγάλες καθημερινές ανθρώπινες απώλειες στα οδικά ατυχήματα στους Ευρωπαϊκούς δρόμους. Για

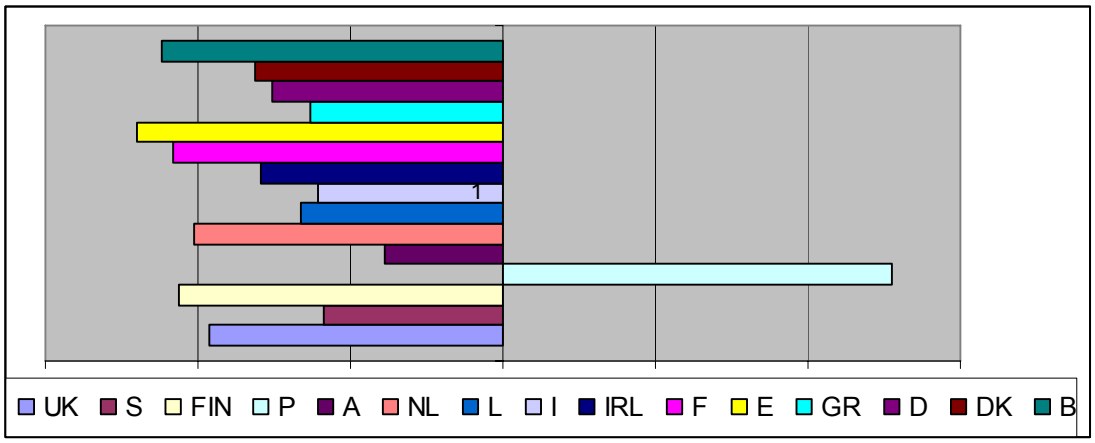
την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού, οι ενέργειες για την οδική ασφάλεια είχαν αρχικά χαρακτήρα καθαρά αποσπασματικής δράσης-αντίδρασης και στόχευαν στην εξάλειψη ή την επιβράδυνση των παρατηρηθέντων αρνητικών φαινομένων. Από τη δεκαετία του 1980, αρκετά από τα προγράμματα οδικής ασφάλειας στα Ευρωπαϊκά κράτη μετασχηματίστηκαν σε στρατηγικά ολοκληρωμένα σχέδια για τη μελλοντική βελτίωση της ασφάλειας με βάση τη γνώση από το παρελθόν. Αυτή η αλλαγή στη στρατηγική είναι εμφανής από την παρουσία σχεδίων οδικής ασφάλειας με συγκεκριμένους στόχους σε μια σειρά από Ευρωπαϊκά κράτη.

Για την αντιμετώπιση του ιδιαίτερα σημαντικού προβλήματος των οδικών ατυχημάτων απαιτείται συστηματική προσπάθεια που θα στηρίζεται σε ολοκληρωμένο στρατηγικό σχεδιασμό οδικής ασφάλειας. Κάθε δράση και μέτρο οδικής ασφάλειας πρέπει να ευθυγραμμίζεται και να εντάσσεται μέσα σε αυτόν τον ολοκληρωμένο στρατηγικό σχεδιασμό έτσι ώστε να μεγιστοποιούνται τα οφέλη αλλά και οι, καθόλου αμελητέες, απαραίτητες επενδύσεις να είναι περισσότερο ανταποδοτικές (Κανελλαϊδης, Γιαννής, Βαρδάκη, 2004).

Τα τελευταία χρόνια η Ελλάδα καταλαμβάνει σταθερά την τελευταία θέση ανάμεσα στα άλλα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσον αφορά στον αριθμό των θυμάτων των οδικών ατυχημάτων, γεγονός που οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην ανεπαρκή αντιμετώπιση της οδικής ασφάλειας από τους πολίτες και την Πολιτεία. Στον πίνακα και το σχήμα που ακολουθεί στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται η μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά την περίοδο 1980-2000.

Πίνακας 1.1 Οδικά ατυχήματα στις χώρες της Ε.Ε. για τα έτη 1980 και 2000

	Αριθμός νεκρών		
	1980	2000	(1980-2000)%
B	2396	1475	-38
DK	690	527	-24
D	13041	7487	-43
GR	1372	2072	+51
E	6522	5510	-16
F	13499	8036	-40
IRL	564	415	-26
I	9135	6923	-24
L	98	67	-32
NL	1997	1135	-43
A	1951	1016	-48
P	2941	2201	-25
FIN	551	385	-30
S	848	573	-32
UK	6239	3451	-45



Διάγραμμα 1.1 Μεταβολή του αριθμού των οδικών ατυχημάτων στις χώρες της Ε.Ε. στην περίοδο 1980 – 2000

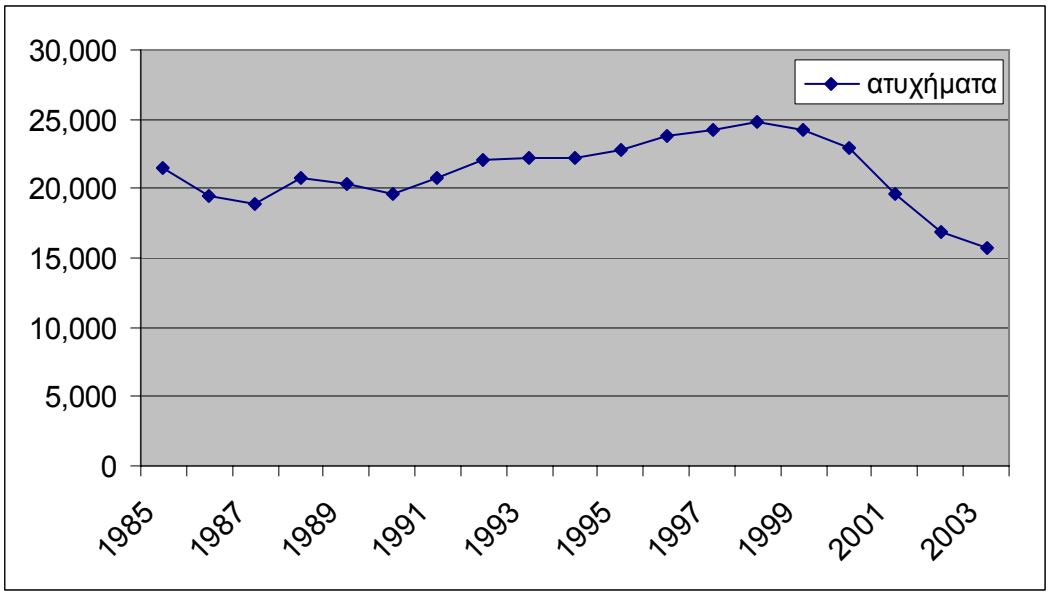
Για την αντιμετώπιση της συνεχώς επιδεινούμενης κατάστασης στην οδική ασφάλεια στην Ελλάδα, τον Ιούνιο του 2001 υιοθετήθηκε το πρώτο πενταετές Στρατηγικό Σχέδιο για τη βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας στην Ελλάδα 2001-2005. Το στρατηγικό σχέδιο αυτό ετοιμάστηκε από τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου σε συνεργασία με το Συμβούλιο Έρευνας στις Οδικές Μεταφορές της Αυστραλίας (ARRB Transport Research). Για την ετοιμασία του στρατηγικού σχεδίου αξιοποιήθηκαν οι σχετικές εμπειρίες διεθνώς, οι οποίες προσαρμόστηκαν στην Ελληνική πραγματικότητα, μέσα και από μία ευρεία συμβουλευτική διαδικασία. Ο στόχος του στρατηγικού σχεδίου είναι η μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα, σε σχέση με τον αριθμό των νεκρών του έτους 2000, κατά 20% έως το έτος 2005 και κατά 40% έως το έτος 2015 (Κανελλαϊδης, Γιαννής, Βαρδάκη, 2004).

Σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (Ε.Σ.Υ.Ε) για τα έτη 1985 έως 2003, στην Ελλάδα σημειώθηκαν 402.933 ατυχήματα 30.481 των οποίων ήταν θανατηφόρα. Από αυτά τα 13.338 συνέβησαν σε κατοικημένη περιοχή ενώ τα 17.143 σε μη κατοικημένη. Επίσης 11.606 από αυτά συνέβησαν σε εθνικό δίκτυο, 7228 σε επαρχιακές οδούς, 11.156 σε δημοτικές ή κοινοτικές οδούς και 491 σε κάποιο άλλο τύπο οδού. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο αριθμός των οχηματοχιλιομέτρων είναι υψηλότερος στις αστικές οδούς από εκείνον στις υπεραστικές, καταλήγει κανείς στο συμπέρασμα ότι ο δείκτης σοβαρότητας των ατυχημάτων στο Εθνικό δίκτυο παρουσιάζεται αυξημένος σε σχέση με το δείκτη σοβαρότητας σε αστικές περιοχές, αφού ο αριθμός των ατυχημάτων για την εξεταζόμενη χρονική περίοδο είναι παραπλήσιος (ελαφρώς μικρότερος στις αστικές). Στον παρακάτω πίνακα και τα διαγράμματα που τον συνοδεύουν φαίνεται η διαχρονική εξέλιξη του συνόλου των οδικών ατυχημάτων και των

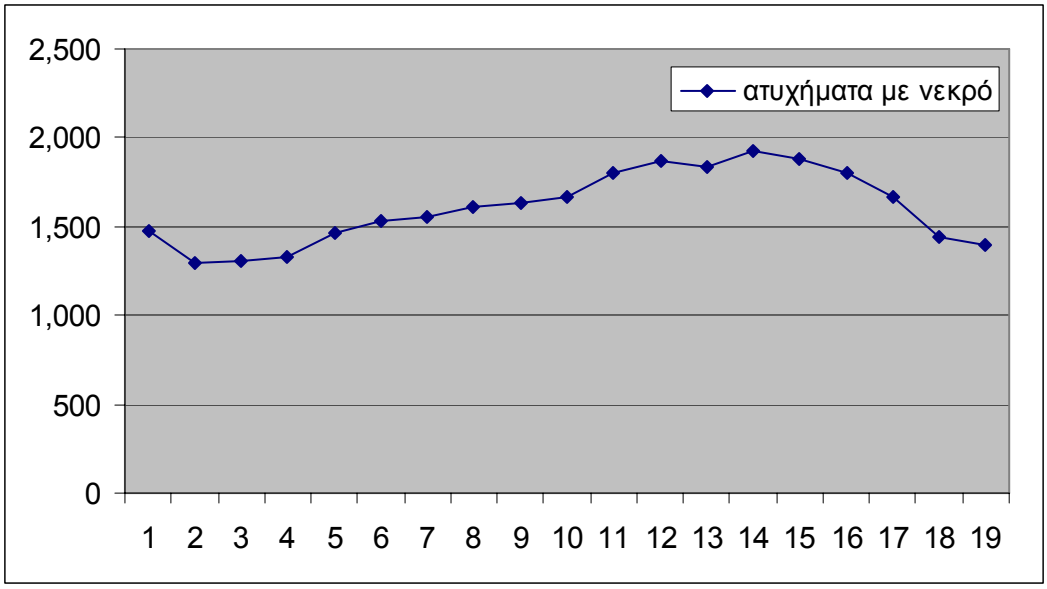
θανατηφόρων οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα για τα έτη 1985 έως 2003. Παρατηρείται μια συνεχής αύξηση για τα έτη 1985-1999 ενώ αισθητή είναι η μείωση που παρατηρείται από το έτος 1999 έως το 2003.

Πίνακας 1.2 Αριθμός ατυχημάτων στην Ελλάδα ανά έτος (1985 – 2003)

Έτος	Πλήθος ατυχημάτων	Πλήθος θανατηφόρων ατυχημάτων
1985	21,537	1,473
1986	19,462	1,297
1987	18,966	1,302
1988	20,753	1,330
1989	20,299	1,462
1990	19,609	1,533
1991	20,764	1,557
1992	22,006	1,610
1993	22,165	1,634
1994	22,222	1,671
1995	22,798	1,798
1996	23,775	1,870
1997	24,295	1,837
1998	24,819	1,921
1999	24,231	1,876
2000	23,001	1,803
2001	19,671	1,669
2002	16,809	1,438
2003	15,751	1,400



Διάγραμμα 1.2 Διαχρονική εξέλιξη του συνόλου των ατυχημάτων στην Ελλάδα



Διάγραμμα 1.3 Διαχρονική εξέλιξη αριθμού των θανατηφόρων ατυχημάτων στην Ελλάδα

Το πρόβλημα της Οδικής Ασφάλειας είναι πολυπαραμετρικό και συνεπώς ο καθορισμός των αιτίων πρόκλησης των οδικών ατυχημάτων είναι δύσκολος. Πολυάριθμες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί, στις οποίες επιχειρούνται συσχετίσεις διαφόρων παραμέτρων με τα οδικά ατυχήματα. Οι παράμετροι αυτές αναφέρονται σε οποιονδήποτε παράγοντα επηρεάζει (ή υπάρχει υποψία ότι επηρεάζει) την πρόκληση οδικών ατυχημάτων, ο οποίος μπορεί να σχετίζεται με τις κυκλοφοριακές, γεωμετρικές, μετεωρολογικές συνθήκες κ.α. Οι συσχετίσεις αυτές έχουν σκοπό να ποσοτικοποιήσουν την επιρροή του κάθε παράγοντα στα οδικά ατυχήματα και να βοηθήσουν να γίνει περισσότερο κατανοητός ο μηχανισμός πρόκλησης αυτών. Η πολυπλοκότητα του προβλήματος ωστόσο και ο μεγάλος αριθμός των διαφορετικών περιπτώσεων (διαφορές από ένα οδικό τμήμα σε ένα άλλο, ή διαφορές από μια χώρα σε μια άλλη) καθιστούν δύσκολη την ευρεία εφαρμογή των προτύπων που προκύπτουν από μια εργασία σε δεδομένα που προέρχονται από μια διαφορετική πηγή. Έτσι τα αποτελέσματα πολλές φορές περιορίζονται στο να περιγράφουν αρκετά εξειδικευμένες περιπτώσεις.

Ωστόσο, υπάρχει μια γενικά αποδεκτή κατηγοριοποίηση των παραγόντων με επιρροή στα οδικά ατυχήματα η οποία τους συνοψίζει στους παρακάτω:

1. **Το όχημα,**

2. **Η οδός και το περιβάλλον,**

3. **Οι χρήστες της οδού.**

Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να συντελούν είτε αποκλειστικά είτε κατά ένα ποσοστό στην πρόκληση ενός οδικού ατυχήματος. Η πολυπλοκότητα και η έλλειψη λεπτομερούς καταγραφής και ανάλυσης των συνθηκών υπό τις οποίες έγινε ένα οδικό ατύχημα, δεν επιτρέπουν πάντα τον σαφή καθορισμό της επιρροής του κάθε παράγοντα.

Το όχημα το οποίο συμμετείχε στο οδικό ατύχημα αποτελεί την κύρια αιτία πρόκλησης του ατυχήματος για ένα μικρό αριθμό περιπτώσεων. Αυτό μπορεί να οφείλεται κυρίως σε μηχανικές βλάβες οι οποίες προέρχονται από κακή ή ελλιπή συντήρηση. Οι συστηματικοί έλεγχοι σε συνδυασμό με την κατασκευή ασφαλέστερων οχημάτων μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση των οδικών ατυχημάτων που οφείλονται αποκλειστικά ή εν μέρει στο όχημα. **Η οδός και το περιβάλλον** επηρεάζουν την οδική ασφάλεια καθώς ο σωστός γεωμετρικός σχεδιασμός της οδού σε συνδυασμό με κατάλληλες συνθήκες κύλισης (επαρκής πρόσφυση) μπορούν να συμβάλλουν στην αύξηση της ασφάλειας. Ακόμα η σωστή κατασκευή και τοποθέτηση των παρόδιων στοιχείων της οδού, σε συνδυασμό με την κατάλληλη οργάνωση της κυκλοφορίας μπορούν να συντελέσουν στη δημιουργία ενός ιδανικού περιβάλλοντος για την πραγματοποίηση των μετακινήσεων σε ασφαλέστερο οδικό περιβάλλον. Οι μετεωρολογικές συνθήκες μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην οδική ασφάλεια καθώς ακραία φαινόμενα μπορεί να αυξήσουν σημαντικά την επικινδυνότητα της οδού. Παρόλα αυτά η αύξηση αυτή μπορεί να περιοριστεί σε μεγάλο βαθμό με τη μέριμνα για όλα τα παραπάνω μέτρα που προαναφέρθηκαν. **Ο άνθρωπος** είτε ως οδηγός ενός οχήματος, είτε ως πεζός αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα για τα οδικά ατυχήματα. Τα ατυχήματα που αποδίδονται στον χρήστη της οδού προκαλούνται κυρίως από την παράβαση των κανόνων οδικής κυκλοφορίας, όπως: λανθασμένη προσπέραση, μέθη, μη συμμόρφωση με τη σήμανση ή τη σηματοδότηση, απρόσεχτη διάσχιση της οδού από τους πεζούς. (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994).

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν η διερεύνηση της επικινδυνότητας ενός οδικού τμήματος μπορεί να συμπεριλάβει πολυάριθμους παράγοντες και να εξετάσει την επιρροή τους πάνω στην πρόκληση οδικών ατυχημάτων. Οι παράγοντες αυτοί θα αποτελούν κάποια εξειδίκευση ή υποπερίπτωση των παραπάνω βασικών παραγόντων, του οχήματος, του περιβάλλοντος και της οδού και του χρήστη της οδού. Η σημασία της ποσοτικοποιημένης αυτής έκφρασης πιθανώς να μη μπορεί να γενικευτεί για ένα ευρύ σύνολο οδικών τμημάτων παρόλα αυτά μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην εξαγωγή εξειδικευμένων συμπερασμάτων όσον αφορά σε ένα συγκεκριμένο οδικό τμήμα ή σε ένα επαρκώς ορισμένο υποσύνολο αυτών.

Τα οδικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά καθώς και η συμπεριφορά των οδηγών απέναντι στην πιθανότητα εμπλοκής τους σε ένα οδικό ατύχημα διαφέρει σημαντικά στις χώρες του κόσμου. Σε μια χώρα όπως η Ελλάδα η οποία κατέχει τόσο χαμηλή θέση σε ότι αφορά την οδική ασφάλεια, η διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα και η συσχέτιση αυτής με διάφορους παράγοντες, καθώς και η κατάταξη της σπουδαιότητας αυτών μπορεί να συμβάλλει θετικά στην αύξηση της οδικής ασφάλειας και να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων που θα αφορούν την κατασκευή νέου ή τη βελτίωση του υφιστάμενου οδικού δικτύου. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η σοβαρότητα των ατυχημάτων στο υπεραστικό δίκτυο της χώρας είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη στο αστικό δίκτυο και με γνώμονα το Στρατηγικό Σχέδιο για τη βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας που επικεντρώνεται στη μείωση του αριθμού των νεκρών από οδικά ατυχήματα, γίνεται αντιληπτή η σπουδαιότητα της διερεύνησης της επικινδυνότητας τού Ελληνικού υπεραστικού δικτύου. Η ανάγκη για όσο το δυνατόν γενικότερα αποτελέσματα τα οποία να μπορούν να δώσουν χρήσιμα συμπεράσματα, για το ευρύτερο δυνατό φάσμα οδικών τμημάτων απαιτεί τα υπό μελέτη τμήματα να πληρούν ορισμένα κριτήρια ομοιομορφίας. Για τον λόγο αυτό η Εργασία επικεντρώνεται στη διερεύνηση του επιπέδου οδικής ασφάλειας των αυτοκινητοδρόμων στην Ελλάδα.

1.2 Στόχοι της Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η συγκριτική διερεύνηση των παραμέτρων επικινδυνότητας των Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων. Ως αυτοκινητόδρομος, ορίζεται ένα οδικό τμήμα τυπικής διατομής, η οποία χαρακτηρίζεται από μεγάλο πλάτος λωρίδων κυκλοφορίας και πλήρη διαχωρισμό των δύο κυκλοφοριακών ρευμάτων από κεντρική νησίδα όπου η ροή είναι μη διακοπτόμενη και ο έλεγχος των προσβάσεων πλήρης (ανισόπεδοι κόμβοι). Τμήματα αυτοκινητοδρόμων εξυπηρετούν τη σύνδεση περιοχών και όχι την πρόσβαση σε παρόδιες ιδιοκτησίες. Οι αυτοκινητόδρομοι χαρακτηρίζονται επίσης από υψηλές ταχύτητες μελέτης.

Η συνεχής αύξηση των οδικών ατυχημάτων τα τελευταία χρόνια οδήγησε σε συστηματικότερη και εντατικότερη λήψη μέτρων με γνώμονα το Στρατηγικό Σχέδιο για τη βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας. Η πολυπλοκότητα και το πλήθος των παραγόντων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα δίνουν μεγάλη ευρύτητα στο συγκεκριμένο ερευνητικό πεδίο. Όπως προαναφέρθηκε, οι παράγοντες αυτοί είναι πολυδιάστατοι και μπορούν να αναλυθούν με πλήθος μεθοδολογιών, οδηγώντας σε χρήσιμα συμπεράσματα. Σε εθνικό επίπεδο μια

τέτοια έρευνα γίνεται δυνατή εφόσον καθοριστούν πλήρως τα χαρακτηριστικά των οδικών τμημάτων που θα μελετηθούν.

Βασικό ρόλο στην παραπάνω εξειδίκευση διαδραματίζει ο τύπος του συνόλου των οδών που εξετάζονται. Επιβάλλεται τα στοιχεία που εξετάζονται να ανήκουν στην ίδια κατηγορία οδού καθώς τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά και η σπουδαιότητα του κάθε παράγοντα πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος διαφέρουν στους διάφορους τύπους οδών. Στη Διπλωματική Εργασία εξετάζονται τμήματα αυτοκινητοδρόμων καθώς παρουσιάζουν σχετική ομοιομορφία στη μορφή της διατομής τους, ενώ τα στοιχεία για τα ατυχήματα και τα οχηματοχιλιόμετρα σε αυτούς συλλέγονται με πιο οργανωμένο και συστηματικό τρόπο από τις αρμόδιες αρχές διευκολύνοντας έτσι την κατασκευή πιο αξιόπιστων προτύπων πρόβλεψης.

Πιο συγκεκριμένα, η Διπλωματική Εργασία έχει ως στόχο την ανάπτυξη προτύπων που θα συγκρίνουν τις παραμέτρους που εκφράζουν την επικινδυνότητα επιλεγμένων Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων συναρτήσει συγκεκριμένων παραγόντων που επηρεάζουν την πρόκληση οδικών ατυχημάτων και οι οποίοι μπορεί να είναι γεωμετρικοί, κυκλοφοριακοί, είτε με οποιοδήποτε τρόπο σχετικοί με το γεγονός του ατυχήματος και των εμπλεκομένων προσώπων. Η συσχέτιση αυτή επιχειρεί να αναδείξει τους σπουδαιότερους από αυτούς και πιθανώς να ανακαλύψει άλλους, των οποίων η σημασία αγνοούταν μέχρι σήμερα.

Λόγω της ομοιομορφίας που παρουσιάζουν τα τμήματα διατομής αυτοκινητοδρόμου γίνεται δυνατή η σύγκριση μεταξύ τους όσον αφορά σε επιλεγμένες κάθε φορά παραμέτρους. Με αυτό τον τρόπο η επικινδυνότητα μπορεί να διερευνηθεί όχι μόνο κατ' απόλυτο τρόπο μόνο αλλά και σχετικά με την επικινδυνότητα που παρουσιάζει ένα άλλο οδικό τμήμα με παρόμοια χαρακτηριστικά. Η ανάλυση αυτή μπορεί να οδηγήσει στην ανακάλυψη νέων παραγόντων που φαινομενικά επηρέαζαν λιγότερο ή και καθόλου την επικινδυνότητα από κάποιους άλλους εμφανέστερους και να διευρύνουν το σημερινό πεδίο έρευνας, πράγμα που αποτελεί βασικό στόχο της Διπλωματικής Εργασίας.

Οι παράγοντες των οποίων εξετάζεται η επιρροή στην επικινδυνότητα, επιλέγονται με βάση εμπειρικά κριτήρια όπως επίσης και με τη χρήση της αποκτηθείσας εμπειρίας από προηγούμενες έρευνες σε συναφή θέματα. Η επιλογή των παραγόντων που συμπεριλήφθηκαν στα τελικά πρότυπα δεν έγινε εξαρχής, αλλά μετά από μεγάλο αριθμό δοκιμών και επαναλήψεων μέχρι να οδηγηθούμε σε πρότυπα ικανοποιητικά από λογικής και στατιστικής πλευράς τα οποία κρίθηκαν αξιόπιστα (βλ. Μεθοδολογία και Στατιστική

επεξεργασία). Κατά τη διάρκεια της προσπάθειας αυτής η έρευνα οδηγήθηκε σε πολλά επιμέρους συμπεράσματα, τα οποία δεν συμπεριλαμβανόταν αρχικά στους στόχους της Εργασίας, ωστόσο αυτά καταγράφηκαν και παρουσιάζονται με συστηματικό τρόπο, ενώ πολλά από αυτά τα συμπεράσματα μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμες πηγές για μελλοντικές εργασίες σε συναφή θέματα.

1.3 Περιγραφή μεθοδολογίας

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται συνοπτικά **η μεθοδολογία** που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Η διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω δεν περιελάμβανε αμιγώς διαδοχικά βήματα καθώς συχνά κατά τη διάρκεια κάποιας διαδικασίας διαπιστωνόταν πιθανές βελτιώσεις που μπορούσαν να πραγματοποιηθούν σε προηγούμενες φάσεις της Εργασίας, οι οποίες στη συνέχεια εφαρμοζόταν και η εκτέλεση της διαδικασίας επαναλαμβανόταν. Με άλλα λόγια, η εμπειρία που συσσωρευόταν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας εφαρμοζόταν και στα προηγούμενα στάδια βελτιστοποιώντας έτσι τις εφαρμογές που εκτελέστηκαν. Η διαδικασία **ανάδρασης** περιγράφεται και στο διάγραμμα ροής που παρουσιάζεται παρακάτω με τα βέλη που πραγματοποιούν βρόχους σε κάθε στάδιο εκπόνησης της εργασίας με τα προηγούμενα.

Στα πρώτα στάδια της εργασίας σκοπός ήταν ο ακριβής **καθορισμός του αντικειμένου** που θα εξεταζόταν. Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία που θα μπορούσαν να αποκτηθούν αλλά και εξέταση διαφόρων εναλλακτικών τρόπων προσέγγισης του αντικειμένου της διερεύνησης του επιπέδου οδικής ασφάλειας, καθορίστηκε μερικώς ο επιδιωκόμενος στόχος. Στα επόμενα στάδια, κατά την πορεία των αναλύσεων, της αναζήτησης βιβλιογραφίας καθώς και της συλλογής στοιχείων το πλαίσιο της Εργασίας και ο στόχος της οριστικοποιήθηκαν.

Μετά τον μερικό καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου ακολούθησε η αναζήτηση της βιβλιογραφίας. Κατά το στάδιο αυτό αναζητήθηκαν έρευνες συναφείς με το αντικείμενο της Διπλωματικής εργασίας που θα μπορούσαν να υποδείξουν πιθανές προσεγγίσεις του προς εξέταση αντικειμένου, και μεθοδολογίες που είχαν εφαρμοστεί σε ευρύ φάσμα εφαρμογών (σχετικό ή όχι με την οδική ασφάλεια) που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια της στατιστικής ανάλυσης. Ακόμη, μελετήθηκαν προσεγγίσεις σε θέματα που είχαν έμμεση σχέση με το αντικείμενο της Εργασίας αλλά θα

μπορούσαν να υποδείξουν ένα πιθανό τρόπο προσέγγισης για την παρούσα ανάλυση. Κυριότερη πηγή αναζήτησης βιβλιογραφικών αναφορών ήταν το διαδύκτιο μέσω εξειδικευμένων μηχανών αναζήτησης επιστημονικών περιοδικών και πρακτικών συνεδρίων αλλά και η βιβλιοθήκη του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου. Αναλυτικότερα στοιχεία για τις πηγές αναζήτησης μπορεί να βρεί ο αναγνώστης στο κεφάλαιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

Στη συνέχεια ακολούθησε η **συλλογή και η επεξεργασία των στοιχείων** που θα αποτελούσαν τη βάση για τη στατιστική ανάλυση που θα ακολουθούσε. Γνωρίζοντας τον επιδιωκόμενο στόχο οριστικοποιήθηκαν τα στοιχεία που έπρεπε να συλλεχθούν και οργανώθηκε ο τρόπος αναζήτησης τους, καθορίστηκε δηλαδή η πηγή που έπρεπε να αναζητηθεί ή κάθε οικογένεια στοιχείων. Κυριότερη πηγή συλλογής στοιχείων που αφορούσαν τα οδικά ατυχήματα ήταν το Σύστημα Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων (Σ.Α.Ν.ΤΡ.Α.) το οποίο αποτελεί ένα φιλικό προς το χρήστη λογισμικό βασισμένο στο περιβάλλον του προγράμματος Microsoft Access και το οποίο έχει αναπτυχθεί από τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου. Η βάση δεδομένων ΣΑΝΤΡΑ περιέχει στοιχεία οδικών ατυχημάτων που συνέβησαν σε ολόκληρο το οδικό δίκτυο της Ελλάδας για την περίοδο 1985-2003 στοιχεία τα οποία προέρχονται από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία η οποία οργανώνει και καταγράφει συνολικά τα στοιχεία που συλλέγονται από τα Δελτία Οδικών τροχαίων Ατυχημάτων (Δ.Ο.Τ.Α.) τα οποία συμπληρώνει η Τροχαία μετά από κάθε οδικό ατύχημα. Σημαντικές πηγές στοιχείων, που αφορούν τα οχηματοχιλιόμετρα και τα τμήματα αυτοκινητοδρόμων που εξετάστηκαν, αποτέλεσαν οι υπηρεσίες λειτουργίας και συντήρησης τους. Οι «Αττικές Διαδρομές», η «Εγνατία Οδός», το Ταμείο Εθνικής Οδοποιίας (ΤΕΟ) και η «ΕΥΔΕ Π.Α.Θ.Ε» αποτέλεσαν τις πηγές, από τις οποίες αποκτήθηκαν τα παραπάνω στοιχεία.

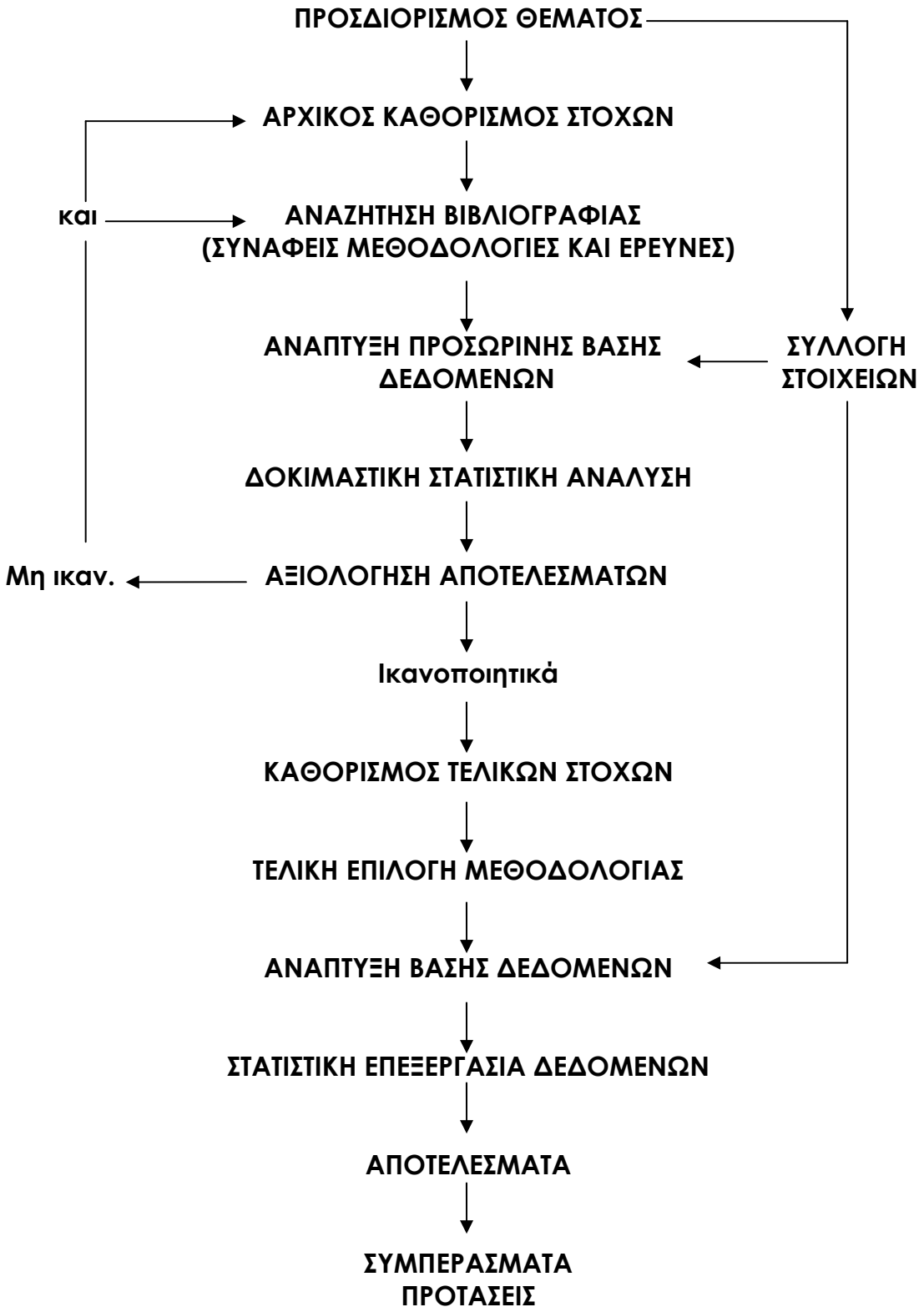
Έπειτα από την ανάκτηση των στοιχείων ακολουθούσε η διαδικασία ομαδοποίησης και αντιστοίχησης αυτών μεταξύ τους με σκοπό να δημιουργηθεί μια σειρά από αναλυτικούς πίνακες, οι οποίοι θα τροφοδοτούσαν το λογισμικό με το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι στατιστικές αναλύσεις. Για τη δημιουργία των πινάκων αυτών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Excel της Microsoft. Έπειτα από την ανάκτηση στοιχείων οδικών ατυχημάτων από το ΣΑΝΤΡΑ ετοιμαζόταν οι προς μελέτη μεταβλητές και τα στοιχεία κατηγοριοποιούταν και μετασχηματιζόταν κατάλληλα έτσι ώστε να μπορούσε να πραγματοποιηθεί σωστά η ανάλυση τους. Στη φάση αυτή χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SPSS (Statistical Package for Social Sciences). Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των στοιχείων

οχηματοχιλιομέτρων (για τα οδικά τμήματα που ήταν διαθέσιμα) έτσι ώστε να διερευνηθεί η επιρροή τους στο δείκτη επικινδυνότητας της οδού.

Μετά την κατασκευή της βάσης δεδομένων ακολουθούσε η **στατιστική ανάλυση** των δεδομένων για την εξαγωγή των προτύπων που περιγράφουν το επίπεδο οδικής ασφάλειας των εξεταζόμενων αυτοκινητοδρόμων, η ερμηνεία και τέλος η διεξαγωγή συγκρίσεων μεταξύ των μεταβλητών που τα απαρτίζουν. Για τους σκοπούς της Εργασίας εξετάσθηκαν διάφορες πιθανές προσεγγίσεις και τελικά επιλέχθηκε να γίνει η χρήση ενός μη γραμμικού προτύπου, της παλινδρόμησης Poisson, ενώ για την εκτίμηση του όρου λ της κατανομής Poisson χρησιμοποιήθηκε η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση. Ας σημειωθεί για την αποφυγή σύγχυσης ότι η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση που αποτελεί από μόνη μια πιθανή προσέγγιση για την έκφραση της επικινδυνότητας ενός αυτοκινητοδρόμου, χρησιμοποιείται και στην παλινδρόμηση Poisson για την εκτίμηση του όρου λ (βλ. Θεωρητικό υπόβαθρο).

Συγκεκριμένα κατασκευάσθηκαν **τέσσερα μαθηματικά πρότυπα** χρησιμοποιώντας ως εξαρτημένη μεταβλητή τον συνολικό αριθμό των παθόντων προσώπων κατά την τριετία 2001-2003. Τα τρία πρώτα πρότυπα παρουσιάζουν μια μαθηματική σχέση για κάθε εξεταζόμενο οδικό τμήμα συναρτήσει επιλεγμένων μεταβλητών οι οποίες διαφοροποιούνται από τη μια σχέση στην άλλη. Το τέταρτο πρότυπο περιλαμβάνει όλα τα εξεταζόμενα τμήματα στο ίδιο πρότυπο εξετάζοντας το επίπεδο οδικής ασφάλειας συνολικά ενώ η τιμή των συντελεστών της μεταβλητής που εκφράζει το οδικό τμήμα αποτελεί από μόνη μια έκφραση της σχετικής επικινδυνότητας της μιας οδού ως προς την άλλη. Έτσι είναι διαθέσιμη μια δεύτερη οπτική του προβλήματος της συγκριτικής διερεύνησης των παραμέτρων επικινδυνότητας και παράλληλα είναι δυνατή η διεξαγωγή αναλυτικότερων συγκρίσεων που αφορούν την οδική ασφάλεια των εξεταζόμενων οδών χρησιμοποιώντας μια σειρά παραγόντων που την επηρεάζουν.

Ακολούθως τα **συμπεράσματα** της Διπλωματικής Εργασίας συνοψίστηκαν έτσι ώστε να είναι δυνατή μια γρήγορη αναφορά σε αυτά. Τα σημαντικότερα σημεία που προέκυψαν κατά την ανάλυση σημειώθηκαν έτσι ώστε να είναι δυνατή η χρησιμοποίηση τους σε μελλοντικές εργασίες ενώ δόθηκε πλέον η πιθανότητα διατύπωσης κάποιων προτάσεων που αφορούν τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας. Ακολουθεί το λογικό διάγραμμα ροής της Διπλωματικής Εργασίας.



Σχήμα 1.1 Διάγραμμα ροής της Διπλωματικής Εργασίας

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Το **1ο κεφάλαιο** είναι εισαγωγικό και αποτελεί τη βάση για κατανόηση του αντικειμένου της Εργασίας. Ξεκινά με μια γενική ανασκόπηση του θέματος της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα, την Ευρώπη και παγκοσμίως με σκοπό να αναδείξει το μέγεθος του προβλήματος και την ανάγκη βελτιώσεων στον τομέα αυτό. Ακολουθεί η επεξήγηση του κυρίως και των επιμέρους σκοπών της Εργασίας έτσι ώστε να κατανοήσει ο αναγνώστης τα συγκεκριμένα θέματα οδικής ασφάλειας τα οποία θα διερευνηθούν παρακάτω. Στη συνέχεια περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκπόνηση της έρευνας με τα βήματα που την αποτελούν και το λογικό διάγραμμα ροής που ακολουθήθηκε. Τέλος παρατίθεται μια συνοπτική περιγραφή των κεφαλαίων της Εργασίας για να διευκολύνει τον αναγνώστη να κατανοήσει και να παρακολουθήσει καλύτερα τη ροή του κειμένου που ακολουθεί.

Στο **2ο κεφάλαιο** πραγματοποιείται παράθεση ερευνών που ανακτήθηκαν και σχετίζονται με τη διερεύνηση της επικινδυνότητας αυτοκινητοδρόμων, τονίζοντας τα βασικότερα συμπεράσματα τους και εξετάζοντας τον τρόπο με τον οποίο οι έρευνες αυτές θα βοηθήσουν την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Ακόμη παρουσιάζονται έρευνες οι οποίες χρησιμοποιούν μεθοδολογίες που θα χρησιμοποιηθούν και στην παρούσα Διπλωματική Εργασία. Τέλος επιχειρείται μία σύνοψη των μεθοδολογιών και των συμπερασμάτων των ερευνών αυτών έτσι ώστε να εντοπιστούν τα βασικά σημεία στα οποία θα στηρίξει την ανάπτυξη της η Διπλωματική Εργασία.

Το **3ο κεφάλαιο** αποτελεί πλήρη περιγραφή του θεωρητικού υποβάθρου στο οποία θα στηριχθεί η κατασκευή των βάσεων δεδομένων και η στατιστική ανάλυση για την εξαγωγή των συμπερασμάτων. Με άλλα λόγια αποτελεί τη θεωρητική βάση στην οποία στηρίζονται όσα θα προσπαθήσει να διερευνήσει παρακάτω η Διπλωματική Εργασία. Ξεκινά με την περιγραφή βασικών στατιστικών αρχών και μεγεθών για να γίνει κατανοητή η προσέγγιση του θέματος από τη συγκεκριμένη μαθηματική σκοπιά, στη συνέχεια περιγράφει αναλυτικά μια σειρά ευρέως χρησιμοποιημένων μεθοδολογιών με τη χρησιμότητα και το πεδίο εφαρμογής τους ενώ καταλήγει στην επιλογή συγκεκριμένων μεθόδων από αυτές που περιγράφηκαν τεκμηριώνοντας παράλληλα αυτή την επιλογή. Έμφαση δίνεται επίσης στις μεθοδολογίες ελέγχου των αποτελεσμάτων καθώς και στον τρόπο που προσαρμόζονται οι μεθοδολογίες στα δεδομένα της Εργασίας.

Το **4ο κεφάλαιο** αφορά τη συλλογή και την επεξεργασία των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση, το οποίο χωρίζεται σε δύο υποκεφάλαια.

Στο πρώτο που αφορά τη συλλογή των στοιχείων γίνεται εκτενής αναφορά στις πηγές από τις οποίες ελήφθησαν τα απαραίτητα δεδομένα και ο τρόπος αναζήτησης τους. Αναφέρονται επίσης αναλυτικά όλα τα στοιχεία που ελήφθησαν, τα στοιχεία που τελικά χρησιμοποιήθηκαν, ενώ τέλος παρουσιάζονται αποσπασματικά κάποιοι πίνακες. Ακολουθεί το υποκεφάλαιο της επεξεργασίας των στοιχείων στο οποίο περιγράφονται οι απαραίτητες μετατροπές ή παρεμβάσεις στα αρχικά δεδομένα έτσι ώστε να δημιουργηθούν βάσεις δεδομένων αξιόπιστες, πρακτικές αλλά και επεξεργάσιμες από τα χρησιμοποιούμενα λογισμικά. Γίνεται αναφορά στις μεταβλητές οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν για τη στατιστική επεξεργασία ενώ συνδέεται ο τρόπος κατασκευής των τελικών βάσεων δεδομένων με τη χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία. Τέλος γίνεται περιγραφή με παραδείγματα, της λειτουργίας των χρησιμοποιούμενων προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή τα οποία βοήθησαν στην στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, την περιγραφή των στοιχείων αλλά και την ετοιμασία της βάσης δεδομένων όπως επίσης και των στατιστικών ελέγχων που πραγματοποιήθηκαν.

Στο **5^{ο} κεφάλαιο** πραγματοποιείται η στατιστική ανάλυση των δεδομένων με βάση την προεπιλεγείσα μεθοδολογία. Τα δεδομένα τα οποία έχουν έλθει σε κατάλληλη μορφή αφού έχει προηγηθεί η επεξεργασία τους τροφοδοτούν τα προγράμματα ηλεκτρονικού υπολογιστή και με βάση τις διαδικασίες λειτουργίας που έχουν περιγραφεί εξάγονται τα αποτελέσματα. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα αυτά ελέγχονται ως προς την ορθότητα τους με βάση εμπειρικά, λογικά και στατιστικά κριτήρια αλλά ενώ παρατηρείται εάν συμβαδίζουν με αυτά της βιβλιογραφίας όπου υπάρχει αυτή η δυνατότητα. Εφόσον η έρευνα καταλήξει στα αποτελέσματα αυτά που έχουν κριθεί συνολικά ικανοποιητικά αυτά παρουσιάζονται συγκεντρωμένα και καταβάλλεται προσπάθεια να ερμηνευθούν σε βάθος. Η ερμηνεία αυτή έχει σκοπό την κατανόηση σε βάθος της επιρροής των παραγόντων που εξετάζονται, στο επίπεδο οδικής ασφάλειας των αυτοκινητοδρόμων και πιθανώς την ανάδειξη άλλων των οποίων η σημασία αγνοούταν μέχρι σήμερα. Η ανάλυση ολοκληρώνεται με τη διεξαγωγή συγκρίσεων ανάμεσα στα πρότυπα που εξήχθησαν για τη διαπίστωση διαφορών ανάμεσα στους παράγοντες που επηρεάζουν την επικινδυνότητα στα διάφορα οδικά τμήματα.

Ακολουθεί το **6^{ο} κεφάλαιο** το οποίο συνοψίζει τους σκοπούς, τα αποτελέσματα καθώς και τα συμπεράσματα της Διπλωματικής Εργασίας. Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται με βάση τα αποτελέσματα και την ερμηνεία τους, η διατύπωση προτάσεων σχετικών με τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας των αυτοκινητοδρόμων ενώ διατυπώνονται απόψεις για περαιτέρω έρευνα και επέκταση της διερεύνησης που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα Εργασία.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Γιώργο Γιαννή για την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας καθώς και για την πολύτιμη καθοδήγηση του και τις υποδείξεις του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της μέχρι την ολοκλήρωση της.

Ευχαριστίες επίσης οφείλονται στους Δρ. Πολιτικό Μηχανικό κ. Κωνσταντίνο Αντωνίου και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Ματθαίο Καρλαύτη για τις πολύτιμες συμβουλές τους στη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, στους επιστημονικούς συνεργάτες κ. Νόρα Παπαδημητρίου για τη βοήθεια της στην ανάκτηση των στοιχείων από το λογισμικό ΣΑΝΤΡΑ 2, κ. Πέτρο Ευγενικό, κ. Ελένη Βλαχογίαννη, τον κ. Κωνσταντίνο Κεπαπτσόγλου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κ. Βασίλη Χαλκιά, Κώστα Παπανδρέου, Παντελή Κοπελιά (Αττικές Διαδρομές Α.Ε.) κα. Γιάννα Καρακαϊδού, κ. Κωνσταντίνο Κουτσούκο (Εγνατία Οδός Α.Ε.) για την παροχή των στατιστικών στοιχείων οχηματοχιλιομέτρων και λειτουργίας των αντίστοιχων οδικών τμημάτων, χωρίς τη συμβολή των οποίων δεν θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Έρευνες οδικών ατυχημάτων

Πρόσφατες έρευνες στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος, που διενεργείται από το πανεπιστήμιο Χάρβαρντ για λογαριασμό του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO) και την Παγκόσμια Τράπεζα, δείχνουν ότι «μεταξύ των ενηλίκων ηλικίας δεκαπέντε έως σαράντα τεσσάρων ετών παγκοσμίως, τα οδικά ατυχήματα ήταν η κύρια αιτία του θανάτου για τους άνδρες και η πέμπτη σημαντικότερη αιτία του θανάτου για τις γυναίκες». Η έρευνα επίσης δείχνει ότι, με τις παρούσες τάσεις, τα οδικά ατυχήματα θα είναι το τρίτο σημαντικότερο πρόβλημα υγείας παγκοσμίως μέχρι το έτος 2020, που θα ξεπερνιέται μόνο από τις καρδιακές παθήσεις και την κατάθλιψη, ενώ τα υπουργεία υγείας θα ξοδεύουν είκοσι πέντε τοις εκατό των προϋπολογισμών τους στα θύματα οδικών ατυχημάτων μέχρι το 2020 (Ross, 2000)

Το πρόβλημα της οδικής ασφάλειας εμφανίστηκε μαζί με την κυκλοφορία των πρώτων οχημάτων και έκτοτε έχει αυξητική τάση που ακολουθεί την αύξηση του πληθυσμού και των κυκλοφορούντων οχημάτων. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια όπου αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα δημόσιας υγείας έχουν ληφθεί συστηματικά μέτρα από πολλές ανεπτυγμένες χώρες για την αντιμετώπιση του. Στην Ελλάδα το Στρατηγικό Σχέδιο για τη βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας το οποίο υιοθετήθηκε τον Ιούνιο του 2001 κινείται σε αυτό το πλαίσιο με στόχο τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα κατά 40% έως το έτος 2015 (Κανελλαϊδης, Γιαννής, Βαρδάκη, 2004). Στην κατεύθυνση αυτή έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες έρευνες παγκοσμίως μελετώντας τη φύση των οδικών ατυχημάτων στην προσπάθεια να κατανοηθούν οι μηχανισμοί που τα προκαλούν και οι παράγοντες που τα επηρεάζουν. Πολλές από τις έρευνες αυτές προσανατολίζονται στη διερεύνηση της επιρροής της γεωμετρικής χάραξης και των παρόδιων οδικών στοιχείων στην επικινδυνότητα της οδού.

Σχετικές έρευνες έχουν δείξει ότι τα στοιχεία οριζόντιας και κατακόρυφης χάραξης επηρεάζουν σημαντικά την οδική ασφάλεια. Σύμφωνα με τους Φραντζεσκάκη, Γκόλια (1994), ο δείκτης ατυχημάτων φαίνεται να μειώνεται όσο αυξάνεται το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας όπως επίσης και το πλάτος του ερείσματος της οδού. Επίσης έρευνες δείχνουν ότι η διαχωριστική νησίδα παίζει καθοριστικό ρόλο μειώνοντας σημαντικά τον αριθμό των ατυχημάτων όπως και το δείκτη επικινδυνότητας και σοβαρότητας αυτών. Τέλος η οριζόντια και κατακόρυφη χάραξη της οδού επηρεάζει σημαντικά την

επικινδυνότητα καθώς φαίνεται πως οριζοντιογραφικές καμπύλες μικρών ακτινών (<200μ) καθώς και κατά μήκος κλίσεις με τιμές μεγαλύτερες από 4% αυξάνουν σημαντικά το δείκτη επικινδυνότητας της οδού.

Η διαμόρφωση της διατομής της οδού όπως φαίνεται από τα παραπάνω, είναι βασικός παράγων που επηρεάζει τον αριθμό των οδικών ατυχημάτων που θα εμφανισθούν σε ένα οδικό τμήμα. Συνεπώς μια έρευνα με σκοπό να διερευνήσει την οδική ασφάλεια ενός συνόλου οδικών τμημάτων και να διεξάγει συγκρίσεις μεταξύ τους, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσει στοιχεία που αναφέρονται σε οδικά τμήματα ίδιας κατηγορίας (εάν όχι ίδιας διατομής).

Σύμφωνα με τους Φραντζεσκάκη και Γκόλια (1994), η **επιρροή του είδους της οδού** στο δείκτη ατυχημάτων φαίνεται να είναι ιδιαίτερα σημαντική. Έτσι οι δείκτες για το σύνολο των ατυχημάτων είναι μεγαλύτεροι για τις αστικές οδούς λόγω της συγκέντρωσης πυκνών διασταυρώσεων και των κυκλοφοριακών ροών στις αστικές περιοχές. Αντιθέτως, οι δείκτες θανάτων και γενικότερα οι δείκτες θανατηφόρων ατυχημάτων και ατυχημάτων με σοβαρούς τραυματισμούς είναι μεγαλύτεροι στις υπεραστικές οδούς κυρίως λόγω των μεγαλύτερων ταχυτήτων.

Τα αποτελέσματα έρευνας του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Αποτίμησης Οδών (European Road Assessment Program) ασχολούνται με τους παράγοντες σχεδιασμού της οδού που επηρεάζουν τους δείκτες θανάτων και σοβαρών τραυματισμών σε δρόμους της Μεγάλης Βρετανίας (EuroRAP 2002). Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα περισσότερα θανατηφόρα ατυχήματα συμβαίνουν εκτός αστικών περιοχών (υπεραστικές οδοί) με τις οδούς ταχείας κυκλοφορίας να παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη επικινδυνότητα.

Τα οδικά τμήματα που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη επικινδυνότητα είναι οδοί ταχείας κυκλοφορίας που περιλαμβάνουν ισόπεδους κόμβους. Συγκεκριμένα, 9% των θανάτων σε κύριες οδούς εκτός κατοικημένων περιοχών συμβαίνουν σε αυτοκινητόδρομους, 19% σε οδούς ταχείας κυκλοφορίας δύο κατευθύνσεων, 38% σε οδούς ταχείας κυκλοφορίας μίας κατεύθυνσης εθνικής και περιφερειακής σπουδαιότητας, και 34% σε άλλες οδούς ταχείας κυκλοφορίας μιας κατεύθυνσης. Ακόμη σημειώνεται πως υπάρχει σημαντική διαφορά στο δείκτη επικινδυνότητας ανάμεσα σε οδούς με διαφορετικά επίπεδα ετήσιας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας (ΕΜΗΚ). Συγκεκριμένα η διαφορά εντοπίζεται ανάμεσα σε οδούς με ΕΜΗΚ μικρότερη των δέκα χιλιάδων οχημάτων ανά μέρα, οδούς με ΕΜΗΚ μεταξύ δέκα και είκοσι χιλιάδων οχημάτων ανά μέρα και οδούς με ΕΜΗΚ μεγαλύτερη των

είκοσι χιλιάδων οχημάτων ανά μέρα. Ο λόγος αυτών των διαφορών είναι 2,3:1,8:1.

Μια ακόμη έρευνα του Ινδικού Ινστιτούτου Διαχείρισης, του Ahmedabad (Indian Institute of Management, Ahmedabad) που δημοσιεύεται από τον Διεθνή Οργανισμό Υγείας (World Health Organization) το 2004, αναδεικνύει τον υψηλό δείκτη επικινδυνότητας των υπεραστικών οδών σε σχέση με τις αστικές. Περίπου 86% των θανατηφόρων ατυχημάτων των εθνικών οδών εμφανίστηκε σε θέσεις εκτός αστικής περιοχής έναντι 14% στις αστικές περιοχές. Εκτός ίσως από τις υψηλές ταχύτητες αυτό ήταν αποτέλεσμα της μικρής έκθεσης των κατοίκων στην κυκλοφορία. Η αναλογία των θανατηφόρων με τα μη θανατηφόρα ατυχήματα στις επαρχιακές περιοχές ήταν πέντε φορές υψηλότερη παρά στις αστικές (1:3 στις επαρχιακές, 1:16 στις αστικές). Αντιθέτως με το αναμενόμενο, τα περισσότερα ατυχήματα εμφανίστηκαν σε ευθεία τμήματα και όχι σε κόμβους ή καμπύλες. Υπεύθυνη για αυτό μπορεί να θεωρηθεί η ταχύτητα που αναπτύσσουν τα οχήματα στα τμήματα αυτά η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ατύχημα σε περίπτωση ακόμη και μικρού σφάλματος στην οδήγηση. Το χαμηλό ποσοστό των ατυχημάτων στους κόμβους ήταν ωστόσο αντίθετο προς τις παρατηρήσεις που πραγματοποιούνται στις ανεπτυγμένες χώρες.

Το ενδιαφέρον πολλών ερευνών και της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας συγκεντρώνεται στη **συγκριτική διερεύνηση των παραμέτρων επικινδυνότητας αυτοκινητοδρόμων**. Σύμφωνα με τα διεθνή αποτελέσματα, οι αυτοκινητόδρομοι παρουσιάζονται ασφαλέστεροι από τις οδούς μικρότερης σημασίας για δεδομένο τύπο οδού (αστική, υπεραστική). Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της έρευνας που διεξήχθη από το Dynamic Research Inc. των Η.Π.Α. (1998), τα ποσοστά ατυχημάτων, τραυματισμών και θανάτων δείχνουν ότι οι αυτοκινητόδρομοι στη Δανία, τη Γαλλία, τη Γερμανία, τη Μεγάλη Βρετανία, την Ιρλανδία, την Ελβετία και τις Ηνωμένες Πολιτείες είναι πολύ ασφαλέστεροι από τους μη-αυτοκινητόδρομους σε αυτές τις χώρες, για όλους τους τύπους οχημάτων, καθώς επίσης και για τα επιβατικά αυτοκίνητα και τις μοτοσικλέτες, όπου εκείνα τα στοιχεία είναι διαθέσιμα. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι **οι αυτοκινητόδρομοι γενικά είναι τρεις ή περισσότερες φορές ασφαλέστεροι από τους υπόλοιπους τύπους οδών σε αυτές τις χώρες.** Για την Ιαπωνία, οι αυτοκινητόδρομοι είναι δεκατρείς φορές ασφαλέστεροι από τους μη-αυτοκινητόδρομους για όλα τα μηχανοκίνητα οχήματα.

Η σχετική ασφάλεια των αυτοκινητόδρομων ισχύει για τις μοτοσικλέτες καθώς επίσης και τα επιβατικά αυτοκίνητα και όλα τα μηχανοκίνητα οχήματα, όπως υποδεικνύεται από πιο λεπτομερή ποσοστά για τη Μεγάλη Βρετανία και

τις ΗΠΑ. Συγκεκριμένα, για τις μοτοσικλέτες, οι αυτοκινητόδρομοι είναι πέντε φορές ασφαλέστεροι από τους υπόλοιπους τύπους οδών στις ΗΠΑ και έξι φορές ασφαλέστεροι στη Μεγάλη Βρετανία.

Ο αριθμός ατυχημάτων, οι τραυματισμοί, και οι θάνατοι στη Γαλλία, τη Γερμανία, τη Μεγάλη Βρετανία, την Ιαπωνία και τις ΗΠΑ ήταν επίσης μεγαλύτεροι στους υπόλοιπους τύπους οδών από αυτούς στους αυτοκινητόδρομους, ανεξάρτητα από την έκθεση και τον τύπο οχημάτων. Τα ατυχήματα, οι τραυματισμοί, και οι θάνατοι είναι οκτώ ή περισσότερες φορές πιθανότερο να εμφανιστούν σε μη-αυτοκινητόδρομους παρά στους αυτοκινητόδρομους. Η σχετική αυτή τάση ασφάλειας ισχύει για τις μοτοσικλέτες καθώς επίσης και για τα επιβατικά αυτοκίνητα και όλα τα μηχανοκίνητα οχήματα. Από την άποψη των απόλυτων αριθμών, οι αυτοκινητόδρομοι είναι δεκατρείς φορές ασφαλέστεροι από τους υπόλοιπους στις ΗΠΑ, εκατόν δώδεκα φορές ασφαλέστεροι από τους μη-αυτοκινητόδρομους στη Μεγάλη Βρετανία και οκτώ έως είκοσι οκτώ φορές ασφαλέστεροι από τους μη-αυτοκινητόδρομους στο Αννόβερο της Γερμανίας (Dynamic Research Inc, 1998).

2.2 Ατυχήματα και χαρακτηριστικά χρηστών

Ο ανθρώπινος παράγοντας αποτελεί τον πιο σύνθετο και ταυτόχρονα τον λιγότερο προβλέψιμο παράγοντα στην πρόκληση οδικών ατυχημάτων. Ο παράγων αυτός όπως σύμφωνα με τους Φραντζεσκάκη, Γκόλια (1994), ευθύνεται μερικά ή αποκλειστικά για τη συντριπτική πλειοψηφία των οδικών ατυχημάτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αναλυτικών ερευνών εξέτασης των αιτίων πρόκλησης οδικών ατυχημάτων που διεξήχθησαν στη Μεγάλη Βρετανία και τις Ηνωμένες Πολιτείες υπάρχει ευθύνη του ανθρώπινου παράγοντα σε 95% και 94% των ατυχημάτων αντίστοιχα. Ο ανθρώπινος παράγων ήταν αποκλειστικά υπεύθυνος για το ατύχημα σε 65% των περιπτώσεων στην πρώτη και σε 57% των περιπτώσεων στη δεύτερη. Στην παρούσα Εργασία που διερευνά την επικινδυνότητα αυτοκινητοδρόμων ο ανθρώπινος παράγοντας διαδραματίζει ίσως βασικότερο ρόλο στην πρόκληση οδικών ατυχημάτων. Αφενός οι ταχύτητες που αναπτύσσονται σε τμήματα αυτοκινητοδρόμων είναι μεγαλύτερες, με αποτέλεσμα μικρά λάθη στην οδήγηση να μπορούν να οδηγήσουν σε ατύχημα αφετέρου οι αυτοκινητόδρομοι συνήθως εξυπηρετούν υπεραστικές μετακινήσεις, με μεγαλύτερο χρόνο διαδρομής πράγμα που απαιτεί αδιάσπαστη την προσοχή του οδηγού για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

Οι περισσότερες έρευνες ασχολούνται με την επιρροή επιλεγμένων χαρακτηριστικών των χρηστών της οδού στην πρόκληση οδικών ατυχημάτων. Τα χαρακτηριστικά αυτά εισάγονται ως μεταβλητές σε πρότυπα πρόβλεψης και εξετάζεται η επιρροή του καθενός στην οδική ασφάλεια. Δύο από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την πρόκληση οδικών ατυχημάτων και έχουν διερευνηθεί ευρύτατα είναι το φύλο και η ηλικία του οδηγού του οχήματος που προκάλεσε το οδικό ατύχημα.

Η έρευνα των Aultmann-Hall και Padlo (2004) αναφέρεται στους παράγοντες που επηρεάζουν τα ατυχήματα μεταξύ οδηγών νεαρής ηλικίας. Σύμφωνα με αυτή, το αποτέλεσμα της ανωριμότητας και της απειρίας των νέων οδηγών ηλικίας δεκαέξι έως είκοσι ετών, είναι αύξηση στον κίνδυνο που προτίθενται να αναλάβουν όσον αφορά την πιθανότητα εμπλοκής τους σε οδικό ατύχημα. Οι συγκρούσεις μηχανοκίνητων οχημάτων είναι η κύρια αιτία του θανάτου για την ηλικιακή ομάδα δεκαπέντε έως είκοσι ετών στις Ηνωμένες Πολιτείες (NHTSA 1998). Λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των χιλιομέτρων που διανύουν, οι έφηβοι οδηγοί έχουν τρεις φορές περισσότερες πιθανότητες να εμπλακούν σε οδικό ατύχημα από άλλους οδηγούς (NHTSA 1998).

Οι Eby και Molnar (1999) εμβαθύνουν περισσότερο, αναφέροντας πως η ανωριμότητα σχετίζεται με την ανάπτυξη των εφήβων και τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζει τις αποφάσεις τους για ανάληψη κινδύνου. Για παράδειγμα, οι έφηβοι οδηγοί (και επιβάτες) είναι πιθανότερο να καταναλώσουν αλκοόλ και τις μετακινήσεις τους (NHTSA 2000). Είναι επίσης λιγότερο πιθανό να φορέσουν τις ζώνες ασφαλείας τους, πράγμα το οποίο αυξάνει την πιθανότητα θανάτου σε περίπτωση οδικού ατυχήματος (NHTSA 1998). Η απειρία, αφ' ετέρου, αναφέρεται στο επίπεδο γνώσεων που κατέχουν οι οδηγοί σχετικά με τις ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιήσουν κατά την οδήγηση. Οι νέοι οδηγοί έχουν λίγες γνώσεις για τις πολυάριθμες διαδικασίες και τις πολυπλοκότητες της οδήγησης (NHTSA 1998). Υπολογίζεται πως η οδήγηση περιλαμβάνει περίπου χίλιες πεντακόσιες διαφορετικές διαδικασίες (Evans 1991) πολλές εκ των οποίων πρέπει να διενεργηθούν ταυτόχρονα. Από την άποψη αυτή, οι έφηβοι σκέφτονται πιο αργά και μπορούν να υπολογίσουν λιγότερα πράγματα ταυτόχρονα, από έναν ενήλικο. Παρουσιάζουν δυσκολίες στο να αγνοούν άσχετες πληροφορίες, ενώ η προσοχή τους αποσπάται σε πολλά σημεία ταυτόχρονα. Αντιμετωπίζουν πρόβλημα στη συγκέντρωση σε ένα στόχο για μεγάλο χρονικό διάστημα και έχουν μικρότερη δεξιότητα στην αναγνώριση, αξιολόγηση και ανάληψη αποφάσεων σε περίπτωση εμφάνισης κινδύνου (Eby και Molnar 1999).

Όσον αφορά την επιρροή της προχωρημένης ηλικίας στην πρόκληση οδικών ατυχημάτων, ενδιαφέρον παρουσιάζει η έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Bilban (2002). Οι ηλικιωμένοι είναι ευάλωτοι και ενδεχομένως απρόβλεπτοι συμμετέχοντες στην κυκλοφορία που αξίζουν ιδιαίτερη προσοχή. Η αύξηση του μέσου όρου ζωής συνεπάγεται έναν μεγαλύτερο αριθμό ηλικιωμένων οδηγών, δηλαδή πρόσωπα με διάφορα προβλήματα υγείας και τις δυσκολίες που συνεπάγεται η προχωρημένη ηλικία. Υπολογίζεται πως στην αρχή της χιλιετίας, το μερίδιο του πληθυσμού ηλικίας άνω των 65 ετών στη Σλοβενία, στην οποία πραγματοποιήθηκε η έρευνα, ήταν περίπου 13%, και σε εικοσιπέντε έτη θα πλησιάζει το 19%. Το μερίδιο των οδηγών από αυτήν την ηλικιακή ομάδα ήταν 28% το 2001, και αναμένεται για να φθάσει περίπου το 54%. Πολυάριθμες μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχουν πολλές διαφορές στην οδήγηση μεταξύ των νέων και των ηλικιωμένων. Τα ατυχήματα με οδηγούς νεαρής ηλικίας έχουν ως κύριο αίτιο την ανάπτυξη υπερβολικής ταχύτητας, σε αντίθεση με τα ατυχήματα ηλικιωμένων οδηγών των οποίων η κυριότερη παράβαση που αποτελεί αιτία ατυχήματος είναι η παραβίαση της προτεραιότητας.

Η έρευνα αυτή εστιάζει το ενδιαφέρον της στη **διαφορά στην εμφάνιση και τον τύπο τραυματισμού ανάμεσα σε νέους και ηλικιωμένους οδηγούς**, βασισμένη σε μια ανάλυση όλων των οδικών ατυχημάτων στη Σλοβενία για την περίοδο1998-2000. Οι ηλικιωμένοι (ηλικίες πάνω από 65) προκάλεσαν μόνο το 4,7% όλων των οδικών ατυχημάτων (16,7% του συνόλου των ατυχημάτων που περιλαμβάνουν τους πεζούς, 11,5% των ατυχημάτων που περιλαμβάνουν τους ποδηλάτες, 2,7% των ατυχημάτων που περιλαμβάνουν οδηγούς μοτοσικλετών και 5% των ατυχημάτων που περιλαμβάνουν τους οδηγούς αυτοκινήτων). Από το σύνολο των ατυχημάτων, 89,3% περιελάμβαναν μόνο υλικές ζημιές, ενώ το 0,4% από αυτά ήταν θανατηφόρα. Παρόλα αυτά μεταξύ των ηλικιωμένων, το ποσοστό αυτό ανέρχεται σε 1%, ενώ παίρνει την τιμή 2,7% όταν αφορά ηλικιωμένους ηλικίας 75 ετών και άνω. Υπολογίζοντας το συντελεστή βαρύτητας για τη διάκριση μεταξύ ελαφρών τραυματισμών, βαρέων τραυματισμών, και θανατηφόρου περιστατικού, καθορίστηκε ότι οι ηλικιακές ομάδες 65 έως 74 ετών και μεγαλυτέρων ή ίσων με 75 έτη, προκαλούν την τρεις και πέντε φορές μεγαλύτερη ζημία, αντίστοιχα συγκριτικά με τις ομάδες ηλικίας από 18 έως 54 έτη. Η προχωρημένη ηλικία επιφέρει ψυχοφυσικές αλλαγές οι οποίες μειώνουν την ικανότητα οδήγησης με αποτέλεσμα την αύξηση της επικινδυνότητας ενός οδικού ατυχήματος. Είναι γεγονός ότι οι ηλικιωμένοι άνθρωποι προκαλούν λιγότερα οδικά ατυχήματα (καθώς οδηγούν λιγότερο) από τους νέους, αλλά όταν συμμετέχουν σε ένα οδικό ατύχημα η σοβαρότητα είναι συνήθως μεγαλύτερη.

Μόλις μερικές δεκαετίες πριν ή οδήγηση ήταν μια σπάνια δραστηριότητα ενώ οι γυναίκες οδηγοί ήταν ελάχιστες. Με την ανάπτυξη της οδικής κυκλοφορίας, το ποσοστό των γυναικών οδηγών αυξήθηκε όπως αυξήθηκε και το ποσοστό συμμετοχής τους σε οδικά ατυχήματα (Bilban 1998). Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες με αντικείμενο την αυξανόμενη συμμετοχή των γυναικών στα οδικά ατυχήματα και τον τρόπο που το φύλο επηρεάζει το σύνολο του αριθμού των ατυχημάτων.

Από την εξέταση πολυάριθμων δεδομένων ατυχημάτων προκύπτει ότι όσον αφορά τους οδηγούς όλων των οχημάτων και για τον ίδιο αριθμό χιλιομέτρων που διανύονται οι άνδρες οδηγοί εμπλέκονται περισσότερο σε ατυχήματα από τις γυναίκες σε όλες τις ηλικίες. Τα αποτελέσματα σχετικής έρευνας στην Αγγλία που εξέτασε αναλυτικά τη συμπεριφορά 2654 οδηγών οι οποίοι ενεπλάκησαν σε ατύχημα, έδειξαν ότι στα ατυχήματα με συμμετέχοντες άνδρα και γυναίκα οδηγό 63% περίπου των ανδρών είχαν αποκλειστική υπευθυνότητα η συνυπευθυνότητα για τα ατυχήματα στα οποία ενεπλάκησαν ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τις γυναίκες οδηγούς ήταν 55%. Η διαφορά των ποσοστών δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική αλλά οι λόγοι που οδήγησαν στο ατύχημα διέφεραν σημαντικά. Οι άνδρες οδηγοί ανέπτυσσαν μεγαλύτερη ταχύτητα και είχαν την τάση να διακινδυνεύουν περισσότερο ενώ οι γυναίκες οδηγοί έκαναν περισσότερα λάθη στην οδήγηση και είχαν συχνότερα την προσοχή τους αποσπασμένη αλλού (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994)

Αναφορικά με την επιρροή του φύλου στα οδικά ατυχήματα ενδιαφέρον παρουσιάζει η έρευνα του Al-Balbissi (2003). Στην έρευνα αυτή, τα στοιχεία ατυχημάτων για τρία έτη και τρεις διαφορετικές εισοδηματικές κατηγορίες αναλύθηκαν. Επιπρόσθετα, εξετάστηκε η ετήσια διανυθείσα απόσταση και η επίδραση των ατυχημάτων δημοσίων οχημάτων. Συμπεριλήφθηκαν επίσης περιβαλλοντικοί παράγοντες και στοιχεία ηλικίας των οδηγών. Μια ανάλυση των σφαλμάτων κατά την οδήγηση κατέληξε στον εντοπισμό των διαφορών ανάμεσα σε άντρες και γυναίκες. Στατιστική ανάλυση σε επίπεδο σημαντικότητας 5% χρησιμοποιήθηκε για να αξιολογήσει τις διαφορές αυτές. Τα αποτελέσματα όλων των αναλύσεων φανερώνουν μεγαλύτερη συμμετοχή των ανδρών σε οδικά ατυχήματα. Οι οδηγοί ηλικίας μεγαλύτερης των πενήντα ετών είχαν τα χαμηλότερα ποσοστά συμμετοχής σε ατύχημα. Η έρευνα εντοπίζει ως αίτιο της αυξημένης συμμετοχής των ανδρών στα οδικά ατυχήματα το συναίσθημα ανυπομονησίας και έλλειψης προσοχής που εμφανίζεται εντονότερα από τις γυναίκες.

Τέλος σε έρευνα που ασχολείται με τη διαφορά στα ατυχήματα ανάμεσα σε διαφορετικές **κοινωνικές ομάδες** (Laflamme et. al.) διερευνάται ο ρόλος του φύλου στα οδικά ατυχήματα συσχετισμένος με το επίπεδο ασφάλειας του

οχήματος το οποίο εκφράζεται με βάση μια κατηγορική μεταβλητή με επίπεδο αναφοράς ένα όχημα με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ασφαλείας και πέντε τιμές (δύο μεγαλύτερες και δύο μικρότερες από το επίπεδο αναφοράς). Τα αποτελέσματα παράγονται με τη μέθοδο των σχετικών κινδύνων (relative risks, RR) χρησιμοποιώντας τη γυναίκα ως επίπεδο αναφοράς και δείχνουν για όλες τις κατηγορίες ασφάλειας αυτοκινήτων, εκτός από αυτή των οχημάτων που παρουσιάζουν ασφάλεια 30% μικρότερη από το μέσο όρο, τα επίπεδα κινδύνου είναι σημαντικά υψηλότερα για τους άνδρες σε σύγκριση με τις γυναίκες. Ο σχετικός κίνδυνος (relative risk) μειώνεται από 1,58 σε 1,22 όταν πρόκειται για την κατηγορία οχημάτων με 15% μικρότερη ασφάλεια από το όχημα αναφοράς. Στη χαμηλότερη κατηγορία ασφάλειας (30% χαμηλότερη ασφάλεια από το όχημα αναφοράς) οι άνδρες οδηγοί παρουσιάζουν χαμηλότερο σχετικό κίνδυνο έναντι των γυναικών.

2.3 Ατυχήματα και χαρακτηριστικά οχημάτων

Το είδος και τα χαρακτηριστικά των κυκλοφορούντων οχημάτων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο φαινόμενο εμφάνισης ενός οδικού ατυχήματος. Παρότι το ποσοστό των ατυχημάτων για τα οποία αποκλειστική ευθύνη είχε μόνο το όχημα είναι πολύ μικρό, ο αριθμός των παθόντων προσώπων και η σοβαρότητα ενός ατυχήματος επηρεάζονται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του εμπλεκόμενου οχήματος. Η επιρροή του τύπου του οχήματος ή επιλεγμένων χαρακτηριστικών αυτού έχει μελετηθεί πολύ λίγο στο παρελθόν, ενώ η συσχέτιση του με την εμφάνιση οδικών ατυχημάτων στους αυτοκινητοδρόμους αποτελεί έναν από τους στόχους της Διπλωματικής Εργασίας.

Η ηλικία και το μέγεθος του οχήματος φαίνεται να επηρεάζουν τον αριθμό των ατυχημάτων καθώς και το σχετικό δείκτη θανάτων. Οι Φραντζεσκάκης και Γκόλιας (1994) βασισμένοι σε αποτελέσματα μελετών στις ΗΠΑ υποστηρίζουν ο δείκτης των ατυχημάτων αυξάνεται σε ομάδες οχημάτων με μεγαλύτερη ηλικία ενώ η αύξηση αυτή τείνει να είναι γραμμική. Το μέγεθος του οχήματος είναι ένα χαρακτηριστικό το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην πρόκληση και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Ο σημαντικότερος παράγων με βάση τον οποίο λαμβάνεται υπόψη είναι το βάρος του οχήματος. Τα αποτελέσματα αναλύσεων στοιχείων ατυχημάτων δείχνουν ότι όσο αυξάνεται το βάρος του οχήματος τόσο μειώνεται η σοβαρότητα του ατυχήματος που εμπλέκεται το όχημα αυτό. Σε ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται δύο οχήματα η πιθανότητα θανάτου παρουσιάζεται αυξημένη για τους επιβαίνοντες στο ελαφρύτερο όχημα ενώ τέλος σε ατυχήματα με οχήματα παρομοίου βάρους η πιθανότητα

θανάτου των επιβαινόντων αυξάνεται όσο μικρότερο είναι το βάρος των οχημάτων αυτών.

Ο τύπος του οχήματος επηρεάζει τόσο την πρόκληση ενός ατυχήματος όσο και την ασφάλεια των επιβαινόντων. Επίσης, σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας φαίνεται να υπάρχει μια συσχέτιση ανάμεσα στον τύπο οχήματος που ενεπλάκη στο ατύχημα και στον τύπο του ατυχήματος. Μετά την κατασκευή δεικτών σοβαρότητας (παθόντες οδηγοί ανά όχημα, παθόντες ανά όχημα, νεκροί οδηγοί ανά όχημα, νεκροί ανά όχημα) με στοιχεία οδικών ατυχημάτων του έτους 1983 στην Ελλάδα φαίνεται ότι όλοι παρουσιάζονται αυξημένοι για τις μοτοσικλέτες ενώ παρουσιάζουν τις χαμηλότερες τιμές για τα φορτηγά. Ακόμα παρουσιάζεται μια μεγάλη τιμή στο δείκτη των παθόντων επιβαινόντων για τα λεωφορεία η οποία εξηγείται από το μεγάλο αριθμό επιβαινόντων σε αυτά (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994).

2.4 Ατυχήματα και κυκλοφοριακές συνθήκες

Οι κυκλοφοριακές συνθήκες της οδού επηρεάζουν την εμφάνιση οδικών ατυχημάτων με πολλούς τρόπους. Γενικά, παρατηρείται αύξηση του αριθμού των ατυχημάτων για κάποιο οδικό τμήμα όσο αυξάνεται η ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία (ΕΜΗΚ) σε αυτό.

Έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Golob et al (2003) διερευνά τη συσχέτιση ανάμεσα στην κυκλοφοριακή ροή και τις επιπτώσεις της στην ταχύτητα και την «πίεση» κάτω από την οποία διενεργείται η κυκλοφορία, με τα οδικά ατυχήματα. Όπως επισημαίνεται στην έρευνα αυτή, ένας κοινός στόχος των προγραμμάτων διαχείρισης και ελέγχου μεταφορών για τους αυτοκινητόδρομους είναι να αυξηθεί η παραγωγικότητα με τη μείωση της συμφόρησης. Η μείωση της συμφόρησης οδηγεί φαινομενικά σε μειώσεις του χρόνου διαδρομής, των εκπομπών ρύπων των οχημάτων και της κατανάλωσης καυσίμων, και τη βελτιωμένη αξιοπιστία στην πρόβλεψη του χρόνου διαδρομής. Η μειωμένη συμφόρηση και η εξομαλυσμένη κυκλοφοριακή ροή είναι επίσης πιθανό να βελτιώσουν την ασφάλεια, καθώς επίσης και να μειώσουν την ψυχολογική πίεση στους οδηγούς. Επίσης διαπιστώθηκε ότι τα βασικά στοιχεία της κυκλοφοριακής ροής που έχουν επιπτώσεις στην οδική ασφάλεια είναι εκτός του μέσου κυκλοφοριακού φόρτου και της ταχύτητας και οι διακυμάνσεις στις τιμές αυτών. Ακόμη διαπιστώθηκε ότι είναι σκόπιμος ο εντοπισμός της διαφοροποίησης ανάμεσα στις διαφορές στην ταχύτητα και το φόρτο ανάμεσα στις λωρίδες κυκλοφορίας

αφού η πληροφορία αυτή είναι χρήσιμη για τη διάκριση των διαφόρων τύπων ατυχημάτων.

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία (Ceder and Livneh 1982, Φραντζεσκάκης και Γκόλιας 1994, Martin 2002) υπάρχει έντονη συσχέτιση ανάμεσα στον κυκλοφοριακό φόρτο και το δείκτη επικινδυνότητας της οδού. Συγκεκριμένα υπάρχει διαφοροποίηση στην τάση που ακολουθούν τα ατυχήματα ενός οχήματος, τα ατυχήματα δύο ή περισσοτέρων οχημάτων και το σύνολο των ατυχημάτων σε σχέση με τον κυκλοφοριακό φόρτο. Στην πρώτη περίπτωση η υψηλότερη τιμή του δείκτη επικινδυνότητας παρατηρείται για χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους ενώ όσο αυξάνεται η ΕΜΗΚ ο δείκτης επικινδυνότητας τείνει να μειωθεί. Αντιθέτως εάν μελετηθούν τα ατυχήματα δύο ή περισσοτέρων οχημάτων παρατηρείται αύξηση του δείκτη επικινδυνότητας με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου μέχρι ένα συγκεκριμένο σημείο μετά το οποίο παρατηρείται σταθεροποίηση και έπειτα πτώση του. Τέλος η τάση που παρατηρείται μελετώντας το σύνολο των τύπων ατυχημάτων έχει τη μορφή U. Αρχικά παρατηρείται πτώση του δείκτη επικινδυνότητας με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου ενώ με περαιτέρω αύξηση αυτού ο δείκτης επικινδυνότητας αυξάνεται και σε μερικές περιπτώσεις παρατηρείται ξανά πτώση αυτού όταν η ΕΜΗΚ φτάσει μια υψηλή τιμή, φαινόμενο που πιθανώς οφείλεται στον κορεσμό της οδού. Από την κοίλη μορφή της καμπύλης στην περίπτωση του συνόλου των ατυχημάτων, συμπεραίνουμε πως σε χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους επικρατούν ατυχήματα ενός οχήματος (ανατροπές, εκτροπές) γεγονός που πιθανώς οφείλεται στην ανάπτυξη υψηλότερων ταχυτήτων, ενώ όσο η ΕΜΗΚ μεγαλώνει επικρατέστεροι γίνονται οι τύποι ατυχημάτων με δύο ή περισσότερα οχήματα (μετωπικές, πλαγιομετωπικές, νωτομετωπικές, πλάγιες συγκρούσεις πράγμα που συμφωνεί με τη λογική αφού παρευρίσκονται περισσότερα οχήματα στην οδό.

Τέλος, σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση, παρατηρείται διαφοροποίηση στο δείκτη επικινδυνότητας της οδού ανάλογα με τη στάθμη εξυπηρέτησης της. Σύμφωνα με ανάλυση ατυχημάτων και κυκλοφοριακών φόρτων σε επιλεγμένα τμήματα των Εθνικών Οδών Αθηνών-Κορίνθου και Αθηνών-Λαμίας φαίνεται ελαφρά αύξηση του δείκτη ατυχημάτων για τις τρεις πρώτες στάθμες εξυπηρέτησης δηλαδή για λόγο φόρτου προς ικανότητα μέχρι περίπου 0,65 ενώ παρουσιάζει σημαντική αύξηση στις επόμενες στάθμες εξυπηρέτησης όσο ο φόρτος πλησιάζει την κυκλοφοριακή ικανότητα (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994).

2.5 Μεθοδολογίες ανάλυσης οδικών ατυχημάτων

Οι Bauer και Hardwood (1997) σε έρευνα στην οποία διερευνούν την επικινδυνότητα λωρίδων αλλαγής ταχύτητας και εισόδων-εξόδων σε αυτοκινητοδρόμους στις Ηνωμένες Πολιτείες χρησιμοποιούν ως μέθοδο για την ανάπτυξη των προτύπων πρόβλεψης του αριθμού των ατυχημάτων την παλινδρόμηση Poisson. Μεταξύ άλλων επισημαίνουν πως τα πρότυπα πρόβλεψης προηγούμενων ερευνών έχουν αναπτυχθεί συχνά με δείκτες ατυχημάτων (δηλ. συχνότητες ατυχήματος ανά μονάδα της έκθεσης) ως εξαρτημένη μεταβλητή χρησιμοποιώντας την απλή πολλαπλή-γραμμική παλινδρόμηση. Σε αυτήν την παραδοσιακή προσέγγιση, η εξαρτημένη μεταβλητή (δείκτης ατυχημάτων) διαμορφωνόταν με την υπόθεση ότι ακολουθεί την κανονική κατανομή. Τα αποτελέσματα που εξάγονται από αυτήν την προσέγγιση δεν είναι γενικά ικανοποιητικά και η πρόβλεψη του δείκτη ατυχημάτων ως συνάρτηση μίας σειράς μεταβλητών που εξηγούν το φαινόμενο αυτό δεν είναι απολύτως αξιόπιστη. Βασική αιτία για τα αποτελέσματα των προηγουμένων ερευνών μπορεί να ήταν ότι η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι μια ακατάλληλη προσέγγιση για την ανάπτυξη τέτοιων σχέσεων.

Η έρευνα για την ανάπτυξη των προτύπων πρόβλεψης ατυχημάτων που δημοσιεύονται στην πρόσφατη βιβλιογραφία έχει απομακρυνθεί από προσεγγίσεις βασισμένες στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση και έχει αρχίσει να χρησιμοποιεί άλλες υποθέσεις για τις κατανομές που ακολουθεί η εξαρτημένη μεταβλητή εκτός της κανονικής κατανομής. Η κατανομή Poisson είναι κατάλληλη για την περιγραφή σπάνιων γεγονότων όπως είναι τα οδικά ατυχήματα όπου ο αριθμός γεγονότων σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα είναι πιθανό να είναι μηδέν ή ένας μικρός ακέραιος αριθμός.

Διάφορες πρόσφατες μελέτες έχουν εφαρμόσει αυτές τις μη παραδοσιακές στατιστικές προσεγγίσεις. Παραδείγματος χάριν, οι Miaou και Lum ερεύνησαν τέσσερις τύπους προτύπων παλινδρόμησης για να αξιολογήσουν τη σχέση μεταξύ των ατυχημάτων φορτηγών και στοιχείων γεωμετρικού σχεδιασμού εθνικών οδών. Τα τέσσερα πρότυπα που εξετάστηκαν από τους ερευνητές ήταν δύο συμβατικά πρότυπα γραμμικής παλινδρόμησης (ένα κανονικό και ένα λογαριθμικό ή λογαριθμοκανονικό) και δύο πρότυπα παλινδρόμησης Poisson (ένα χρησιμοποιώντας εκθετική συνάρτηση για το μέσο όρο λ και ένα χρησιμοποιώντας μη εκθετική συνάρτηση) Οι Miaou και Lum κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι από τα τέσσερα πρότυπα που εξετάστηκαν, το πρότυπο Poisson με την εκθετική συνάρτηση παρείχε την καλύτερη μορφή της συσχέτισης μεταξύ των ατυχημάτων φορτηγών και των στοιχείων γεωμετρικού

σχεδιασμού εθνικών οδών. Οι ερευνητές προσδιόρισαν επίσης τους βασικούς περιορισμούς για τη χρησιμοποίηση ενός προτύπου Poisson οι οποίοι παρουσιάζονται στο θεωρητικό υπόβαθρο (Bauer and Hardwood 1997).

2.6 Σύνοψη βασικών σημείων

Έρευνες όπως αυτή του EuroRAP και του Dynamic Research Inc καταδεικνύουν τη σημασία του τύπου της οδού στον αριθμό των οδικών ατυχημάτων που παρουσιάζονται. Οι αυτοκινητόδρομοι αποτελούν ένα πολύ σημαντικό μέρος του δικτύου που πραγματοποιούνται οι μεταφορές και η διερεύνηση των παραμέτρων επικινδυνότητας αυτών που μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των οδικών ατυχημάτων με όλα τα θετικά κοινωνικά και οικονομικά συνακόλουθα που επιφέρει αυτή. Η έλλειψη ερευνών στην Ελλάδα όπως εκείνη και του Indian Institute of Management του Ahmedabad, καθιστά μεγάλη την ανάγκη για παρόμοιες προσεγγίσεις στο πρόβλημα της επικινδυνότητας του Ελληνικού οδικού δικτύου.

Στην παρούσα Διπλωματική εργασία η έκφραση της επικινδυνότητας των αυτοκινητοδρόμων πραγματοποιείται μέσων του αριθμού των συμμετεχόντων σε ατυχήματα που συνέβησαν σε επιλεγμένα οδικά τμήματα χρησιμοποιώντας μια σειρά μεταβλητών που επηρεάζουν το μέγεθος αυτό. Όπως δείχνουν οι έρευνες των Bilban, Al Balbissi, Altmann-Hall και Padlo, Eby και Molnar, το φύλο και η ηλικία του οδηγού επηρεάζουν άμεσα τον τρόπο οδήγησης και συνεπώς τον αριθμό των προκαλούμενων ατυχημάτων. Οι έρευνες αυτές χρησιμοποιούνται για την επιτυχέστερη εισαγωγή των μεταβλητών αυτών στα πρότυπα απεικόνισης της επικινδυνότητας που κατασκευάζονται παρακάτω.

Η επιρροή του τύπου του οχήματος που προκάλεσε το ατύχημα παίζει σημαντικό ρόλο στην πρόκληση αλλά και τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων. Παρόλα αυτά αποτελεί ένα πεδίο που δεν έχει ερευνηθεί επαρκώς ώστε να διαπιστωθούν οι επιρροές που ασκεί στην επικινδυνότητα. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται μια πρώτη προσέγγιση για τη διαπίστωση της επιρροής του κάθε τύπου οχήματος στην οδική ασφάλεια των Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων ενώ τα αποτελέσματα που βασίζονται σε στοιχεία πρόσφατων ετών συγκρίνονται με εκείνα που παρουσιάζουν οι Φραντζεσκάκης και Γκόλιας τα οποία δίνουν μια αντίστοιχη εικόνα για το έτος 1983, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα να διαπιστωθούν πιθανές αλλαγές μέσα στην τελευταία εικοσαετία.

Τέλος η έρευνα των Bauer και Hardwood, στην οποία διερευνάται η συσχέτιση γεωμετρικών χαρακτηριστικών αυτοκινητοδρόμων με τον αριθμό των ατυχημάτων που προκαλούνται σε συγκεκριμένα οδικά τμήματα παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με την παρούσα έρευνα που διερευνά την επικινδυνότητα αυτοκινητοδρόμων σε γενικότερο πλαίσιο. Η εξαρτημένη μεταβλητή που χρησιμοποιείται και στις δύο περιπτώσεις είναι ο συνολικός αριθμός των ατυχημάτων για συγκεκριμένη χρονική περίοδο, μεταβλητή διακριτή και μεγαλύτερη του μηδενός. Ακόμη είναι γενικώς παραδεκτό ότι τα ατυχήματα είναι ένα στοχαστικό φαινόμενο του οποίου τα γεγονότα είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και πιστεύεται ότι περιγράφονται ικανοποιητικά από τη στατιστική κατανομή Poisson (Lord, Washington, Ivan 2004). Για τον λόγο αυτό η παλινδρόμηση Poisson επιλέγεται ως καταλληλότερη για τη συγκεκριμένη προσέγγιση μεταξύ άλλων μεθοδολογιών που χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 Βασικές αρχές ανάπτυξης προτύπων

Βασικός στόχος των ερευνών που αφορούν στην οδική ασφάλεια είναι η διερεύνηση της επιρροής ενός η περισσότερων παραγόντων στην πρόκληση οδικών ατυχημάτων. Οι παράγοντες αυτοί όπως έχει προαναφερθεί μπορούν να αφορούν στον σχεδιασμό στην κυκλοφορία, στη λειτουργία της οδού κ.α. Τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών σκοπό έχουν να αναδείξουν τη σπουδαιότητα (ή μη) των παραγόντων αυτών και να ποσοτικοποιήσουν την επιρροή τους πάνω σε κάποια εξαρτημένη μεταβλητή που εκφράζει την οδική ασφάλεια. Οι παράγοντες αυτοί προέρχονται από στοιχεία που έχουν συλλεχθεί συστηματικά ή αποκλειστικά για τους σκοπούς της εργασίας και αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη των προτύπων, των αποτελεσμάτων δηλαδή της εργασίας.

Τα πρότυπα αυτά που έχουν ως στόχο τη διατύπωση συμπερασμάτων και προτάσεων για βελτίωση της οδικής ασφάλειας, μέσω της έκφρασης του επιπέδου οδικής ασφάλειας συναρτήσει κάποιων παραγόντων, αποτελούνται από δύο μέρη. Το πρώτο αποτελεί η **εξαρτημένη μεταβλητή,** η οποία επιλέγεται ως το μέσο που θα εκφράσει το επίπεδο της οδικής ασφάλειας στο επιλεγμένο πεδίο μελέτης (σημείο, οδικό τμήμα, οδικό δίκτυο, επίπεδο πόλης ή χώρας). Η εξαρτημένη μεταβλητή επιλέγεται σύμφωνα με τους σκοπούς της εργασίας, την επιλεγείσα μεθοδολογία και τις υποθέσεις που πιθανώς έχουν προηγηθεί και αφορούν στον τύπο και στα συμπεράσματα της έρευνας. Το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα είναι να παραχθεί μια επιτυχημένη συσχέτιση της εξαρτημένης μεταβλητής με τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Οι **ανεξάρτητες μεταβλητές** (παράγοντες) αποτελούν το μέσο, με το οποίο ο μελετητής προσπαθεί να εξηγήσει κάποιο φαινόμενο όπως την πρόκληση οδικών ατυχημάτων. Η τυχηματική φύση του φαινομένου αλλά και η πολυπλοκότητα του καθιστούν την επιλογή των ανεξάρτητων μεταβλητών δύσκολη υπόθεση, την οποία ο μελετητής αντιμετωπίζει σταδιακά κατά την εκπόνηση της έρευνας μέσω δοκιμών αλλά και της δικής του και της διεθνούς αποκτηθείσας εμπειρίας.

Οι μεταβλητές, είτε οι ανεξάρτητες είτε η εξαρτημένη, διαχωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη φύση και τη δομή τους. Γενικά, οι μεταβλητές διαχωρίζονται σε συνεχείς και διακριτές. Οι συνεχείς μεταβλητές μπορούν να πάρουν κάθε πραγματική τιμή μέσα σε ένα συγκεκριμένο διάστημα ενώ οι διακριτές μπορούν να παίρνουν μόνο ακέραιες τιμές. **Οι διακριτές** μεταβλητές

διακρίνονται περαιτέρω σε δύο κατηγορίες, τις κλιμακωτές (scale) και τις κατηγορικές (categorical), ενώ οι τελευταίες διακρίνονται σε σειριακές (ordinal) και ονομαστικές (nominal). **Η σημασία των παραπάνω διακρίσεων είναι μεγάλη** καθώς από τον τύπο μιας μεταβλητής θα πρέπει να καθορισθεί η οικογένεια προτύπων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ή και αντίστροφα, το πρότυπο που αποφασίζεται να χρησιμοποιηθεί, πιθανώς να απαιτεί μετασχηματισμό κάποιων μεταβλητών έτσι ώστε να μπορούν να εισαχθούν σε αυτό. Η αποτυχία αναγνώρισης του τύπου μιας μεταβλητής ή και η εσφαλμένη παραδοχή ότι μια μεταβλητή ανήκει σε μια κατηγορία, αποτελούν συνήθεις πηγές σφαλμάτων και μπορούν να οδηγήσουν σε παραπλανητικά αποτελέσματα ή σε μη αποδεκτά πρότυπα, τη στιγμή που όλες οι υπόλοιπες διαδικασίες έχουν εφαρμοσθεί ορθά.

Υπάρχει **πληθώρα μεθοδολογιών** που χρησιμοποιούνται στην οδική ασφάλεια για την ανάπτυξη προτύπων πρόβλεψης πολλές από τις οποίες διαφέρουν ριζικά μεταξύ τους. Παρακάτω παρουσιάζονται οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας σε όλα τα στάδια αυτής ενώ περιγράφεται αναλυτικά και ο τρόπος επιλογής της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε τελικά και η αιτιολόγηση μη αποδοχής άλλων μεθοδολογιών που κρίθηκαν ακατάλληλες για την παρούσα έρευνα με σκοπό να αποτελέσει οδηγό για μελλοντικές έρευνες. Συγκεκριμένα, από το σύνολο των διαθέσιμων μεθοδολογιών θα εξεταστούν τρία είδη προτύπων **παλινδρομήσεων**, το πρώτο θα αφορά ένα απλό γραμμικό πρότυπο (γραμμική παλινδρόμηση), το δεύτερο ένα μετασχηματισμό αυτού (λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση) και το τρίτο ένα μη γραμμικό πρότυπο, εκείνο της παλινδρόμησης Poisson. Για κάθε ένα από τα πρότυπα αυτά εξετάζονται οι ιδιότητες του (εφαρμογή, ιδιαιτερότητες, αποτελέσματα) και η καταλληλότητα του (το εύρος του πεδίου εφαρμογής του).

3.2 Γραμμική παλινδρόμηση

Η γραμμική παλινδρόμηση είναι μια από τις ευρύτερα χρησιμοποιούμενες μεθοδολογίες σε θέματα στατιστικής και οικονομετρίας και αποτελεί την απλούστερη μορφή συσχέτισης μεταξύ μιας εξαρτημένης και ενός αριθμού ανεξάρτητων μεταβλητών. Οι λόγοι για τους οποίους προτιμάται η γραμμική παλινδρόμηση από άλλες μεθοδολογίες είναι πολλοί. Αποτελεί μια απλή μέθοδο, η οποία δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες στο χειρισμό της ενώ τα συμπεράσματα που εξάγονται από αυτή συνήθως δεν παρουσιάζουν μεγάλη δυσκολία στην ερμηνεία τους και είναι συχνά εύκολα επεξεργάσιμα. Αποτελεί μια κατανοητή μέθοδο που στηρίζεται σε απλό υπόβαθρο ενώ

υπάρχει πλήθος εφαρμογών ηλεκτρονικού υπολογιστή που μπορούν να παράγουν σχετικά αποτελέσματα. Ωστόσο η χρήση της γραμμικής παλινδρόμησης αν και ευρέως διαδεδομένη χρειάζεται προσοχή καθώς υπάρχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούνται για να είναι ορθή η εφαρμογή της.

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται μια **γραμμική σχέση** μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής και μίας σειράς ανεξάρτητων μεταβλητών η μεταβολή των οποίων θεωρείται ότι μεταβάλλει αντίστοιχα την τιμή της εξαρτημένης και η επιλογή των οποίων γίνεται αρχικά με βάση εμπειρικά κριτήρια. Ο σκοπός της μεθοδολογίας αυτής είναι να αναγνωρίσει τις ανεξάρτητες μεταβλητές που επηρεάζουν σημαντικότερα την εξαρτημένη και να ποσοτικοποιήσει την επιρροή αυτή μέσω ενός γραμμικού προτύπου χρησιμοποιώντας σταθερούς συντελεστές.

Η γραμμική παλινδρόμηση εξυπηρετεί επιτυχημένα σκοπούς **αρχικών προσεγγίσεων** σε ένα πρόβλημα όταν οι ιδιότητες και η τελική μορφή των παραμέτρων που θα επιλεχθούν δεν είναι ακόμα απολύτως γνωστά, ενώ μπορεί να βοηθήσει στην εξαγωγή αρχικών συμπερασμάτων τα οποία θα φανούν χρήσιμα στην πορεία της έρευνας και θα βοηθήσουν στη σωστή επιλογή μιας πιο πολύπλοκης μεθοδολογίας. Ακόμη μπορεί να χρησιμεύσει ως αρχική προσέγγιση σε ένα πρόβλημα για το οποίο δεν υπάρχει προηγούμενη έρευνα, ως αρχική προσπάθεια, που θα βοηθήσει στην εύρεση ακριβέστερων τρόπων προσέγγισης στο μέλλον. Η γραμμική παλινδρόμηση πολλές φορές χρησιμοποιείται καταχρηστικά ακόμα και όταν οι απαιτήσεις της δεν ικανοποιούνται πλήρως, ενώ χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην αναγνώριση των αιτίων που μπορεί να παραβιάζουν τις βασικές προϋποθέσεις εφαρμογής της. Παρακάτω παρουσιάζονται οι προϋποθέσεις εφαρμογής της γραμμικής παλινδρόμησης, η μορφή του προτύπου που παράγεται, οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των προτύπων αυτών και τέλος τα στατιστικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των παραγόμενων αποτελεσμάτων.

3.2.1 Προϋποθέσεις εφαρμογής

Η βασικότερη ίσως προϋπόθεση για την εφαρμογή της γραμμικής παλινδρόμησης είναι **η εξαρτημένη μεταβλητή (μεταβλητή Y) να είναι συνεχής**. Αυτό σημαίνει ότι η μεταβλητή μπορεί να πάρει όλες τις τιμές μέσα σε ένα συγκεκριμένο διάστημα πραγματικών αριθμών, είτε αυτές είναι ακέραιες είτε δεκαδικές. Η χρήση της γραμμικής παλινδρόμησης σε

περιπτώσεις που η εξαρτημένη μεταβλητή δεν είναι συνεχής αλλά διακριτή ή κατηγορική (discrete, ordinal variables) θα πρέπει να αποφεύγεται και να χρησιμοποιούνται άλλοι, μη γραμμικοί τύποι παλινδρομήσεων όπως η παλινδρόμηση Poisson και η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση, αναλυτική αναφορά για τις οποίες γίνεται στη συνέχεια.

Η σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη μεταβλητή και τις ανεξάρτητες θα πρέπει να είναι γραμμική. Αυτό σημαίνει πως η σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη μεταβλητή και τις ανεξάρτητες θα πρέπει να μπορεί να απεικονιστεί διαγραμματικά με μια ευθεία γραμμή. Η εξίσωση που θα εκφράζει τη συσχέτιση μεταξύ της μεταβλητής Y και των μεταβλητών X, θα πρέπει να αποτελείται από ένα σταθερό όρο β_0 και τους συντελεστές β_j καθένας από τους οποίους θα αντιστοιχεί σε μια ανεξάρτητη μεταβλητή. Η σχέση μπορεί να απεικονιστεί ως εξής:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + ... + \beta_\iota X_{ji} + \varepsilon_\iota$$

Στην παραπάνω σχέση το i δείχνει τον αριθμό της παρατήρησης (μετρούμενη τιμή) ενώ το j τον αριθμό της ανεξάρτητης μεταβλητής. Το ε απεικονίζει έναν επιπλέον όρο «διαταραχής» (disturbance) δηλαδή τη διαφορά ανάμεσα στην παρατηρούμενη τιμή της μεταβλητής Y και της τιμής που προβλέπεται από το πρότυπο. Ο όρος ε είναι μεγάλης σημασίας καθώς απεικονίζει την επιρροή κάποιων μεταβλητών (πιθανώς μικρότερης σημασίας) που δεν συμπεριλήφθηκαν στο πρότυπο, και ταυτόχρονα περιλαμβάνει σφάλματα μετρήσεων στην εξαρτημένη μεταβλητή τα οποία υποτίθεται ότι είναι τυχαία. Η παραπάνω σχέση συνηθίζεται να γράφεται και σε μητρωική μορφή ως εξής:

$$[Y]_{nx1} = [X]_{nxp} * [\beta]_{px1} + \varepsilon_{nx1}$$

Όπου n είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων και p ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η παραπάνω απαίτηση της γραμμικής σχέσης ανάμεσα στο Y και τα X δεν είναι απόλυτα περιοριστική καθώς και μη γραμμικές συσχετίσεις, μετά από κατάλληλους μετασχηματισμούς, μπορούν να καταλήξουν σε γραμμικές και να αντιμετωπισθούν με την ίδια μεθοδολογία. Μια τέτοια περίπτωση είναι και αυτή της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης η οποία περιγράφεται παρακάτω.

Εκτός των παραπάνω κυρίων απαιτήσεων για την εφαρμογή της γραμμικής παλινδρόμησης υπάρχουν και άλλες μικρότερης σημασίας η παραβίαση των οποίων όμως μπορεί να επηρεάσει την αξιοπιστία του

προτύπου. Δυο από αυτές αφορούν τον όρο διαταραχής ε, ο μέσος όρος του οποίου και η διακύμανση του θα πρέπει να ισούνται με μηδέν και σ^2 αντίστοιχα (όπου σ^2 είναι η διακύμανση των παρατηρήσεων) οι απαιτήσεις αυτές εκφράζονται μαθηματικά με τις παρακάτω σχέσεις:

$$E[\varepsilon_i] = 0 \ ,$$

$$VAR[\varepsilon_i] = \sigma^2 \ .$$

Ακόμη, οι όροι της διαταραχής ε_i δεν θα πρέπει να είναι αυτοσυσχετιζόμενοι. Η παρακάτω εξίσωση πιστοποιεί ότι οι όροι ε ανάμεσα στις παρατηρήσεις είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους.

$$COV[\varepsilon_i, \varepsilon_j] = 0 \quad \text{εάν } i \neq j$$

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές X δεν θα πρέπει να είναι συσχετισμένες με τους όρους διαταραχής ε. Η απαίτηση αυτή είναι γνωστή ως «εξωγενητικότητα» (exogeneity) των ανεξάρτητων μεταβλητών και δείχνει πως οι ανεξάρτητες μεταβλητές επηρεάζονται από εξωγενείς παράγοντες μόνο και όχι από τις τιμές της μεταβλητής Y. Μαθηματικά η απαίτηση αυτή εκφράζεται ως εξής:

$$COV[X_i, \varepsilon_j] = 0 \quad \text{για όλα τα i και j.}$$

Εάν κάποια από τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι ενδογενής (endogenous) πρέπει να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικές μέθοδοι. Τέλος μια απαίτηση που σπάνια ικανοποιείται πλήρως υπαγορεύει ότι οι όροι διαταραχής ε πρέπει να ακολουθούν (προσεγγιστικά) την κανονική κατανομή, δηλαδή:

$$\varepsilon_i \approx N(0, \sigma^2) \ .$$

3.2.2 Μέθοδοι υπολογισμού εκτιμητριών

Οι παραπάνω σχέσεις παρουσιάζουν τις προϋποθέσεις που πρέπει να συντρέχουν για την εφαρμογή του προτύπου της γραμμικής παλινδρόμησης. Εάν κάποιες από αυτές δεν ικανοποιούνται τότε θα πρέπει να γίνουν διορθωτικές κινήσεις ή να χρησιμοποιηθεί κάποια άλλη προσέγγιση. Η γραμμική παλινδρόμηση ωστόσο αποτελεί τη βασικότερη και απλούστερη

μέθοδο συσχέτισης μιας τυχαίας μεταβλητής με ένα σύνολο επεξηγηματικών παραγόντων ενώ οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή των προτύπων παλινδρομήσεων δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά οι δύο βασικές μέθοδοι δημιουργίας ενός προτύπου παλινδρόμησης, η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων και η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας.

Στη γραμμική παλινδρόμηση το παραγόμενο πρότυπο εκφράζει την εξαρτημένη μεταβλητή Y συναρτήσει μίας σειράς ανεξάρτητων μεταβλητών X οι οποίες θεωρείται ότι είναι οι σπουδαιότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή της. Ωστόσο η πρόβλεψη αυτή στηρίζεται σε μια σειρά παρατηρήσεων οι οποίες δεν αποτελούν ολόκληρο τον πληθυσμό αλλά ένα δείγμα του. Έτσι οι σταθεροί συντελεστές β_i που παράγονται από τις διαδικασίες που θα περιγραφούν δεν συμπίπτουν ακριβώς με τις παρατηρούμενες τιμές Y_i αλλά διαφέρουν από αυτές κατά τον όρο ε (disturbance). Η εξίσωση που εκφράζει τα παραπάνω είναι:

$$\hat{Y} = X\beta + \varepsilon$$

όπου τα Y και X απεικονίζουν τα μητρώα nx1 και nxp αντίστοιχα όπου n είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων και p το πλήθος των ανεξάρτητων μεταβλητών. Το μητρώο β είναι διαστάσεων px1.

Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων είναι μια συνήθης μέθοδος για εφαρμογές παλινδρομήσεων. Συχνά αναφέρεται και ως «συνήθη ελάχιστα τετράγωνα» (ordinary least squares ή OLS) και αποτελεί μια μέθοδο εκτίμησης των σταθερών β χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του διαθέσιμου δείγματος. Η μέθοδος αυτή θέτει ως στόχο την ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των τετραγώνων της διαφοράς ανάμεσα στην παρατηρούμενη τιμή του Y και την προβλεπόμενη από το πρότυπο, δηλαδή του αθροίσματος των τετραγώνων των όρων διαταραχής ε. Το άθροισμα αυτό εκφράζεται από τη συνάρτηση Q:

$$Q_{\min} = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2_{\min}$$

Η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας παρέχει επίσης εκτίμηση των παραμέτρων β του στατιστικού προτύπου, η μέθοδος όμως εκτίμησης αυτών διαφέρει σημαντικά από αυτή των συνήθων ελαχίστων τετραγώνων. Η βασική αρχή που διέπει τη μέθοδο αυτή υπαγορεύει ότι διαφορετικοί πληθυσμοί

παράγουν διαφορετικά δείγματα, έτσι ένα συγκεκριμένο δείγμα είναι πιθανότερο να προέρχεται από ένα πληθυσμό παρά από ένα άλλο. Έτσι εάν υπάρχει ένα σύνολο παρατηρήσεων Α, τότε υπάρχει μια παράμετρος θ (η οποία μπορεί να είναι απλή όπως μια μέση τιμή, η περίπλοκη, όπως ένα μητρώο συντελεστών β) η οποία είναι πιθανότερο να ταιριάζει στο δείγμα αυτό από όλες τις υπόλοιπες. Με άλλα λόγια η μέθοδος μέγιστης πιθανοφάνειας διερευνά ποια παράμετρος θ είναι πιθανότερο να ταιριάζει στο διαθέσιμο δείγμα ανάμεσα από το σύνολο των παραμέτρων αυτών. Αντίθετα με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, στη μέθοδο αυτή είναι απαραίτητος ο καθορισμός της κατανομής που ακολουθούν τα δεδομένα του δείγματος. Ο λογάριθμος της συνάρτηση της μέγιστης πιθανοφάνειας για ένα δείγμα n ανεξάρτητων, και κανονικά κατανεμημένων διακυμάνσεων (ο οποίος χρησιμοποιείται αντί της ίδιας της συνάρτησης λόγω ευκολίας στο χειρισμό) έχει ως εξής:

$$LN(L) = LL = -\frac{n}{2}LN(2\pi) - \frac{n}{2}LN(\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2}([\mathrm{Y}] - [\mathrm{X}][\beta])^{\mathrm{T}}([\mathrm{Y}] - [\mathrm{X}][\beta])$$

Η μεγιστοποίηση της παραπάνω συνάρτησης ως προς το β και το σ^2 δίνει το μητρώο εκτιμήσεων για τα β το οποίο είναι αντίστοιχο με εκείνο που δίνει η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων.

3.2.3 Αξιολόγηση προτύπων

Για να εξεταστεί η επιτυχία ενός προτύπου που έχει κατασκευαστεί με κάποια μέθοδο παλινδρόμησης έχουν κατασκευασθεί ορισμένοι **δείκτες και στατιστικοί έλεγχοι** οι οποίοι εξετάζουν την καλή εφαρμογή του προτύπου στις παρατηρήσεις. Οι δείκτες και οι έλεγχοι αυτοί ονομάζονται «μέτρα καλής εφαρμογής» (goodness-of-fit measures ή GOF) και δεν διαφέρουν πολύ ανάμεσα σε διάφορα πρότυπα παλινδρόμησης. Παρόλα αυτά η παρουσίαση των μέτρων αυτών για την απλή γραμμική παλινδρόμηση είναι βασική καθώς έπειτα οι διαφορές των μέτρων αυτών σε άλλους τύπους παλινδρόμησης, είναι εύκολο να γίνουν κατανοητές.

Πρέπει να είναι κατανοητό για την αξιολόγηση ενός προτύπου και των αποτελεσμάτων που παράγει, ότι το βασικότερο ρόλο δεν διαδραματίζουν οι δείκτες και οι στατιστικοί έλεγχοι αλλά η **συνέπεια του με τη λογική** και πιθανώς την εμπειρία. Ένα στατιστικό πρότυπο το οποίο ικανοποιεί όλους τους στατιστικούς ελέγχους και παρέχει ικανοποιητικούς δείκτες δεν θα πρέπει

να γίνεται αποδεκτό προτού εξεταστεί από τη λογική σκοπιά και από τεθεί στην κρίση του μηχανικού. Αντιθέτως ένα πρότυπο το οποίο επιβεβαιώνεται από τη λογική και συμβαδίζει με την αποκτηθείσα εμπειρία μπορεί να γίνει αποδεκτό ακόμη και αν κάποιος έλεγχος η κάποιος δείκτης δεν έχει ικανοποιητική τιμή. Οι στατιστικοί έλεγχοι και οι δείκτες απλώς προσφέρουν επιπλέον μέτρα για να αξιολογηθούν επιπρόσθετα τα αποτελέσματα και να στηρίξουν από μαθηματική σκοπιά τα συμπεράσματα που εξάγονται με βάση τη λογική, ενώ χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στη χρήση και την ερμηνεία τους.

Τα μέτρα καλής εφαρμογής χρησιμοποιούνται για να αξιολογήσουν την επιτυχία ενός προτύπου και να παρέχουν συγκρίσεις μεταξύ «ανταγωνιστικών» προτύπων. Για παράδειγμα εάν υπάρχουν δύο πρότυπα που περιγράφουν ένα φαινόμενο και το πρώτο χρησιμοποιεί δέκα ανεξάρτητες μεταβλητές ενώ το δεύτερο χρησιμοποιεί τις οκτώ, είναι δηλαδή μια απομειωμένη μορφή του πρώτου, χρειάζεται να γνωρίζουμε ποιο πρότυπο από τα δύο πρέπει να διατηρηθεί και ποιο να απορριφθεί. Τα μέτρα καλής εφαρμογής μας δίνουν αυτή την πληροφορία μέσω της τιμής ενός απλού δείκτη. Τα μέτρα καλής εφαρμογής που θα παρουσιαστούν είναι ο συντελεστής συσχέτισης R^2, ο τροποποιημένος συντελεστής $R^2_{adjusted}$ και το στατιστικός έλεγχος t (t-test).

Για να γίνει επιτευχθεί ο **υπολογισμός του συντελεστή R^2** πρέπει αρχικά να υπολογισθούν τρία μεγέθη, το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων (ή διαταραχών, disturbances) SSE, το άθροισμα των τετραγώνων της παλινδρόμησης SSR, και το συνολικό άθροισμα των τετραγώνων SST. Τα μεγέθη αυτά υπολογίζονται από τις παρατηρήσεις και από τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης:

$$SSE = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2 ,$$

$$SSR = \sum_{i=1}^{n} (\hat{Y}_i - \overline{Y})^2 ,$$

$$SST = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \overline{Y})^2 .$$

Μπορεί να αποδειχθεί αλγεβρικά ότι: **SST = SSR+SSE**. Οι βαθμοί ελευθερίας που έχει κάθε ένα από αυτά τα μεγέθη επηρεάζουν τον τροποποιημένο συντελεστή $R^2_{adj.}$. Το SSE έχει n-p βαθμούς ελευθερίας καθώς n είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων και p ο αριθμός των παραμέτρων. Το SST έχει

n-1 βαθμούς ελευθερίας καθώς ένας βαθμός χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μέσης τιμής. Αντίστοιχα το SSR έχει p-1 βαθμούς ελευθερίας. Με βάση τα παραπάνω οι δείκτες R^2 και $R^2_{adj.}$ μπορούν να υπολογιστούν από τις παρακάτω σχέσεις:

$$R^2 = \frac{[SST - SSE]}{SST} = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST},$$

$$R^2{}_{adjusted} = 1 - \frac{\frac{SSE}{n-p}}{\frac{SST}{n-1}} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p}\right)\frac{SSE}{SST}.$$

Ο δείκτης R^2_a υπερτερεί του δείκτη R^2 όταν πρόκειται να συγκριθούν δύο πρότυπα. Γενικά, όταν προστίθενται μεταβλητές σε ένα πρότυπο αυτό τείνει να αυξάνει το συντελεστή R^2 χωρίς όμως αυτό απαραίτητα να σημαίνει ότι αυξάνεται η αξιοπιστία του προτύπου. Ο συντελεστής R^2_a λαμβάνει υπόψη τον αριθμό των παραμέτρων που έχουν εισαχθεί στο πρότυπο μέσω των βαθμών ελευθερίας που υπολογίζονται, έτσι προσφέρει μια πιο αντικειμενική εικόνα για την εφαρμογή του στα δεδομένα.

Οι τιμές των συντελεστών που περιγράφηκαν μπορούν να πάρουν τιμές από το μηδέν μέχρι το ένα. Υψηλές τιμές των συντελεστών συσχέτισης δείχνουν ότι το πρότυπο εφαρμόζει καλά στις παρατηρήσεις και επομένως είναι επιτυχημένο. Αντίθετα χαμηλές τιμές δείχνουν ότι δεν μπορεί να επιτευχθεί μεγάλη συσχέτιση πράγμα που ίσως να οφείλεται και στην ακαταλληλότητα της γραμμικής παλινδρόμησης ως μέθοδο για την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος. Δεν υπάρχουν γενικά τιμές των συντελεστών συσχέτισης που να λειτουργούν ως κατώτατα επίπεδα για να γίνει ένα πρότυπο αποδεκτό. Η αποδοχή ή όχι ενός προτύπου με βάση το συντελεστή συσχέτισης θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη φύση του προβλήματος, αλλά και τις προηγούμενες προσπάθειες που έχουν γίνει, όπως επίσης και τη λογική ερμηνεία του προτύπου και κατά πόσο η νέα προσέγγιση αυτή συμβάλλει στην περαιτέρω κατανόηση του φαινομένου. Έτσι μια τιμή του συντελεστή ίση με 0,3 μπορεί σε συνδυασμό με τη λογική ερμηνεία του προτύπου να θεωρηθεί επιτυχημένη ενώ αντίστοιχα μια τιμή του συντελεστή ίση 0,9 υπό διαφορετικές συνθήκες μπορεί να μην βοηθά στην κατανόηση του εξεταζόμενου προβλήματος.

Ο στατιστικός έλεγχος t παρέχει συμπεράσματα αξιοπιστίας για τις τιμές των παραμέτρων β του προτύπου, δίνει δηλαδή την πιθανότητα ο κάθε συντελεστής της μεταβλητής που υπολογίστηκε με βάση το δείγμα των

παρατηρήσεων να είναι ο πραγματικός, αυτός δηλαδή που θα προέκυπτε εάν τα δεδομένα μας ήταν ολόκληρος ο πληθυσμός. Για να γίνει κατανοητός ο έλεγχος αυτός πρέπει πρώτα να επεξηγηθούν κάποιες βασικές αρχές.

Κάθε συντελεστής β_i υπολογίζεται με βάση τις παρατηρήσεις που υπάρχουν, οι οποίες θεωρητικά ανήκουν σε ένα ευρύτερο σύνολο το οποίο είναι ο πληθυσμός. Κάθε φορά που επιλέγεται ένα σύνολο παρατηρήσεων από τον πληθυσμό αυτό είναι δυνατός ο υπολογισμός της σειράς των παραμέτρων β, με άλλα λόγια η ανάπτυξη ενός προτύπου γραμμικής παλινδρόμησης. Οι συντελεστές αυτοί θα είναι διαφορετικοί κάθε φορά που επιλέγεται ένα τυχαίο δείγμα μέσα από τον πληθυσμό ενώ, θεωρητικά, υπάρχει μια σειρά τιμών για τα β η οποία μπορεί να υπολογιστεί για τα δεδομένα ολόκληρου του πληθυσμού, η οποία δίνει και τις πραγματικές τους τιμές, πρακτικά όμως δεν είναι δυνατό να υπολογιστεί. Ο στατιστικός έλεγχος t που βασίζεται στην κατανομή t του student δείχνει κατά πόσο η τιμή του β που υπολογίστηκε με βάση το δείγμα διαφέρει από την πραγματική του τιμή. Το αποτέλεσμα του στατιστικού ελέγχου είναι μια τιμή για το t η οποία συγκρίνεται με μια τιμή που λαμβάνεται από τους πίνακες της κατανομής του student για δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Με άλλα λόγια το επίπεδο εμπιστοσύνης στο οποίο μπορούμε να πούμε ότι η μεταβλητή μας είναι αξιόπιστη είναι αυτό για το οποίο η τιμή t του στατιστικού ελέγχου για τη μεταβλητή β_i είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη τιμή του πίνακα της κατανομής για δεδομένο αριθμό βαθμών ελευθερίας.

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία μαζί με κάθε πρότυπο που παρουσιάζεται για την συγκριτική διερεύνηση των παραμέτρων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα των αυτοκινητοδρόμων δίδονται και οι τιμές του στατιστικού ελέγχου t για κάθε μεταβλητή, μαζί με το αντίστοιχο διάστημα εμπιστοσύνης. Οι τιμές του συντελεστή t που θεωρούνται ικανοποιητικές είναι εκείνες που για τον εκάστοτε αριθμό βαθμών ελευθερίας δίνουν επίπεδο επίπεδο εμπιστοσύνης μεγαλύτερο ή ίσο του **90%**, δηλαδή η πιθανότητα ο όρος β_i που υπολογίστηκε να είναι διαφορετικός από τον πραγματικό να είναι μικρότερη ή ίση του **10%**. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις μόνο γίνεται αποδεκτό και μικρότερο επίπεδο εμπιστοσύνης ενώ στις περιπτώσεις αυτές δίδεται επαρκής αιτιολόγηση.

3.3 Λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση

Πολλές φορές τα εξεταζόμενα φαινόμενα για τα οποία παράγονται τα διάφορα πρότυπα παλινδρόμησης είναι αρκετά περίπλοκα για να περιγραφούν από ένα απλό γραμμικό πρότυπο. Μια συνηθισμένη περίπτωση είναι οι σχέσεις μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης να μην είναι γραμμικές αλλά να ακολουθούν μια άλλη μορφή καμπύλης. Στην περίπτωση αυτή δεν είναι απαραίτητος ο καθορισμός μιας εντελώς διαφορετικής προσέγγισης, αλλά πολλές φορές αρκεί ένας απλός μετασχηματισμός στη σχέση μεταξύ των μεταβλητών για να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα με την ίδια μεθοδολογία που περιγράφηκε στις προηγούμενες παραγράφους.

Η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση (log-linear regression) αποτελεί ένα μετασχηματισμό της απλής γραμμικής παλινδρόμησης και χρησιμοποιείται σε ευρύ πεδίο εφαρμογών. Συγκεκριμένα στην οδική ασφάλεια, σε έρευνες όπου εξετάζεται η επιρροή διαφόρων παραμέτρων πάνω σε κάποιο δείκτη ατυχημάτων ή σοβαρότητας αποτελεί μια αρκετά συνήθη πρακτική. Οι απαιτήσεις και οι περιορισμοί για τη δημιουργία ενός λογαριθμοκανονικού προτύπου δεν διαφέρουν από αυτές ενός απλού γραμμικού. Συγκεκριμένα ισχύει η βασική απαίτηση η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι συνεχής, ενώ η σχέση μεταξύ της εξαρτημένης και των ανεξάρτητων μεταβλητών δεν είναι γραμμική αλλά εκθετική. Πιο συγκεκριμένα η σχέση ανάμεσα στο Y και τα X μετασχηματίζεται ως εξής:

$$Y = EXP\,(X\beta)\ ,$$

ή

$$\ln(Y) = X\beta\ .$$

Μια βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι ο φυσικός λογάριθμος της εξαρτημένης μεταβλητής να ακολουθεί την κανονική κατανομή με μέσο όρο μ και διακύμανση σ^2 ενώ τα στοιχεία που απαρτίζουν τη μεταβλητή Y πρέπει να είναι μη αρνητικά. Οι μέθοδοι υπολογισμού των εκτιμητριών β είναι παρόμοιες με τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται και για τη γραμμική παλινδρόμηση ενώ η χρήση των μέτρων καλής εφαρμογής πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο. Με τη χρήση του προτύπου αυτού γίνεται δυνατή η εξέταση μιας ευρύτερης κατηγορίας φαινομένων καθώς επιτρέπει την ανάπτυξη προτύπων που περιέχουν μεταβλητές με μη γραμμικές σχέσεις μεταξύ τους, περίπτωση που συναντάται συχνότερα στα φυσικά φαινόμενα. Η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση στην πραγματικότητα είναι μια γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του φυσικού λογαρίθμου της εξαρτημένης μεταβλητής

και των ανεξάρτητων μεταβλητών, ένας μετασχηματισμός για να αποτυπωθεί καλύτερα και πιο αξιόπιστα η σχέση μεταξύ της εξαρτημένης και των ανεξάρτητων μεταβλητών χρησιμοποιώντας τις ίδιες απλές μεθόδους.

3.4 Μη γραμμικά πρότυπα

Στη διερεύνηση φαινομένων που συσχετίζονται με μεταφορές και συγκοινωνιακά ζητήματα είναι πολύ συχνό να λαμβάνονται δεδομένα (τιμές μιας μεταβλητής Y) τα οποία χαρακτηρίζονται από ακέραιες τιμές μόνο. Μπορούν να αναφερθούν αρκετά τέτοια παραδείγματα για μεταβλητές όπως είναι η επιλογή διαδρομής από τους οδηγούς, ο αριθμός των οχημάτων που αναμένουν σε μια ουρά για να εξυπηρετηθούν από κάποια δίοδο (π.χ. σταθμοί διοδίων) ή ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων που συνέβησαν σε ένα οδικό τμήμα για κάποια δεδομένη χρονική περίοδο. Συγκεκριμένα στην οδική ασφάλεια συνήθως τα δεδομένα που συλλέγονται αφορούν κυρίως στον αριθμό των οδικών ατυχημάτων, ο οποίος είναι διακριτή μεταβλητή και ο οποίος χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη οποιουδήποτε δείκτη από εκεί και έπειτα. Ένα σφάλμα που μπορεί να συμβεί στην προσπάθεια συσχέτισης μιας εξαρτημένης μεταβλητής με μια σειρά ανεξάρτητων είναι να γίνει λανθασμένη παραδοχή όσον αφορά στη φύση της εξεταζόμενης μεταβλητής.

Η χρήση της γραμμικής ή της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων για την ανάπτυξη προτύπων των οποίων η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή είναι λανθασμένη και θα πρέπει να αποφεύγεται. Οι λόγοι για αυτό είναι σημαντικοί καθώς οι παραπάνω τύποι παλινδρόμησης μπορούν να δώσουν αποτελέσματα για την εξαρτημένη μεταβλητή, τα οποία δεν είναι ακέραια η είναι αρνητικά γεγονός το οποίο δε συμβαδίζει με την αρχική υπόθεση ότι τα δεδομένα είναι αναγκαστικά θετικοί ακέραιοι αριθμοί. Στην παρούσα Διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκαν αρχικές προσεγγίσεις στο εξεταζόμενο θέμα με τη χρήση της γραμμικής παλινδρόμησης. Ο σκοπός των προσπαθειών αυτών δεν ήταν να παράγουν κάποια αξιόπιστα πρότυπα παρά κάποια χρήσιμα πρωταρχικά συμπεράσματα όσον αφορά στη φύση των μεταβλητών και στον τρόπο, με τον οποίο θα εισαγόταν αργότερα στα πρότυπα. Επιτεύχθηκαν κάποιες απεικονίσεις των δεδομένων των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν, οι οποίες συνετέλεσαν στη βαθύτερη κατανόηση τους και βοήθησαν να αντιμετωπισθούν πιο σωστά σε επόμενα στάδια της εργασίας. Τα πρότυπα αυτά δεν έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα για τους λόγους που προαναφέρθηκαν αλλά βοήθησαν στο να εντοπιστούν και να κατανοηθούν

καλύτερα οι λόγοι αυτοί και να πραγματοποιηθεί μια πιο σωστή και ολοκληρωμένη προσέγγιση στη συνέχεια.

Μια εναλλακτική οικογένεια μεθόδων είναι διαθέσιμη για την ανάπτυξη προτύπων, τα οποία αφορούν τέτοια δεδομένα. Η οικογένεια αυτή λαμβάνει υπόψη τη διακριτή φύση της εξαρτημένης μεταβλητής. Περιλαμβάνει την παλινδρόμηση Poisson και την αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση, με την παλινδρόμηση Poisson να είναι η πιο διαδεδομένη ανάμεσα στις δύο μεθόδους και να χρησιμοποιείται πολύ συχνά για την αντιμετώπιση προβλημάτων σχετικών με συγκοινωνιακά ζητήματα. Η παλινδρόμηση Poisson στηρίζεται στην κατανομή Poisson και είναι κατάλληλη για την ανάπτυξη προτύπων που αφορούν φαινόμενα που εμφανίζονται σπάνια και των οποίων οι εμφανίσεις είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, η εμφάνιση του φαινομένου δηλαδή μια φορά δεν επηρεάζει την επόμενη. Για παράδειγμα εάν υποτεθεί ότι ο αριθμός των οχημάτων που αναμένουν σε μια ουρά περιγράφεται επιτυχώς από την κατανομή Poisson θα πρέπει αυτόματα να υποθέσουμε ότι η άφιξη ενός επόμενου οχήματος που θα αναμείνει στην ίδια ουρά δεν επηρεάζεται από την άφιξη ή την παρουσία του προηγούμενου σε αυτή. Αντίστοιχα εάν γίνει η υπόθεση ότι ο αριθμός των ατυχημάτων σε ένα οδικό τμήμα περιγράφεται από την κατανομή Poisson θα πρέπει να υποτεθεί ότι το κάθε γεγονός ατυχήματος είναι ανεξάρτητο από τα προηγούμενα. Επίσης βασική παραδοχή για να υποθέσει κανείς ότι τα δεδομένα προσαρμόζονται καλύτερα στην κατανομή Poisson είναι ότι ο μέσος όρος των παρατηρήσεων ισούται με τη διακύμανση αυτών, δηλαδή $\mu=\sigma^2$.

Εάν η προϋπόθεση αυτή δεν ισχύει, τότε παρουσιάζεται **το φαινόμενο της υπερδιασποράς (overdispersion) ή υποδιασποράς (underdispersion)** και οι παρατηρήσεις δεν μπορούν να θεωρηθούν ως ανεξάρτητα γεγονότα. Ένα παράδειγμα που μπορεί να δοθεί για την περίπτωση αυτή είναι οι αφίξεις οχημάτων σε ένα κόμβο μιας αρτηρίας, οι οποίες, εάν υποθέσουμε ότι οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι αρκετά χαμηλοί, μπορούν να θεωρηθούν ως ανεξάρτητα γεγονότα, η άφιξη δηλαδή ενός οχήματος δεν επηρεάζει την άφιξη ενός επόμενου. Αντιθέτως, εάν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι αυξηθούν και ο λόγος v/c ξεπεράσει μια κρίσιμη τιμή (που μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τη μορφή του κόμβου) τότε οι αφίξεις αρχίζουν να μην είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους και οι αφίξεις των επόμενων οχημάτων να επηρεάζονται από τις προηγούμενες. Στην περίπτωση αυτή το φαινόμενο αυτό δεν μπορεί να περιγραφεί ικανοποιητικά από την κατανομή Poisson και είναι ίσως προτιμότερη η χρήση της αρνητική διωνυμική κατανομής.

Οι παρατηρήσεις που διερευνήθηκαν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάστηκαν αναλυτικά για να διαπιστωθεί σε η κατανομή στην οποία

προσαρμοζόταν καλύτερα σε κάθε περίπτωση. Οι παρατηρήσεις που χρησιμοποιούνται στη Διπλωματική Εργασία για την ανάπτυξη των προτύπων που εκφράζουν το επίπεδο οδικής ασφάλειας των αυτοκινητοδρόμων, όπως θα αναφερθεί και στο κεφάλαιο της ανάπτυξης της βάσης δεδομένων, αφορούν στον αριθμό των παθόντων προσώπων για μια δεδομένη χρονική περίοδο. Η Ο αριθμός των παθόντων είναι μια μεταβλητή, η οποία παρουσιάζει όμοιες ιδιότητες με τη μεταβλητή του αριθμού των ατυχημάτων. Στη διεθνή βιβλιογραφία (βλ. κεφάλαιο 2) υποστηρίζεται ότι τα οδικά ατυχήματα ακολουθούν συνήθως την κατανομή Poisson. Στην Εργασία αυτή διερευνήθηκε ανά περίπτωση ποια κατανομή περιέγραφε καλύτερα τα δεδομένα και στη διερεύνηση αυτή χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό BestFit του οποίου η λειτουργία και το περιβάλλον χρήσης παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο. Οι ιδιότητες της αρνητικής διωνυμικής κατανομής και της κατανομής Poisson , καθώς και οι μέθοδοι της παλινδρόμησης Poisson και της αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης εξετάζονται αναλυτικά στην επόμενη παράγραφο.

3.4.1 Παλινδρόμηση Poisson

Η παλινδρόμηση Poisson είναι ίσως η πιο διαδεδομένη μέθοδος για την ανάπτυξη προτύπων που αφορούν διακριτά και ανεξάρτητα μεταξύ τους δεδομένα. Για να γίνει κατανοητή η παρουσίαση της μεθοδολογίας που θα περιγραφεί χρησιμοποιείται ένα παράδειγμα, αυτό των οδικών ατυχημάτων που προκύπτουν σε ένα σύνολο οδικών τμημάτων σε μια πόλη για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Θεωρώντας ότι τα οδικά ατυχήματα είναι σπάνια γεγονότα ανεξάρτητα μεταξύ τους μπορεί να γίνει η υπόθεση ότι ακολουθούν την κατανομή Poisson, με άλλα λόγια η πιθανότητα να εμφανιστούν y_i ατυχήματα δίδεται από τον τύπο:

$$P(y_i) = \frac{EXP\,(-\lambda_i) * \lambda_i^{y_i}}{y_i!}$$

όπου:
$P(y_i)$ = η πιθανότητα να εμφανιστούν y_i ατυχήματα στην εξεταζόμενη περιοχή στη χρονική περίοδο αναφοράς,
λ_i = ο μέσος όρος της κατανομής Poisson δηλαδή ο αναμενόμενος αριθμός ατυχημάτων στην εξεταζόμενη περιοχή.

Η σχέση αυτή μπορεί να μετασχηματιστεί έτσι ώστε για ένα δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης να είναι γνωστός ο αριθμός των ατυχημάτων που μπορούν να

συμβούν στην περιοχή ελέγχου. Έτσι η πιθανότητα Π(x) να συμβούν σε μια θέση το πολύ x ατυχήματα δίδεται από τη σχέση:

$$\Pi(x) = \sum_{z=0}^{z=x} \frac{e^{-\lambda} * \lambda^{z}}{z!}$$

Η μέθοδος της παλινδρόμησης Poisson στοχεύει στον υπολογισμό της παραμέτρου λ της κατανομής Poisson, μέσω της οποίας γίνεται δυνατός ο υπολογισμός της πιθανότητας να συμβεί ορισμένος αριθμός ατυχημάτων στην εξεταζόμενη περιοχή. Για τον υπολογισμό χρησιμοποιείται μια σειρά μεταβλητών, οι οποίες θεωρείται ότι επηρεάζουν το φαινόμενο εμφάνισης ατυχημάτων. Οι μεταβλητές αυτές μπορεί να είναι γεωμετρικά χαρακτηριστικά, κυκλοφοριακές παράμετροι, χαρακτηριστικά σηματοδότησης, καιρικές συνθήκες, χαρακτηριστικά οχημάτων, χαρακτηριστικά χρηστών και άλλες.

Οι μεταβλητές αυτές μπορεί να εισάγονται στο πρότυπο με διάφορες μορφές ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν ώστε να απεικονίζεται σωστά η επιρροή τους στο μέσο όρο λ. Οι μεταβλητές μπορούν να είναι συνεχείς ή διακριτές, ενώ ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στις διακριτές ανεξάρτητες μεταβλητές ώστε να αναγνωρισθεί εάν αυτές είναι κατηγορικές ή κλιμακωτές. Για παράδειγμα, η αντιμετώπιση μιας μεταβλητής ως σειριακής (ordinal) χρειάζεται προσοχή καθώς τα διάφορα επίπεδα της μπορεί να μην είναι ξεκάθαρα ενώ η αντιμετώπιση μιας σειριακής μεταβλητής ως απλή ονομαστική (nominal) θα στερήσει από το πρότυπο μεγάλη επεξηγηματική ικανότητα.

Ο υπολογισμός της παραμέτρου λ πραγματοποιείται με τη χρήση του απλού λογαριθμοκανονικού προτύπου και η σχέση μπορεί να εκφρασθεί μαθηματικά ως εξής:

$$\lambda_i = EXP\,([\beta][\mathrm{X}_i]) \text{ ή ισοδύναμα } \ln(\lambda_i) = [\beta][\mathrm{X}_i],$$

όπου το X_i είναι ένα διάνυσμα επεξηγηματικών (ανεξάρτητων) μεταβλητών και το β είναι το διάνυσμα των εκτιμώμενων παραμέτρων, μίας για κάθε μεταβλητή. Το λ_i στην πραγματικότητα δίνει τον αριθμό των γεγονότων (οδικά ατυχήματα) τα οποία αναμένεται να συμβούν στην εξεταζόμενη χρονική περίοδο. Η εκτίμηση του διανύσματος των παραμέτρων β πραγματοποιείται με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας, με τη συνάρτηση πιθανοφάνειας να δίδεται από την παρακάτω σχέση:

$$L([\beta]) = \prod_i \frac{EXP[-EXP([\beta][\mathrm{X}_i])]*[EXP([\beta][\mathrm{X}_i])]^{y_i}}{y_i!}$$

Ο λογάριθμος της παραπάνω συνάρτησης είναι πιο εύκολος στο χειρισμό και για το λόγο αυτό πολλές φορές χρησιμοποιείται έναντι της ίδιας της συνάρτησης:

$$LL([\beta]) = \sum_{i=1}^{n}[-EXP([\beta][\mathrm{X}_i]) + y_i[\beta][\mathrm{X}_i] - LN(y_i!)]$$

Οι παράμετροι που προκύπτουν από τη διαδικασία της μεθόδου μέγιστης πιθανοφάνειας χρησιμοποιούνται για να εξαχθούν συμπεράσματα για τα άγνωστα χαρακτηριστικά του πληθυσμού τα οποία θεωρείται ότι επηρεάζουν τη διαδικασία εμφάνισης των γεγονότων. Η μέθοδος αυτή παράγει παραμέτρους οι οποίες είναι συνεπείς και αποτελεσματικές.

Για τον υπολογισμό της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη χρησιμοποιείται ο υπολογισμός των ελαστικοτήτων. Οι ελαστικότητες (elasticities) δίνουν τη μεταβολή στην εξαρτημένη μεταβλητή δεδομένης μιας μεταβολής στην τιμή της ανεξάρτητης. Για συνεχείς μεταβλητές υπολογίζεται το ποσοστό στο οποίο μεταβάλλεται η μεταβλητή Y δεδομένης της αλλαγής κατά 1% στη μεταβλητή X. Είναι προφανές ότι για μεταβλητές – δείκτες οι οποίες λαμβάνουν μόνο τις τιμές 0 και 1 (όπως στη συγκεκριμένη εργασία) ένας τέτοιος υπολογισμός δεν έχει νόημα. Για το λόγο αυτό παρέχονται οι ψεύδο – ελαστικότητες (pseudo elasticities) οι οποίες απεικονίζουν την αλλαγή στην εξαρτημένη μεταβλητή (αλλαγή στη συχνότητα εμφάνισης του φαινομένου) που παρατηρείται με την αλλαγή στην τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής. Οι ελαστικότητες αυτές υπολογίζονται από τη σχέση:

$$E_{X_k}^{\lambda} = \frac{EXP(\beta_k) - 1}{EXP(\beta_k)}.$$

3.4.2 Μέτρα καλής εφαρμογής παλινδρόμησης Poisson

Για την αξιολόγηση ενός προτύπου παλινδρόμησης Poisson χρησιμοποιείται μια σειρά **μέτρων αξιολόγησης της εφαρμογής του στα δεδομένα**, κάποια από τα οποία παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες με εκείνα που παρουσιάστηκαν για τη μέθοδο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Τα μέτρα αυτά αφορούν είτε στον υπολογισμό δεικτών, είτε στη διεξαγωγή στατιστικών ελέγχων. Ο μελετητής θα πρέπει να λαμβάνει πάντοτε υπόψη εκτός από τις τιμές που παρέχουν τα μέτρα καλής εφαρμογής, το πρότυπο συνολικά αλλά και η κάθε παράμετρος ξεχωριστά να παρέχουν λογικά αποτελέσματα που πιθανώς να συμφωνούν με προηγούμενες συναφείς έρευνες, ειδάλλως να μπορούν να ερμηνευθούν με επιστημονικό τρόπο πάντοτε κατά την κρίση του μηχανικού. Τα μέτρα καλής εφαρμογής σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να αποτελούν το μοναδικό κριτήριο για την αξιολόγηση ενός προτύπου παρά να στηρίζουν και να επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματα που έχουν ερμηνευθεί με λογικό τρόπο.

Κατά την ανάπτυξη ενός προτύπου ένας από τους βασικότερους κανόνες είναι να περιγράφει επαρκώς τα δεδομένα με **το μικρότερο δυνατό αριθμό μεταβλητών**, απαίτηση που έχει ως αποτέλεσμα όσο το δυνατόν απλούστερα (και συνεπώς εύχρηστα) και ταυτόχρονα ικανά πρότυπα. Κατά την ανάπτυξη ενός προτύπου και προτού η διαδικασία καταλήξει στην τελική του μορφή πραγματοποιούνται έλεγχοι-συγκρίσεις του προτύπου με άλλα πρότυπα που χρησιμοποιούν λιγότερες μεταβλητές (από το ίδιο σύνολο) ώστε να διαπιστωθεί εάν κάποιο απομειωμένο πρότυπο εξηγεί με την ίδια αποτελεσματικότητα (ή με μικρή απώλεια επεξηγηματικής ικανότητας) τα δεδομένα, και συνεπώς προτιμάται από το συνολικό πρότυπο, το οποίο είναι πιο περίπλοκο. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται σε καθορισμένο επίπεδο πιθανότητας.

Ο στατιστικός έλεγχος των λόγων πιθανοφάνειας χρησιμοποιείται για τη σύγκριση μεταξύ δύο ανταγωνιζόμενων προτύπων, σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Παρέχει στοιχεία με τα οποία γίνεται δυνατό να φανεί αν το συνολικό πρότυπο παρέχει αρκετά μεγαλύτερη (σε δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης) επεξηγηματική ικανότητα σε σχέση με το απομειωμένο που μπορεί να έχει από μια μεταβλητή λιγότερη έως και καθόλου μεταβλητές αφήνοντας μόνο το σταθερό όρο β_0. Ο στατιστικός έλεγχος στηρίζεται στην κατανομή χ^2 και πραγματοποιείται υπολογίζοντας την παρακάτω μεταβλητή :

$$X^2 = -2[LL(\beta_R) - LL(\beta_U)],$$

όπου LL(β_R) είναι ο λογάριθμος της συνάρτησης πιθανοφάνειας για το απομειωμένο πρότυπο (όπου το R υποδηλώνει «περιορισμένο», restricted) και LL(β_U) ο λογάριθμος της συνάρτησης πιθανοφάνειας για το συνολικό πρότυπο (όπου το U υποδηλώνει «απεριόριστο», unrestricted). Η μεταβλητή X^2 που υπολογίστηκε ακολουθεί την κατανομή χ^2 με βαθμούς ελευθερίας ίσους με τη διαφορά του αριθμού των παραμέτρων που χρησιμοποιεί το συνολικό και το περιορισμένο πρότυπο.

Το άθροισμα των αποκλίσεων μεταξύ των παρατηρούμενων και των προβλεπόμενων από το πρότυπο τιμών G^2 αποτελεί έναν ακόμη δείκτη καλής εφαρμογής του προτύπου. Το μέγεθος αυτό ισούται με μηδέν για ένα πρότυπο με τέλεια εφαρμογή. Ωστόσο η τιμή αυτή μόνο θεωρητικά μπορεί να επιτευχθεί και αποτελεί ένα κατώτατο όριο, καθώς η προβλεπόμενη από το πρότυπο τιμή του λ είναι συνεχής ενώ η πραγματική τιμή της είναι ακέραια, συνεπώς η διαφορά τους πρακτικά δεν μπορεί πρακτικά να είναι μηδέν. Η χαμηλή τιμή του G^2 μπορεί να παράσχει μια ένδειξη για την επιτυχία του προτύπου και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$G^2 = 2\sum_{i=1}^{n} y_i LN\left(\frac{y_i}{\hat{\lambda}_i}\right)$$

Ο στατιστικός δείκτης R^2 που παρουσιάστηκε για την απλή γραμμική παλινδρόμηση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παλινδρόμηση Poisson καθώς ο υπολογισμός των σταθερών όρων β γίνεται με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας και όχι με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Εναλλακτικά υπολογίζεται ένας αντίστοιχος δείκτης ο οποίος βασίζεται σε ανηγμένες διαφορές (standardized residuals), **ο δείκτης R^2_p**. Το εύρος τιμών του δείκτη είναι το ίδιο με εκείνο του κλασσικού δείκτη R^2 δηλαδή από μηδέν έως ένα, με τις υψηλότερες τιμές να υποδηλώνουν καλύτερη προσαρμογή του προτύπου στα δεδομένα. Ο δείκτης δίδεται από τη σχέση:

$$R_p^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{y_i - \hat{\lambda}_i}{\sqrt{\hat{\lambda}_i}}\right]^2}{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{y_i - \bar{y}}{\sqrt{\bar{y}}}\right]^2}.$$

Στις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν και παρουσιάζονται σε επόμενο κεφάλαιο ο συντελεστής συσχέτισης εξετάζεται πάντοτε σε συνδυασμό με όλες τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν ενώ οι τιμές του κυμάνθηκαν πάντοτε σε υψηλά επίπεδα της τάξης του 0,8 και άνω.

Ένα ακόμα μέτρο καλής εφαρμογής το οποίο χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της συνολικής εφαρμογής του προτύπου είναι ο στατιστικός δείκτης ρ^2. Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται :

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(0)} ,$$

όπου LL(β) είναι ο λογάριθμος της συνάρτησης μέγιστης πιθανοφάνειας για ένα πρότυπο με όλες τις μεταβλητές (unrestricted model) ενώ LL(0) είναι η ίδια συνάρτηση για το πρότυπο χρησιμοποιώντας ως επεξηγηματικό παράγοντα μόνο τον σταθερό όρο β_0 και θέτοντας όλα τα υπόλοιπα β_i ίσα με μηδέν. Για ένα πρότυπο με άψογη εφαρμογή ο δείκτης ρ^2 έχει την τιμή ένα, καθώς η συνάρτηση πιθανοφάνειας για ένα τέτοιο πρότυπο είναι ίση με ένα (όλα τα εναλλακτικά πιθανά αποτελέσματα θα προβλεπόταν από το πρότυπο με πιθανότητα ίση με 1) και συνεπώς ο λογάριθμος της συνάρτησης ισούται με μηδέν. Έτσι όσο πιο κοντά στην τιμή ένα βρίσκεται ο στατιστικός δείκτης ρ^2, τόσο περισσότερη διακύμανση στις παρατηρήσεις εξηγεί το πρότυπο.

3.4.3 Αρνητική Διωνυμική παλινδρόμηση

Ένα συνηθισμένο σφάλμα σε αναλύσεις με μη γραμμικά πρότυπα είναι η εσφαλμένη αναγνώριση της κατανομής που ακολουθούν οι παρατηρήσεις που εξετάζονται. Η παλινδρόμηση Poisson θέτει ως προϋπόθεση για την εφαρμογή της την ισότητα του μέσου όρου και της διακύμανσης του στατιστικού δείγματος. Πολλές φορές η ισότητα αυτή δεν ισχύει, δηλαδή:

$$E[y_i] \neq VAR[y_i]$$

Στην περίπτωση αυτή **τα δεδομένα δεν περιγράφονται ικανοποιητικά** από την κατανομή Poisson, συνεπώς η αντίστοιχη μέθοδος παλινδρόμησης δεν μπορεί να εφαρμοστεί. Πιο συγκεκριμένα όταν η μέση τιμή είναι μεγαλύτερη από τη διακύμανση του δείγματος τα δεδομένα είναι υποδιασπαρμένα (underdispersed) ενώ όταν παρατηρείται μέση τιμή μικρότερη από τη διακύμανση τα δεδομένα ονομάζονται υπερδιασπαρμένα (overdispersed) και οι παράμετροι του διανύσματος β που παράγει η παλινδρόμηση Poisson δεν

είναι αμερόληπτες. Τα παραπάνω φαινόμενα μπορούν να προκύψουν απο πολλές αιτίες, ωστόσο σύνηθες φαινόμενο αποτελεί η εμφάνιση υπερ-διασποράς στα δεδομένα όταν αφαιρεθούν κάποιες τιμές από τις παρατηρήσεις, οι οποίες επηρεάζουν τη μορφή της κατανομής Poisson.

Προτού δοθούν οι μαθηματικές σχέσεις της αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης είναι απαραίτητο να γίνει αναφορά σε μια βασική στατιστική κατανομή, την κατανομή Γάμμα. Η κατανομή Γάμμα αποτελεί μια ολόκληρη οικογένεια στατιστικών κατανομών της οποίας υποπεριπτώσεις αποτελούν πολλές, συχνά χρησιμοποιούμενες, στατιστικές κατανομές όπως κατανομή χ^2 και η εκθετική κατανομή. Η κατανομή Γάμμα χαρακτηρίζεται απο τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας:

$$f(x) = x^{a-1} EXP\left(-\frac{x}{\beta}\right) / \left[\Gamma(\alpha)\beta^{\alpha}\right]; x > 0$$

όπου α είναι η παράμετρος σχήματος, β μια παράμετρος κλίμακας και Γ(z) είναι η συνάρτηση Γάμμα η οποία δίδεται από την παρακάτω σχέση:

$$\Gamma(z) = \int_0^{\infty} t^{z-1} EXP^{-t} dt \ .$$

Το πρότυπο της αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης διαφέρει από αυτό της παλινδρόμησης Poisson επειδή λαμβάνει υπόψη τα παραπάνω φαινόμενα προσθέτοντας στην εξίσωση του μέσου όρου λ έναν επιπλέον όρο διασποράς (σφάλματος) ε_i . Επομένως εξίσωση της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης για την πρόβλεψη του λ μπορεί να ξαναγραφτεί ως εξής:

$$\lambda_i = EXP\left([\beta][\mathrm{X}_i] + \varepsilon_i\right).$$

Ο όρος ε_i ακολουθεί την κατανομή Γάμμα με μέση τιμή ένα και διασπορά ίση με α^2. Η προσθήκη του όρου α επιτρέπει στη μέση τιμή να διαφέρει από τη διασπορά του δείγματος σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$VAR[y_i] = E[y_i][1 + aE[y_i]] = E[y_i] + aE[y_i]^2 \ .$$

Η παλινδρόμηση Poisson αποτελεί μια υποπερίπτωση της αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης καθώς ο όρος α πλησιάζει στο μηδέν, πράγμα

που σημαίνει ότι η επιλογή ανάμεσα στις δύο προσεγγίσεις είναι στην πραγματικότητα επιλογή για την τιμή του όρου α. Η παράμετρος α ονομάζεται και παράμετρος υπερδιασποράς. Η αρνητική διωνυμική κατανομή έχει την παρακάτω μορφή:

$$P(y_i) = \frac{\Gamma((1/\alpha) + y_i)}{\Gamma(1/\alpha) y_i!} \left(\frac{1/a}{(1/a) + \lambda_i} \right)^{1/a} \left(\frac{\lambda_i}{(1/a) + \lambda_i} \right)^{y_i},$$

όπου το Γ(.) είναι η συνάρτηση Γάμμα. Η παραπάνω σχέση έχει ως αποτέλεσμα το μετασχηματισμό της συνάρτησης πιθανοφάνειας ως εξής:

$$L(\lambda_i) = \prod_i \frac{\Gamma((1/\alpha) + y_i)}{\Gamma(1/\alpha) y_i!} \left(\frac{1/a}{(1/a) + \lambda_i} \right)^{1/a} \left(\frac{\lambda_i}{(1/a) + \lambda_i} \right)^{y_i}.$$

Όταν οι παρατηρήσεις παρουσιάζουν υπερδιασπορά, η διακύμανση τους είναι αυξημένη σε σχέση με εκείνη που παρατηρείται σε δεδομένα που ακολουθούν την κατανομή Poisson. Όσο αυξάνεται η υπερδιασπορά αυξάνεται αντίστοιχα και η διακύμανση των δεδομένων και συνεπώς όλα τα τυπικά σφάλματα (standard errors) των εκτιμώμενων από την παλινδρόμηση παραμέτρων παρουσιάζονται αυξημένα. Τα κριτήρια αποδοχής των παραγόμενων από την αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση προτύπων είναι παρόμοια με εκείνη που παρουσιάστηκαν για την παλινδρόμηση Poisson.

3.5 Ανάλυση Ομαδοποίησης

Η επεξεργασία δεδομένων για τη δημιουργία των μεταβλητών που θα εισαχθούν ως παράγοντες πρόβλεψης σε ένα μαθηματικό πρότυπο είναι πολλές φορές δυσχερής καθώς η σχέση μεταξύ διαφόρων στοιχείων δεν είναι πολλές φορές προφανής. Ο χειρισμός των δεδομένων αυτών για να αναδειχθούν οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ τους και να ομαδοποιηθούν σωστά μπορεί να διευκολυνθεί από τη χρήση διαφόρων μεθοδολογιών ομαδοποίησης. Η ανάλυση ομαδοποίησης (cluster analysis) είναι μια αριθμητική μέθοδος η οποία αναγνωρίζει τις σχέσεις ανάμεσα στα δεδομένα και τα ομαδοποιεί σε κατηγορίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Δημιουργείται έτσι ένας αριθμός περιπτώσεων, ο οποίος δεν είναι συγκεκριμένος αλλά εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των προς ομαδοποίηση δεδομένων.

Οι ομάδες που δημιουργούνται από τη μέθοδο της ανάλυσης ομαδοποίησης μπορούν να αποτελούνται από μεταβλητές ή από δεδομένα. Μια συνηθισμένη ανάλυση, η οποία πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία σε προκαταρκτικό στάδιο για την κατανόηση των ιδιοτήτων των παρατηρήσεων, ήταν η δημιουργία μεταβλητών που αποτελούνταν από πολλαπλά επίπεδα (layers), με εύρος τιμών μηδέν ή ένα (που ερμηνεύεται ως παρουσία ή όχι του φαινομένου), καθένα από τα οποία στη συνέχεια αποτελούσε μια ανεξάρτητη μεταβλητή. Η διαδικασία δημιουργίας των μεταβλητών και η λογική που τη διέπει παρουσιάζονται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο. Η ομαδοποίηση των διαφόρων τιμών της μεταβλητής σε ομάδες, κάθε μια από τις οποίες στη συνέχεια αποτέλεσε ένα ξεχωριστό επίπεδο της μεταβλητής πραγματοποιήθηκε αρχικά με την ανάλυση ομαδοποίησης. Σε επόμενα στάδια της εργασίας, οι ομάδες αυτές επανακαθορίστηκαν με βάση τη λογική και τα αποτελέσματα μέχρι να προκύψει η τελική μορφή κάθε μεταβλητής. Η ανάλυση ομαδοποίησης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρεις τρόπους, την ανάλυση ομαδοποίησης δύο βημάτων (two step cluster analysis), την ανάλυση ομαδοποίησης κ-μέσων (k-means cluster analysis) και την ιεραρχική μέθοδο (hierarchical cluster analysis). Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν εκείνη της ιεραρχικής ανάλυσης ομαδοποίησης καθώς αυτή κατατάσσει τα δεδομένα είτε σε αντικείμενα είτε σε μεταβλητές, ενώ η μέθοδος κ-μέσων κατατάσσει τα στοιχεία μόνο σε αντικείμενα.

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Συλλογή των στοιχείων

Η διερεύνηση του επιπέδου οδικής ασφάλειας του οδικού δικτύου αποτελεί σύνθετο θέμα το οποίο μπορεί να διερευνηθεί με πληθώρα μεθοδολογιών και να παράγει ένα ευρύ φάσμα αποτελεσμάτων. Τα στοιχεία που είναι απαραίτητο να συλλεχθούν εξαρτώνται από την ακολουθούμενη μεθοδολογία αλλά και από τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα. Ο ακριβής καθορισμός της μεθοδολογίας αλλά και του επιδιωκόμενου στόχου στην παρούσα εργασία έγινε κατά την πορεία των προκαταρκτικών στατιστικών αναλύσεων και συνεπώς τα στοιχεία που τελικά χρησιμοποιήθηκαν καθορίστηκαν κατά το στάδιο αυτό. Η συλλογή των στοιχείων αφορούσε στην επικοινωνία και την επαφή με πολλούς φορείς που εμπλέκονται με τη λειτουργία των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων καθώς και τη συλλογή και επεξεργασία στοιχείων που ήταν διαθέσιμα από τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

Η διαδικασία αρκετών από τις προκαταρκτικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκε με πλασματικά στοιχεία ενώ σκοπός της ήταν η εκμάθηση στατιστικών θεωριών και μεθοδολογιών καθώς και η λειτουργία των στατιστικών πακέτων ηλεκτρονικού υπολογιστή. Αρχικά πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις με τη χρήση της γραμμικής παλινδρόμησης για τις οποίες κατασκευάσθηκαν και οι κατάλληλες μεταβλητές που αποτελούσαν το πρότυπο. Οι μεταβλητές αυτές είχαν συγκεκριμένη μορφή (τύπος μεταβλητής, χαρακτηριστικά) η οποία απαιτούσε τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων κατά ένα τρόπο που να διευκολύνει την δημιουργία τους. Η πορεία των αναλύσεων, η αναγνώριση της αδυναμίας της γραμμικής παλινδρόμησης να εκφράσει την επικινδυνότητα και η απόφαση να χρησιμοποιηθεί τελικά η παλινδρόμηση Poisson βοήθησαν **στην διατύπωση της μορφής** με την οποία οι μεταβλητές θα εισαγόταν στο μαθηματικό πρότυπο και υπέδειξαν τα στοιχεία τα οποία ήταν απαραίτητο να αναζητηθούν και τη μορφή με την οποία ήταν επιθυμητό να ανακτηθούν. Ακόμη και μετά την τελική επιλογή μεθοδολογίας και πριν την τελική στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε μεγάλος αριθμός δοκιμών με πλασματικά στοιχεία έτσι ώστε να καταλήξει η έρευνα σε αυτά τα οποία μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και εκείνα που πιθανώς θα παρήγαγαν ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

Τα στοιχεία που αναζητήθηκαν μπορούν να διαχωριστούν σε **δύο ευρύτερες κατηγορίες** ανάλογα με την προέλευση τους, τα στοιχεία από τις υπηρεσίες

λειτουργίας και συντήρησης των εξεταζόμενων αυτοκινητοδρόμων και τα στοιχεία από τη βάση δεδομένων οδικών ατυχημάτων του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου. Η διαδικασία ανάκτησης των στοιχείων της πρώτης κατηγορίας απαιτούσε συντονισμένη προσπάθεια και επικοινωνία με πολλά πρόσωπα, καθώς και αρκετά μεγάλο (σε σχέση με τη διάρκεια εκπόνησης της Εργασίας) χρονικό διάστημα, ενώ τα στοιχεία της δεύτερης κατηγορίας ήταν πιο άμεσα διαθέσιμα καθώς βρισκόταν στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής και συνεπώς η πρόσβαση σε αυτά ήταν πιο άμεση. Το παρόν υποκεφάλαιο χωρίζεται σε δύο ενότητες κάθε μια από τις οποίες ασχολείται με μια από τις παραπάνω κατηγορίες στοιχείων, αναλύοντας τη διαδικασία συλλογής τους.

Η διερεύνηση της επικινδυνότητας οδικών τμημάτων αυτοκινητοδρόμων απαιτεί την έκφραση του φαινομένου πρόκλησης των οδικών ατυχημάτων μέσα από μια σειρά παραγόντων ενώ το μαθηματικό πρότυπο είναι πιο επιτυχημένο όσο οι παράγοντες που επιλέγονται επηρεάζουν περισσότερο την εμφάνιση του φαινομένου αυτού. Οι παράγοντες επιλέχθηκαν αρχικά με εμπειρικά κριτήρια ενώ η πορεία των προκαταρκτικών στατιστικών αναλύσεων έδειξε ποιοι από αυτούς ήταν πραγματικά σημαντικοί και ήταν σκόπιμο να συμπεριληφθούν στο πρότυπο. Τα στοιχεία που αναζητήθηκαν αφορούσαν σε όσο το δυνατό ευρύτερο φάσμα πληροφοριών που κρίθηκε ότι θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες στην πορεία των αναλύσεων.

Για τους σκοπούς της Εργασίας αποφασίστηκε να εξεταστούν **τμήματα αυτοκινητοδρόμων μεγάλης σημασίας** τα οποία είτε ήταν, είτε εξελίχθηκαν τα τελευταία χρόνια σε βασικούς άξονες για τη μεταφορά αγαθών και προσώπων στην Ελλάδα. Τα τμήματα αυτά επικεντρώνουν και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον όσον αφορά την εξέλιξη του φαινομένου των οδικών ατυχημάτων του Ελληνικού υπεραστικού οδικού δικτύου καθώς η μεταβολή τους στο χρόνο παρακολουθείται στενά και μπορεί να προσφέρει συμπεράσματα ως προς τα αποτελέσματα των μέτρων που λαμβάνονται για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας. Οι εξεταζόμενοι αυτοκινητόδρομοι αφορούν σε επιλεγμένα τμήματα από τους τρεις βασικότερους οδικούς άξονες της Ελλάδας, **τον αυτοκινητόδρομο Πάτρα – Αθήνα – Θεσσαλονίκη – Εύζωνοι (Π.Α.Θ.Ε.), την Αττική Οδό και την Εγνατία Οδό**. Συγκεκριμένα εξετάζεται όλο το μήκος της Αττικής Οδού (χωρίς το τμήμα της Δυτικής Περιφερειακής Λεωφόρου Υμμητού) η οποία αποτελεί κλειστό αυτοκινητόδρομο στο σύνολο της, τα τμήματα διατομής αυτοκινητοδρόμου της Εγνατίας Οδού από το 167° έως το 680° χιλιόμετρο και τα τμήματα διατομής αυτοκινητοδρόμου του Π.Α.Θ.Ε. από την Κόρινθο έως την Υλίκη το οποίο αποτελεί και το σημαντικότερο τμήμα του.

4.1.1 Εξωτερικοί φορείς συλλογής στοιχείων

Οι φορείς λειτουργίας των εξεταζόμενων αυτοκινητοδρόμων αποτέλεσαν βασική πηγή στοιχείων που σχετίζονται με την επικινδυνότητα της οδού. Τα στοιχεία που θα περιγραφούν συλλέγονται συστηματικά από τους φορείς αυτούς και χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση της εξέλιξης πολλών παραμέτρων όπως της κυκλοφορίας, της οδικής ασφάλειας, του μεταφορικού έργου που εξυπηρετεί η οδός και άλλων σημαντικών για τη λειτουργία και το μελλοντικό σχεδιασμό του δικτύου.

Η διαδικασία για τη συλλογή των στοιχείων είναι μια από τις πιο χρονοβόρες διαδικασίες σε μια έρευνα όπως η παρούσα και απαιτεί επικοινωνία και συντονισμό με πολλά διαφορετικά πρόσωπα που εμπλέκονται με τα στοιχεία αυτά. Αρχικά είναι απαραίτητη η επαφή με την εκάστοτε υπηρεσία που είναι πιθανό να κατέχει τα απαραίτητα δεδομένα και η επεξήγηση του σκοπού της εργασίας που εκπονείται έτσι ώστε να καταδειχθεί η σπουδαιότητα του επιδιωκόμενου αποτελέσματος. Στη συνέχεια είναι απαραίτητη η σύνταξη αναλυτικών επιστολών στις οποίες θα πρέπει να αναφέρεται αναλυτικά και ευδιάκριτα η σειρά των στοιχείων που αναζητείται και να αποσταλούν στις υπηρεσίες αυτές σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την πρώτη επικοινωνία μαζί τους. Εξίσου απαραίτητη στην παρούσα εργασία κρίθηκε και η συνεχής επαφή με τους παράγοντες οι οποίοι θα παράσχουν τα απαιτούμενα στοιχεία έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ποιότητα και πληρότητα τους καθώς και η παροχή συνεχώς συμπληρωματικών πληροφοριών και υποδείξεων που αφορούν στα δεδομένα που έχουν ληφθεί.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη συγκριτική διερεύνηση των παραμέτρων επικινδυνότητας **οδικών τμημάτων διατομής αυτοκινητόδρομου**, συνεπώς ήταν απαραίτητο να αναγνωρισθούν τα τμήματα των εξεταζόμενων οδών που χαρακτηρίζονται από τις αντίστοιχες υπηρεσίες ως αυτοκινητόδρομοι. Η πληροφορία αυτή αναζητήθηκε για το εξεταζόμενο τμήμα του Π.Α.Θ.Ε. και της Εγνατίας Οδού καθώς ήταν ήδη γνωστή για την Αττική Οδό (η οποία αποτελεί κλειστό αυτοκινητόδρομο στο σύνολο του μήκους της). Η γνώση των ακριβών τμημάτων διατομής αυτοκινητοδρόμου είναι σημαντικότατη καθώς αποτυχία αναγνώρισης των τμημάτων που πρέπει να εξεταστούν καθιστά αδύνατη την πραγματοποίηση της έρευνας.

Για τον Π.Α.Θ.Ε. πηγή της πληροφορίας αυτής αποτέλεσε το αρχείο των εργολαβιών ανακατασκευής και αναβάθμισης του άξονα, από τις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας και έπειτα. Το αρχείο αυτό περιλαμβάνει όλες τις

εργολαβίες κατασκευής αυτοκινητόδρομου ή αναβάθμισης των υφιστάμενων τμημάτων από την Κόρινθο μέχρι την Υλίκη, το φορέα κατασκευής τους, τις χιλιομετρικές θέσεις τις οποίες αφορά και την ημερομηνία ολοκλήρωσης τους και παράδοσης του εκάστοτε τμήματος στην κυκλοφορία. Έτσι έγινε δυνατή η αναγνώριση των τμημάτων που θα εξεταστούν με τις χιλιομετρικές τους θέσεις, και την περίοδο από την οποία και έπειτα έπρεπε να εξεταστεί το καθένα.

Η ίδια πληροφορία αναζητήθηκε και **για την Εγνατία Οδό** της οποίας όμως το εξεταζόμενο μήκος είναι πολύ μεγαλύτερο και τα τμήματα κατασκευάζονται με πιο αποσπασματική μορφή, συνεπώς ο διαχωρισμός των τμημάτων διατομής αυτοκινητοδρόμου με τη χρήση συγκεκριμένων χιλιομετρικών θέσεων και για συγκεκριμένη περίοδο (καθώς οι ημερομηνίες παράδοσης των τμημάτων στην κυκλοφορία διαφέρουν) ήταν πολύ πιο δύσκολος. Η πληροφορία ανακτήθηκε υπό τη μορφή πίνακα δύο διαστάσεων ο οποίος διακρίνει το σύνολο της Εγνατίας Οδού σε επιμέρους τμήματα με το μήκος του καθενός σε χιλιόμετρα ενώ στη δεύτερη διάσταση δίνει το έτος ολοκλήρωσης κάποιου τμήματος. Τα κελιά του πίνακα αυτού συμπληρώνονται με αριθμούς οι οποίοι απεικονίζουν τον αριθμό των χιλιομέτρων που κατασκευάσθηκαν για κάθε διακεκριμένο τμήμα της Εγνατίας Οδού και για το έτος στο οποίο ολοκληρώθηκε η κατασκευή αυτή. Από τον πίνακα αυτό γίνεται δυνατή η διάκριση των τμημάτων αυτοκινητοδρόμου για κάθε έτος και συνεπώς των τμημάτων για τα οποία θα πρέπει να συγκεντρωθούν και όλες οι υπόλοιπες πληροφορίες για την ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου.

Οι κυκλοφοριακοί φόρτοι που παρατηρούνται σε κάθε οδικό τμήμα είναι, όπως έχει υποστηριχθεί από πολλές έρευνες, άμεσα συσχετισμένοι με τον αριθμό των οδικών ατυχημάτων που προκύπτουν σε αυτό και συνεπώς με τον αριθμό των παθόντων προσώπων που αποτελεί το αντικείμενο εξέτασης στη συγκεκριμένη Εργασία. Κατά την προσπάθεια συλλογής των στοιχείων η πληροφορία αυτή αναζητήθηκε με βάση στοιχεία μετρήσεων που πραγματοποιούνται από εγκατεστημένους σταθμούς ή μέσω του αριθμού των αποδείξεων των σταθμών διοδίων για τα τμήματα του Π.Α.Θ.Ε. Η συλλογή των εν λόγω στοιχείων ήταν επιτυχής μόνο για τον αυτοκινητόδρομο της Αττικής Οδού ενώ αποσπασματική ήταν η συλλογή στοιχείων για την Εγνατία Οδό. Για το εξεταζόμενο τμήμα του Π.Α.Θ.Ε. δεν έγινε δυνατή η συλλογή των δεδομένων αυτών καθώς δεν ήταν δυνατή η επικοινωνία με τους αρμόδιους φορείς στο ήδη αρκετά περιορισμένο χρονικό διάστημα εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας. Η χρησιμοποίηση του μεγέθους της κυκλοφορίας ως ανεξάρτητη μεταβλητή έγινε μετασχηματίζοντας τον κυκλοφοριακό φόρτο σε αριθμό οχηματοχιλιομέτρων ανά τύπο οχήματος και έτος χρησιμοποιώντας

επιπρόσθετες πληροφορίες για τη μέση διανυόμενη απόσταση των οχημάτων σε κάθε ένα από τα οδικά τμήματα και για κάθε έτος λειτουργίας.

Ο μέσος ημερήσιος αριθμός εισόδων οχημάτων στο σύνολο των προσβάσεων της, ήταν η παράμετρος που συλλέχθηκε από τα αρχεία της Αττικής Οδού. Ο αριθμός των εισόδων οχημάτων ανά ημέρα ομαδοποιήθηκε ανά έτος και αφορούσε το σύνολο των οχημάτων. Επίσης συλλέχθηκαν στοιχεία που αφορούσαν το ποσοστό συμμετοχής στην κυκλοφορία του κάθε τύπου οχήματος και η μεταβολή των ποσοστών αυτών στα χρόνια λειτουργίας της Αττικής Οδού (διαχωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες: επιβατικά, βαρέα, δίκυκλα) επίσης ανά έτος. Τέλος, για να γίνει δυνατός ο υπολογισμός των οχηματοχιλιομέτρων ήταν απαραίτητη η γνώση της απόστασης που διανύει κάθε όχημα που εισέρχεται σε αυτή, καθώς όμως η πληροφορία αυτή είναι αδύνατο να συλλεχθεί για κάθε όχημα χωριστά, χρησιμοποιήθηκε η μέση διανυόμενη απόσταση που παρατηρήθηκε ανά έτος για κάθε ένα από τους τύπους οχημάτων. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν αφορούσαν τα έτη 2001 έως 2003 καθώς η έναρξη λειτουργίας του συγκεκριμένου αυτοκινητοδρόμου ξεκίνησε το Απρίλιο του 2001.

Η αντίστοιχη διαδικασία για την ανάκτηση των οχηματοχιλιομέτρων των τμημάτων αυτοκινητοδρόμου **της Εγνατίας Οδού** ήταν περισσότερο περίπλοκη. Τα στοιχεία σε γενική μορφή δεν ήταν διαθέσιμα όπως στην περίπτωση της Αττικής Οδού ενώ παρουσιάστηκαν ελλείψεις και χρειάστηκε να γίνει σειρά από αναγωγές και παραδοχές. Τα στοιχεία που ανακτήθηκαν προέρχονται από επτά εγκατεστημένους σταθμούς μέτρησης κυκλοφοριακών φόρτων στο μήκος ολόκληρης της Εγνατίας Οδού. Οι σταθμοί αυτοί μετρούν διελεύσεις οχημάτων τα οποία θεωρήθηκε ότι διανύουν συγκεκριμένη απόσταση. Η απόσταση αυτή υπολογίζεται ως ποσοστό το μήκους του κάθε τμήματος στο οποίο θεωρείται ότι ο φόρτος που μετράται από τον αντίστοιχο σταθμό παραμένει σχεδόν αμετάβλητος. Τα τμήματα αυτά χωρίστηκαν με βάση λογικά κριτήρια χρησιμοποιώντας χαρακτηριστικούς κόμβους στους οποίους θεωρείται ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος μεταβάλλεται σημαντικά.

Το κυριότερο πρόβλημα το οποίο παρουσιάστηκε από τη συλλογή των στοιχείων της Εγνατίας Οδού **ήταν η αποσπασματικότητα των στοιχείων**. Το φαινόμενο αυτό αρχικά παρουσιάστηκε στην έλλειψη μετρήσεων κυκλοφοριακών φόρτων για τα πρώτα 167 χιλιόμετρα της Οδού (τμήμα από Ηγουμενίτσα έως Γρεβενά). Το συνολικό μήκος των ολοκληρωμένων τμημάτων διατομής αυτοκινητοδρόμου για τα πρώτα 167 χιλιόμετρα είναι μέχρι σήμερα πολύ μικρό, πράγμα που καθιστά την κατανομή των φόρτων πολύ ανομοιογενή και τη μέτρηση τους χωρίς ιδιαίτερο νόημα. Η έλλειψη φόρτων αλλά και ο πολύ μικρός και τμηματικός αριθμός χιλιομέτρων

αυτοκινητοδρόμου οδήγησαν στην απόφαση να εξαιρεθούν τα πρώτα 167 χιλιομέτρα από την παρούσα έρευνα καθώς δεν θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων που αφορούν την επικινδυνότητα.

Τα στοιχεία που ανακτήθηκαν για τους κυκλοφοριακούς φόρτους για τα υπόλοιπα τμήματα της Εγνατίας **αναφερόταν στο έτος 2004**. Η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται στη διερεύνηση των παραμέτρων για τα έτη 2001 έως 2003 για λόγους ομοιογένειας των στοιχείων μεταξύ των διαφόρων αυτοκινητοδρόμων έτσι ώστε να είναι δυνατή η διεξαγωγή συγκρίσεων μεταξύ των μαθηματικών προτύπων. Έτσι η αναγωγή των στοιχείων των κυκλοφοριακών φόρτων στα προηγούμενα έτη ήταν απαραίτητη. Για την αναγωγή αυτή ήταν απαραίτητη η γνώση των τάσεων εξέλιξης των κυκλοφοριακών φόρτων σε κάθε τμήμα της Εγνατίας Οδού. Η τάση αυτή δεν ήταν διαθέσιμη για τα στοιχεία που ελήφθησαν και συνεπώς χρησιμοποιήθηκε ένας έμμεσος τρόπος για τον υπολογισμό της. Στοιχεία για την πρόβλεψη των κυκλοφοριακών φόρτων στα διάφορα τμήματα της Εγνατίας Οδού που ανακτήθηκαν για το έτος 2010 σε συνδυασμό με τα διαθέσιμα για το 2004 έκαναν δυνατό τον υπολογισμό του επιθυμητού ποσοστού εξέλιξης ανά έτος το οποίο θεωρήθηκε ότι παραμένει αμετάβλητο μέσα στο χρονικό ορίζοντα των λίγων ετών που εξετάζονται. Με τη χρήση του υπολογισμένου αυτού ποσοστού και τις μετρήσεις του 2004 έγινε δυνατή η ανάκτηση των στοιχείων κυκλοφοριακών φόρτων για τα έτη 2001-2003. Με τη μεθοδολογία που παρουσιάζεται και στη δεύτερη ενότητα του κεφαλαίου έγινε έπειτα ο υπολογισμός των οχηματοχιλιομέτρων ανά τύπο οχήματος ανά έτος και ανά οδικό τμήμα, για το σύνολο των εξεταζόμενων τμημάτων της Εγνατίας Οδού.

Το βασικότερο στοιχείο που αναζητήθηκε είναι οι **παρατηρήσεις που αφορούν στα οδικά ατυχήματα και τον αριθμό των συμμετεχόντων** σε αυτά. Τα στοιχεία αυτά, ομαδοποιημένα ανά μια σειρά χαρακτηριστικών τους, υπάρχουν συγκεντρωμένα στη βάση δεδομένων του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής το Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, για την οποία γίνεται λόγος στη συνέχεια, παρόλα αυτά η αναζήτηση τους από μια δεύτερη πηγή ήταν επιθυμητή καθώς τα στοιχεία αυτά θα συγκροτήσουν την κυριότερη μεταβλητή του μαθηματικού προτύπου που θα παραχθεί, επομένως η ακρίβεια και η συνέπεια τους είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Τα στοιχεία αναζητήθηκαν **υπό τη μορφή αναλυτικών πινάκων** τα οποία θα παρουσίαζαν τον αριθμό των περιπτώσεων εμφάνισης (είτε αυτός αφορά στα οδικά ατυχήματα είτε τον αριθμό συμμετεχόντων προσώπων) του φαινομένου, ομαδοποιημένο ανά ένα πλήθος μεταβλητών οι οποίες

επιλέχθηκαν μετά την προκαταρκτική στατιστική ανάλυση ως αυτές που φαίνεται να το επηρεάζουν περισσότερο και μέσα από τις οποίες θα προκύψουν αυτές που τελικά θα συμπεριληφθούν στο πρότυπο. Τα στοιχεία αυτά δεν ήταν δυνατό να συλλεχθούν από αυτές τις πηγές καθώς η συστηματική καταγραφή τους με τρόπο ώστε να είναι δυνατή η ανάλυση τους ομαδοποιημένα δηλαδή ανά μία σειρά μεταβλητών, δεν πραγματοποιείται καθόλου η πραγματοποιείται με πολύ απλούστερο τρόπο. Η συστηματική καταγραφή των οδικών ατυχημάτων γίνεται μόνο από τη Τροχαία ενώ η ανάκτηση των στοιχείων με συστηματικό και οργανωμένο τρόπο περιλαμβάνει μια μεγάλη διαδικασία με την οποία απασχολείται η επόμενη ενότητα.

4.1.2 Στοιχεία ατυχημάτων και συμμετεχόντων προσώπων – Σύστημα Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων (Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.)

Ο βασικός στόχος της Διπλωματικής Εργασίας είναι να διερευνήσει την επικινδυνότητα των Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων εκφράζοντας την με τον **αριθμό των προσώπων που συμμετείχαν** σε ατύχημα στο εξεταζόμενο οδικό τμήμα κατά την τριετία 2001-2003. Η συλλογή στοιχείων που αφορούν στους συμμετέχοντες σε ατύχημα αποτελεί τη σπουδαιότερη πληροφορία, ενώ όσο πιο ευέλικτη και επεξεργάσιμη είναι αυτή, δίδεται η δυνατότητα για βαθύτερη και αποτελεσματικότερη έρευνα. Ο Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής (τομέας ΜΣΥ) του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) συλλέγει και οργανώνει τα στοιχεία αυτά σε αναλυτικές βάσεις δεδομένων με τρόπο ώστε να είναι εύκολη και γρήγορη η πρόσβαση και ανάκτηση στοιχείων για ερευνητικούς σκοπούς, μέσα από το Σύστημα Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων.

Το Σύστημα Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων (ΣΑΝΤΡΑ) αποτελεί μια εφαρμογή ηλεκτρονικού υπολογιστή η οποία βασίζεται στο περιβάλλον του προγράμματος Microsoft Access. Το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιείται για τη συλλογή και οργάνωση εκτεταμένων βάσεων δεδομένων στις οποίες η πρόσβαση για την ανάκτηση στοιχείων γίνεται με τη διαμόρφωση «ερωτημάτων» με κατάλληλη μορφή προς το πρόγραμμα, το οποίο στη συνέχεια εξετάζει τη βάση δεδομένων και ανακτά τα στοιχεία που ικανοποιούν τις συνθήκες του εκάστοτε ερωτήματος. Σκοπός του προγράμματος ΣΑΝΤΡΑ είναι η διευκόλυνση και επιτάχυνση της διαδικασίας αυτής μέσα από ένα περιβάλλον φιλικό προς το χρήστη και ευκολότερο στη χρήση από αυτό του προγράμματος Access.

Τα δεδομένα που αποτελούν τη βάση δεδομένων του προγράμματος Access που χρησιμοποιεί το ΣΑΝΤΡΑ προέρχονται από τις αντίστοιχες βάσεις δεδομένων της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΣΥΕ). Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η αναβάθμιση του προγράμματος με νέα δεδομένα κάθε φορά που λαμβάνονται τα στοιχεία ενός νέου έτους. Η ανάπτυξη του λογισμικού αυτού θέτει ένα χρήσιμο εργαλείο στη διάθεση του ερευνητή που ασχολείται με την οδική ασφάλεια καθώς σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα μπορεί να αποκτήσει αναλυτικές πληροφορίες που αφορούν στα οδικά ατυχήματα και μια μεγάλη σειρά χαρακτηριστικών που συνδέονται με αυτά. Παρόλα αυτά η χρήση του προγράμματος ΣΑΝΤΡΑ και γενικότερα της βάσης δεδομένων οδικών ατυχημάτων απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή καθώς αποτελεί ένα ιδιαίτερα απόρρητο αρχείο το οποίο θα πρέπει να χρησιμοποιείται αποκλειστικά για ερευνητικούς σκοπούς οι οποίοι θα έχουν ως στόχο τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας. Η χρήση του προγράμματος για την πραγματοποίηση δημοσιεύσεων στατιστικών στοιχείων που περιέχονται σε αυτή αλλά ακόμη και η άκριτη δημοσίευση των αποτελεσμάτων των ερευνών που πραγματοποιούνται μπορεί είναι επισφαλής καθώς η ερμηνεία των στοιχείων και των αποτελεσμάτων των ερευνών πρέπει να γίνεται από ειδικούς επιστήμονες αφού η ευκολία της εξαγωγής των αποτελεσμάτων με τη χρήση του ΣΑΝΤΡΑ δεν συνεπάγεται και ευκολία στην εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά την Οδική Ασφάλεια.

Τα στοιχεία της ΕΣΥΕ συλλέγονται από τα **Δελτία Οδικού Τροχαίου Ατυχήματος (ΔΟΤΑ)** τα οποία συμπληρώνει η Τροχαία μετά από κάθε οδικό ατύχημα με τραυματισμό ή ανθρώπινη απώλεια. Τα στοιχεία αυτά στη συνέχεια ομαδοποιούνται και συνθέτουν μια αναλυτική βάση δεδομένων η οποία χρησιμοποιείται από το λογισμικό ΣΑΝΤΡΑ. Το Δελτίο Οδικού Τροχαίου Ατυχήματος αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται στην Ελλάδα από το 1963, ενώ η μορφή που έχει σήμερα καθορίστηκε με τη συμβολή του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, και χρησιμοποιείται από το 1996 και έπειτα. Στο δελτίο αυτό συμπληρώνονται όλα τα χαρακτηριστικά του ατυχήματος τα οποία αφορούν στις υλικές ζημιές και στα παθόντα πρόσωπα όπως και στους παράγοντες οι οποίοι πιστεύεται ότι συνετέλεσαν στην εμφάνιση του οδικού ατυχήματος, όπως για παράδειγμα οι κρίσιμοι ελιγμοί, η κατάσταση του οδοστρώματος, οι ατμοσφαιρικές συνθήκες κ.α.

Αναλυτικά, τα στοιχεία τα οποία καταγράφονται στα Δελτία Οδικού Τροχαίου Ατυχήματος και τα οποία χρησιμοποιούνται για την δημιουργία της βάσης δεδομένων της ΕΣΥΕ την οποία στη συνέχεια χρησιμοποιεί το λογισμικό ΣΑΝΤΡΑ, περιγράφονται παρακάτω.

- Τόπος Ατυχήματος
- Είδος Οδού
- Χρόνος ατυχήματος
- Παθόντα πρόσωπα
- Αριθμός εμπλεκομένων οχημάτων
- Ατμοσφαιρικές συνθήκες
- Συνθήκες οδοστρώματος
- Κατάσταση οδοστρώματος
- Συνθήκες φωτισμού
- 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 διπλώματος, έτος απόκτησης
- Εξοπλισμός ασφαλείας οχήματος
- Αποτελέσματα αλκοτέστ
- Στοιχεία οδηγού και παθόντων προσώπων

Τα στοιχεία αυτά αποτελούν **τα πρωτογενή δεδομένα** τα οποία λαμβάνονται από την ΕΣΥΕ και αφού κωδικοποιηθούν, πραγματοποιείται η σύνθεση τους σε μια ενιαία βάση δεδομένων. Η βασική κατηγοριοποίηση η οποία πραγματοποιείται και την οποία ακολουθεί και το ΣΑΝΤΡΑ για να κατευθύνει αρχικώς το χρήστη σε μια συγκεκριμένη ομάδα πιθανών αποτελεσμάτων του ερωτήματος που θα θέσει διαχωρίζει τα στοιχεία αυτά σε τρεις κατηγορίες. Τα στοιχεία που αφορούν τα ατυχήματα, τα στοιχεία που αφορούν τα οχήματα και τα στοιχεία που αφορούν τα πρόσωπα του ατυχήματος. Οι κατηγορίες αυτές περιέχουν οποιαδήποτε στοιχεία μπορεί να περιγράφουν το συμβάν ενώ για κάθε μια από αυτές χρησιμοποιείται μεγάλη σειρά μεταβλητών με βάση την οποία είναι δυνατό να γίνει η ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων.

Η ανάπτυξη του ΣΑΝΤΡΑ στοχεύει στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος μέσα από το οποίο η διατύπωση ενός ερωτήματος **θα γίνεται με εύκολο αλλά και αναλυτικό τρόπο**. Το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα είναι η ανάκτηση των στοιχείων σε απλή η πολύπλοκη μορφή πινάκων οι οποίοι να είναι εύκολα επεξεργάσιμοι και συμβατοί με άλλα προγράμματα ηλεκτρονικού υπολογιστή τα οποία χρησιμοποιούνται για στατιστικές αναλύσεις. Το περιβάλλον του ΣΑΝΤΡΑ αποτελείται από διαδοχικές οθόνες εκτέλεσης οι οποίες κατευθύνουν

το χρήστη από τη γενική δομή της βάσης δεδομένων στην αναζήτηση ειδικών αποτελεσμάτων προσφέροντας επιλογές που αφορούν το ερώτημα που θέλει να θέσει. Κατά την εκτέλεση του προγράμματος ο χρήστης καλείται να εισάγει το όνομα και τον κωδικό χρήστη καθώς η βάση δεδομένων αποτελεί ένα απόρρητο αρχείο το οποίο απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στη χρήση του. Στη συνέχεια ο χρήστης καλείται να επιλέξει μεταξύ της διατύπωσης ενός νέου ερωτήματος, της επισκόπησης κάποιας προεπιλεγμένης στατιστικής ή της ανασκόπησης των ήδη διατυπωθέντων ερωτημάτων. Η επιλογή αυτή είναι ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία του προγράμματος καθώς ο χρήστης μπορεί με γρήγορο τρόπο και χωρίς να επαναδιατυπώνει κάθε φορά το ερώτημα να ανατρέχει στα αποτελέσματα που έχει αποθηκεύσει.

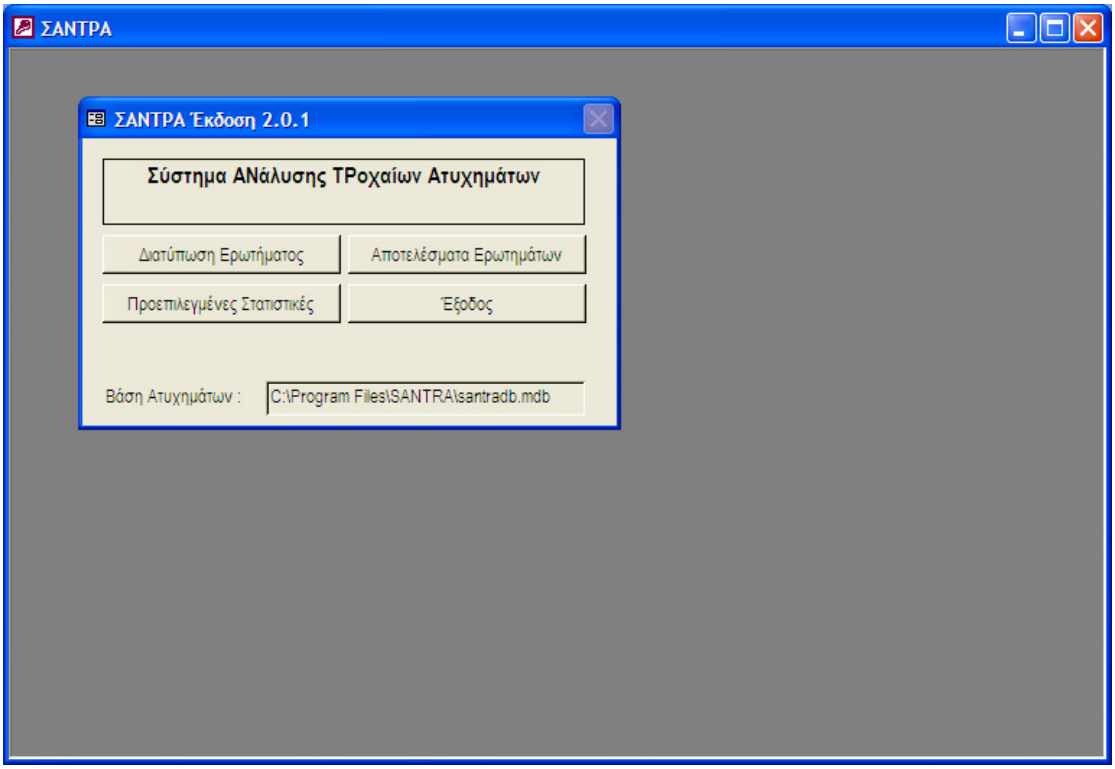
Η επιλογή της διατύπωσης ενός νέου ερωτήματος μεταφέρει το χρήστη στο επόμενο στάδιο όπου **αρχίζει να θέτει τα κριτήρια** με βάση τα οποία θα ανακτήσει τα στοιχεία που θέλει από τη βάση δεδομένων. Η βασική επιλογή η οποία αναφέρθηκε και προηγουμένως αφορά στο διαχωρισμό της βάσης δεδομένων μεταξύ των στοιχείων που αφορούν στα ατυχήματα, στα οχήματα και στα πρόσωπα του ατυχήματος. Η επιλογή αυτή εξαρτάται από το αντικείμενο το οποίο θέλει να διερευνήσει ο μελετητής. Στην παρούσα εργασία το αντικείμενο είναι η συγκριτική διερεύνηση παραμέτρων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα η οποία εκφράζεται με τον αριθμό των συμμετεχόντων προσώπων σε ατυχήματα, επομένως η επιλογή αφορούσε στην αναζήτηση προσώπων.

Προτού ο χρήστης περάσει στο επόμενο στάδιο διατύπωσης του ερωτήματος καλείται να επιλέξει μεταξύ της **έκδοσης της βάσης δεδομένων** την οποία επιθυμεί να χρησιμοποιήσει. Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται με βάση δύο περιόδους. Η πρώτη περίοδος αναφέρεται στη δεκαετία 1985 έως 1995 για την οποία τα στοιχεία είναι διαθέσιμα μόνο για την Εθνική Οδό Πάτρας – Αθήνας – Θεσσαλονίκης – Ευζώνων, και διαχωρίζονται για τα τμήματα από την Πάτρα έως την Αθήνα και από την Αθήνα έως τους Ευζώνους. Η περίοδος αυτή δεν περιέχει τα στοιχεία σε τόσο αναλυτική μορφή όσο σήμερα καθώς προέρχονται από την παλαιά μορφή των ΔΟΤΑ. Η περίοδος από το 1996 έως το 2003 (μέχρι το οποίο έχουν ανακτηθεί τα στοιχεία μέχρι την παρούσα χρονική στιγμή) περιέχει αναλυτικότερα στοιχεία για ένα πολύ ευρύτερο σύνολο οδών που περιλαμβάνει όλους τους βασικούς οδικούς άξονες της χώρας και πολλούς δευτερεύοντες. Δίδεται η δυνατότητα για περαιτέρω διαχωρισμό ανάμεσα σε δημοτικές, επαρχιακές, και εθνικές οδούς ενώ η καταγραφή των στοιχείων και η πιθανή ομαδοποίηση είναι πολύ αναλυτικότερη.

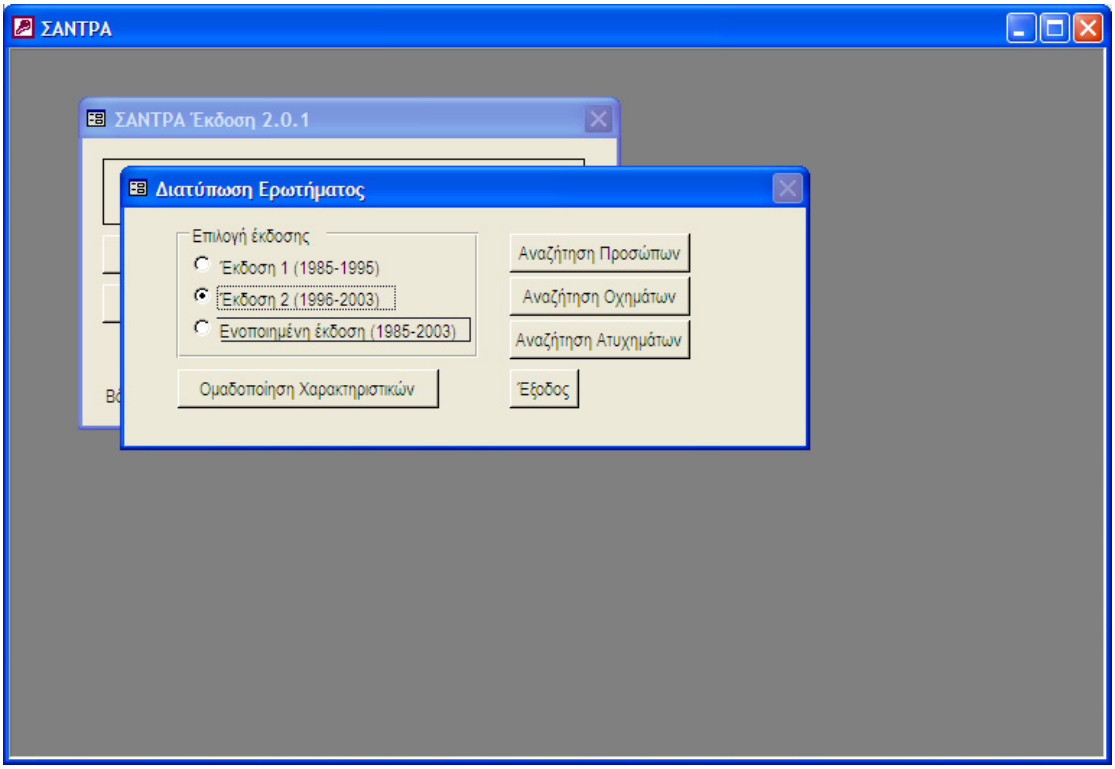
Αφού ο χρήστης επιλέξει την έκδοση που θέλει να χρησιμοποιήσει προχωρά στον αναλυτικό καθορισμό των χαρακτηριστικών των στοιχείων που επιθυμεί να ανακτήσει. Ακολουθεί πλήθος επιλογών το οποίο αναφέρεται σε δύο βασικές παραμέτρους. Την περιγραφή των χαρακτηριστικών του συμβάντος που θέλει να ερευνήσει (για παράδειγμα εάν αναζητά πρόσωπα θα πρέπει να καθορίσει τα χαρακτηριστικά των προσώπων και τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων) η οποία μπορεί να είναι όσο γενική ή ειδική επιθυμεί, και την ομαδοποίηση των χαρακτηριστικών ανά μια σειρά επεξηγηματικών μεταβλητών οι οποίες προφανώς θα χρησιμοποιηθούν ως παράγοντες (ανεξάρτητες μεταβλητές) των οποίων η επιρροή θα αξιολογηθεί με την ανάπτυξη των μαθηματικών προτύπων. Η επιλογή των χαρακτηριστικών περιγραφής του ατυχήματος και των προσώπων ή των οχημάτων δίνει τη δυνατότητα **πολλαπλών επιλογών** έτσι ώστε να είναι δυνατή η ανάκτηση στοιχείων που αφορούν πολύ συγκεκριμένες περιπτώσεις. Ο βαθμός χρησιμοποίησης των επιλογών αυτών δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει το βάθος στο οποίο επιθυμεί να είναι συγκεκριμένα τα στοιχεία του και συνεπώς τα αποτελέσματα που αυτά θα παράγουν. Η ομαδοποίηση των περιπτώσεων μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας μια μεγάλη σειρά μεταβλητών. Για τη διευκόλυνση του χρήστη κατά την αναζήτηση της επιθυμητής μεταβλητής αυτές διαχωρίζονται ανά κατηγορίες που αφορούν το ατύχημα, τα οχήματα που είχαν οποιαδήποτε σχέση με το ατύχημα, και τα πρόσωπα που εμπλέκονται άμεσα ή έμμεσα σε αυτό. Κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες περιέχει οποιαδήποτε μεταβλητή τις αφορά και μπορεί να διαδραματίζει κάποιο ρόλο στην εμφάνιση των οδικών ατυχημάτων.

Μετά την ολοκλήρωση της διατύπωσης ενός ερωτήματος είναι δυνατή η προεπισκόπηση αυτού για να διαπιστωθεί εάν οι παράμετροι που τέθηκαν ικανοποιούν όλες τις απαιτήσεις της έρευνας που πραγματοποιείται. Την τελική διαπίστωση αυτή ακολουθεί **η εκτέλεση του προγράμματος** της οποίας η διάρκεια εξαρτάται και από την υπολογιστική δυνατότητα του συστήματος, συνήθως όμως δεν διαρκεί περισσότερο από μισό λεπτό. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής είναι δυνατή η προεπισκόπηση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα δίδονται σε μορφή πίνακα ο οποίος σε συγκεκριμένες περιπτώσεις (όταν η ομαδοποίηση γίνεται με λίγες μεταβλητές) μπορεί να είναι μίας ή δύο διαστάσεων. Τα αποτελέσματα του πίνακα είναι δυνατό να αποθηκευτούν και να πραγματοποιηθεί γρήγορη πρόσβαση σε αυτά σε μεταγενέστερη στιγμή, ενώ δίνεται ξανά η δυνατότητα επισκόπησης του ερωτήματος που τέθηκε. Τέλος μια χρήσιμη εφαρμογή η οποία προστέθηκε πρόσφατα στο πρόγραμμα είναι η εξαγωγή ενός αρχείου κειμένου στο οποίο διαχωρίζεται κάθε συμβάν ξεχωριστά με τις τιμές των χαρακτηριστικών που επιλέχθηκαν για την ομαδοποίηση.

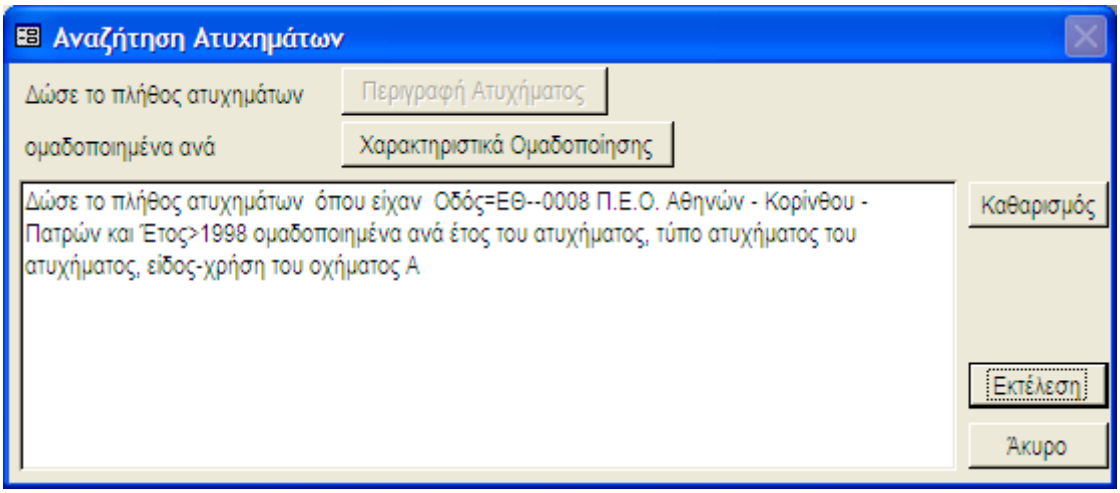
Παρακάτω ακολουθεί μια παραδειγματική εκτέλεση του προγράμματος ΣΑΝΤΡΑ για την ανάκτηση στοιχείων που αναφέρονται σε οδικά ατυχήματα για κάποιο τυχαίο οδικό τμήμα. Στο τέλος της ενότητας παρατίθεται τμήμα από τον πίνακα των αποτελεσμάτων στη μορφή με την οποία αυτά ανακτήθηκαν και στην παρούσα εργασία.



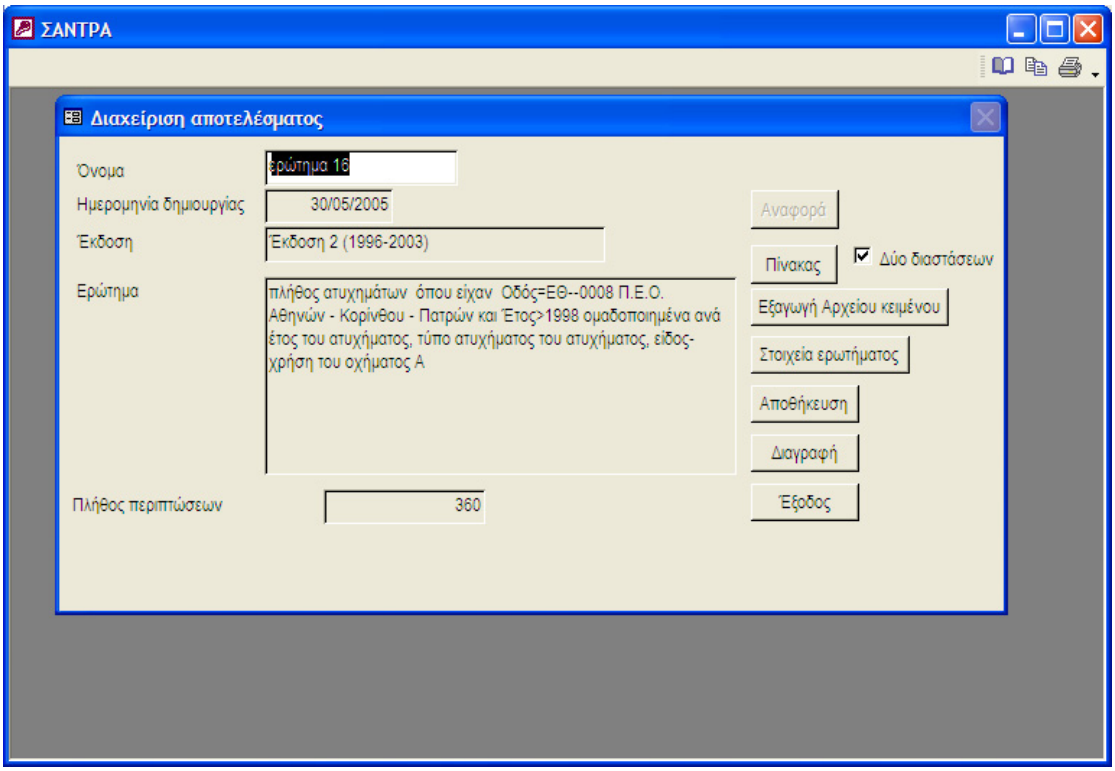
Εικόνα 4.1 Επιλογή τρόπου ανάκτησης δεδομένων



Εικόνα 4.2 Επιλογή τύπου στοιχείων και έκδοσης βάσης δεδομένων



Εικόνα 4.3 Περιγραφή ατυχημάτων και χαρακτηριστικών ομαδοποίησης



Εικόνα 4.4 Διαχείριση του εξαγόμενου αποτελέσματος

Το ΣΑΝΤΡΑ χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία για την ανάκτηση αποτελεσμάτων που αφορούσαν **στον αριθμό των συμμετεχόντων προσώπων** που συμμετείχαν σε ατύχημα κατά την περίοδο 2001-2003 στα επιλεγμένα οδικά τμήματα αυτοκινητοδρόμων του Π.Α.Θ.Ε. της Εγνατίας Οδού και της Αττικής Οδού. Τα στοιχεία αυτά ελήφθησαν υπό τη μορφή αναλυτικών πινάκων διατυπώνοντας τα αντίστοιχα ερωτήματα ενώ στη συνέχεια εισαγόταν σε κατάλληλο πρόγραμμα (βλ. επεξεργασία των στοιχείων) όπου γινόταν η τελική μορφοποίηση τους προτού χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή του μαθηματικού προτύπου. Η τελική επιλογή των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν γινόταν με τη χρήση της πρόσθετης πληροφορίας για τα τμήματα διατομής αυτοκινητοδρόμου, η οποία είχε ανακτηθεί από τις αντίστοιχες υπηρεσίες λειτουργίας των τμημάτων αυτών.

Η ομαδοποίηση των στοιχείων πραγματοποιήθηκε με μια σειρά μεταβλητών πολλές από τις οποίες αποτελούν τις ανεξάρτητες μεταβλητές των μαθηματικών προτύπων ενώ άλλες βοηθούν στην αντιστοίχηση δεδομένων που έχουν παραχθεί από άλλα στοιχεία, όπως είναι τα οχηματοχιλιόμετρα ανά έτος και ανά τύπο οχήματος. Η ομαδοποίηση διέφερε ελαφρά για τα στοιχεία των διαφόρων οδών που εξετάστηκαν καθώς τα

διαθέσιμα συμπληρωματικά στοιχεία που είχαν ληφθεί απαιτούσαν διαφορετικούς τρόπους για την δημιουργία της κάθε βάσης δεδομένων. Για την ομαδοποίηση χρησιμοποιήθηκαν συνολικά οι παρακάτω μεταβλητές των οποίων η σημασία αναλύεται στην επεξεργασία των στοιχείων:

- Χιλιομετρική θέση του ατυχήματος
- Νομός στον οποίο συνέβη το ατύχημα
- Έτος του ατυχήματος
- Τύπος του ατυχήματος
- Είδος-χρήση του συνδεδεμένου οχήματος
- Κατηγορία του συμμετέχοντα στόχου
- Σοβαρότητα ατυχήματος του συμμετέχοντα στόχου
- Φύλο του συμμετέχοντα στόχου
- Ηλικία του συμμετέχοντα στόχου

Η ανάκτηση των παραπάνω στοιχείων δεν ήταν εύκολη καθώς πολλές φορές η ομαδοποίηση δεν γινόταν με συστηματικό τρόπο ή τα στοιχεία ήταν ελλιπή. Επίσης παρατηρήθηκαν πολλές φορές στοιχεία τα οποία δεν παρουσίαζαν συνέπεια με τη λογική τα οποία προφανώς αποτελούσαν εσφαλμένες καταγραφές στα ΔΟΤΑ, λάθη κατά την κωδικοποίηση ή κατά την δημιουργία της βάσης δεδομένων. Το παραπάνω πρόβλημα ξεπεράστηκε τις περισσότερες φορές με επιτυχία, ωστόσο υπήρχαν καταγραφές με βάση τις οποίες **δεν ήταν δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων**. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα στοιχεία που αφορούν στην Εγνατία Οδό, για τα οποία δεν είναι δυνατή η διαπίστωση της χιλιομετρικής θέσης ή του οδικού τμήματος που συνέβησαν καθώς η καταγραφή της χιλιομετρικής θέσης του ατυχήματος έχει γίνει με τυχαίο τρόπο ενώ η αναφορά στον αντίστοιχο νομό είναι πιθανώς εσφαλμένη. Πιθανή εξήγηση για το φαινόμενο αυτό είναι η έλλειψη συγκεκριμένων οδηγιών προς τους αστυνομικούς που κατέγραφαν το ατύχημα με αποτέλεσμα την καταγραφή των χιλιομέτρων μα ασυνάρτητο τρόπο. Η ασυμβατότητα αυτή οδήγησε στην αδυναμία χρήσης των στοιχείων που είχαν ληφθεί για τα τμήματα αυτοκινητοδρόμου της Εγνατίας Οδού αφού δεν ήταν δυνατός ο κατάλληλος διαχωρισμός των παθόντων και η αντιστοίχηση με τα υπόλοιπα συμπληρωματικά στοιχεία.

Ακολουθεί τμήμα ενός πίνακα αποτελεσμάτων του ΣΑΝΤΡΑ του οποίου τα δεδομένα μετά την κατάλληλη επεξεργασία (βλ. επεξεργασία των στοιχείων) χρησιμοποιήθηκαν στις στατιστικές αναλύσεις και τέλος, το λογικό διάγραμμα ροής της εκτέλεσης του προγράμματος.

ΣΑΝΤΡΑ - [_res_show_2 : Table]

οδό του ατυχήματος	χμ του ατυχήματ	τύπο ατυχήματος του ατυχή	είδος-χρήση 3	κατηγορία	σοβαρότητα ατυχήματος	φύλο του	ηλικία 3 του	Πλήθος
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	2	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Οδηγός	Μη παθών οδηγός	Άρρεν	35-44 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	2	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Οδηγός	Μη παθών οδηγός	Άρρεν	45-54 έτη	2
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	2	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Οδηγός	Μη παθών οδηγός	Θήλυ	21-24 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	2	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Οδηγός	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	45-54 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	2	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	10-14 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	2	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	25-34 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	2	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	55-64 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	2	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	65+ έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	2	Νωτομετωπική σύγκρουση	Φορτηγό	Οδηγός	Μη παθών οδηγός	Άρρεν	25-34 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	2	Νωτομετωπική σύγκρουση	Φορτηγό	Οδηγός	Μη παθών οδηγός	Άρρεν	55-64 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	2	Νωτομετωπική σύγκρουση	Δίκυκλο 50 κε	Οδηγός	Βαριά τραυματίας	Άρρεν	25-34 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	2	Νωτομετωπική σύγκρουση	Δίκυκλο 50 κε	Οδηγός	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	21-24 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	2	Νωτομετωπική σύγκρουση	Δίκυκλο 50 κε	Οδηγός	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	25-34 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	2	Νωτομετωπική σύγκρουση	Δίκυκλο 50 κε	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	21-24 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	3	Πλαγιομετωπική σύγκρουσ	Φορτηγό	Οδηγός	Μη παθών οδηγός	Άρρεν	25-34 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	3	Πλαγιομετωπική σύγκρουσ	Δίκυκλο 50 κε	Οδηγός	Νεκρός	Άρρεν	21-24 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Οδηγός	Μη παθών οδηγός	Άρρεν	21-24 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Οδηγός	Μη παθών οδηγός	Άρρεν	25-34 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Οδηγός	Μη παθών οδηγός	Άρρεν	35-44 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Οδηγός	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	25-34 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Οδηγός	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	25-34 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	25-34 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4	Νωτομετωπική σύγκρουση	Δίκυκλο 50 κε	Οδηγός	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	21-24 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4	Νωτομετωπική σύγκρουση	Δίκυκλο 50 κε	Οδηγός	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	35-44 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4	Παράσυρση πεζού	Επιβατικό	Οδηγός	Μη παθών οδηγός	Άρρεν	25-34 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4	Παράσυρση πεζού	Επιβατικό	Πεζός	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	25-34 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4.2	Εκτροπή προς τα δεξιά	Δίκυκλο 50 κε	Οδηγός	Ελαφρά τραυματίας	Άγνωστο	Άγνωστο	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4.4	Πλάγια σύγκρουση	Άγνωστο	Οδηγός	Μη παθών οδηγός	Άγνωστο	Άγνωστο	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4.4	Πλάγια σύγκρουση	Επιβατικό	Οδηγός	Μη παθών οδηγός	Άρρεν	45-54 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4.4	Πλάγια σύγκρουση	Επιβατικό	Οδηγός	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	25-34 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4.4	Πλάγια σύγκρουση	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	21-24 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4.4	Πλάγια σύγκρουση	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	45-54 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4.4	Πλάγια σύγκρουση	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	65+ έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4.4	Πλάγια σύγκρουση	Δίκυκλο 50 κε	Οδηγός	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	25-34 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4.4	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Οδηγός	Μη παθών οδηγός	Άρρεν	35-44 έτη	1
ΕΘ--001α Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Ευζώνων	4.4	Νωτομετωπική σύγκρουση	Επιβατικό	Οδηγός	Μη παθών οδηγός	Άρρεν	55-64 έτη	1

Record: 7 of 1313

Εικόνα 4.5 Τμήμα πίνακα αποτελεσμάτων του ΣΑΝΤΡΑ

(SANTRA flowchart-from excel)

4.2 Επεξεργασία των στοιχείων

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων που εκφράζουν την οδική ασφάλεια καθώς τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό είναι οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη μορφή που θα έχει η τελική βάση δεδομένων. Οι επεξηγηματικοί παράγοντες (ανεξάρτητες μεταβλητές) μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διάφορους τρόπους που συνεπάγονται διαφορετικές μορφοποιήσεις και συνεπώς διαφορετική εικόνα των τελικών βάσεων δεδομένων. Η χρήση της παλινδρόμησης Poisson αλλά και των συγκεκριμένων μεταβλητών καθόρισαν τη μορφή με την οποία αυτές εισήχθησαν στο πρότυπο. Παρακάτω περιγράφονται οι μεταβλητές, ο τρόπος δημιουργίας τους από τα πρωταρχικά δεδομένα που ελήφθησαν από το Σύστημα Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων, και η τελική τους μορφή την οποία επεξεργάστηκαν τα στατιστικά προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν. Στη συνέχεια του κεφαλαίου παρατίθενται παραδείγματα χρησιμοποίησης του λογισμικού στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων ενώ παράλληλα περιγράφονται όλες οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν.

4.2.1 Ιδιότητες των μεταβλητών

Οι μεταβλητές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα μαθηματικό πρότυπο μπορούν να είναι είτε **συνεχείς, είτε διακριτές**. Οι συνεχείς μεταβλητές μπορούν να παίρνουν κάθε πραγματική τιμή μέσα σε ένα συγκεκριμένο διάστημα, ενώ οι διακριτές μπορούν να παίρνουν μόνο τις ακέραιες τιμές μέσα στο πεδίο ορισμού τους. Παρόλα αυτά σε συγκεκριμένες περιπτώσεις οπού του πεδίο ορισμού περιλαμβάνει πολλές τιμές, μια διακριτή μεταβλητή μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι συνεχής χωρίς να προκύπτει μεγάλο σφάλμα. Ένα τυπικό παράδειγμα συνεχούς μεταβλητής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα μαθηματικό πρότυπο που αφορά την οδική ασφάλεια είναι ο αριθμός των οχηματοχιλιομέτρων ο οποίος μπορεί να είναι της τάξης των δισεκατομμυρίων ή και τρισεκατομμυρίων ανάλογα με τη χρονική περίοδο στην οποία αναφέρεται. Αντίστοιχα μια διακριτή μεταβλητή μπορεί να είναι η ηλικία του οδηγού η οποία όμως λόγω του μεγάλου εύρους τιμών της μπορεί να θεωρηθεί και συνεχής χωρίς ιδιαίτερες επιπτώσεις στην ακρίβεια του προτύπου.

Η σημασία του τύπου της μεταβλητής είναι μεγάλη όταν αφορά την εξαρτημένη μεταβλητή. Σε αντίθεση με τις ανεξάρτητες οι οποίες μπορούν να

είναι είτε συνεχείς, είτε διακριτές σε όλες τις οικογένειες προτύπων, η εξαρτημένη μεταβλητή καθορίζει την οικογένεια μεθοδολογιών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ενώ αποκλείει αντίστοιχα κάποιες άλλες. Στην παλινδρόμηση Poisson η οποία χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, η εξαρτημένη μεταβλητή πρέπει να είναι διακριτή πράγμα που δεν μπορεί να συμβαίνει για παράδειγμα σε ένα πρότυπο γραμμικής παλινδρόμησης το οποίο προβλέπει τιμές για την εξαρτημένη μεταβλητή οι οποίες μπορούν να είναι δεκαδικές. Η χρησιμοποίηση μιας διαφορετικής μεθοδολογίας παλινδρόμησης που προβλέπει και δεκαδικές τιμές για την εξαρτημένη μεταβλητή είναι δυνατή, θα απαιτούσε όμως μετασχηματισμό της εξαρτημένης μεταβλητής κατά ένα τρόπο ώστε αυτή να μπορεί να παίρνει όλες τις τιμές σε ένα συγκεκριμένο διάστημα. Μια τέτοια προσέγγιση μπορεί να γίνει ερευνώντας κάποιο δείκτη ατυχημάτων ή σοβαρότητας πράγμα που ξεφεύγει όμως από το πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που αποφασίζεται να χρησιμοποιηθούν ως επεξηγηματικοί παράγοντες στο μαθηματικό πρότυπο μπορεί να είναι **οποιασδήποτε μορφής**. Οι πιθανές τιμές τους μπορεί να μην είναι αριθμητικές αλλά να είναι τα πιθανά αποτελέσματα μιας σειράς περιπτώσεων. Για παράδειγμα η μεταβλητή που εκφράζει την επιλογή διαδρομής ενός οδηγού ή τον τύπο ενός ατυχήματος δεν παίρνει αριθμητικές τιμές αλλά ονομαστικές. Με βάση τα παραπάνω ένας περαιτέρω διαχωρισμός των μεταβλητών γίνεται ανάμεσα στις κατηγορικές και τις κλιμακωτές (categorical and scale variables). Οι κατηγορικές μεταβλητές ωστόσο μπορεί να παίρνουν και αριθμητικές τιμές εάν αυτές είναι σειριακές (ordinal) ενώ οι ονομαστικές μεταβλητές χαρακτηρίζονται από ένα σύνολο μη αριθμητικών, ποιοτικών τιμών. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε μια σειρά μεταβλητών η οποία αποτελείται από συνεχείς και διακριτές, κλιμακωτές και κατηγορικές μεταβλητές, κάθε μια από τις οποίες αναλύεται ξεχωριστά στη συνέχεια. Η κάθε μεταβλητή αντιμετωπίστηκε με διαφορετικό τρόπο ενώ η δομή της εξαρτάται από την τύπο της.

Στα μαθηματικά πρότυπα που παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται χρήση διάφορων ανεξάρτητων μεταβλητών ενώ η πλειοψηφία από αυτές είναι **διακριτές, κατηγορικές, ονομαστικές μεταβλητές**. Κάποιες από τις μεταβλητές αυτές μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και ως συνεχείς, ωστόσο μετά από σειρά πολυάριθμων δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν μέχρι η έρευνα να καταλήξει στα πιο αξιόπιστα μαθηματικά πρότυπα, κρίθηκε ότι η εισαγωγή τους στο πρότυπο με τη μορφή διακριτών ονομαστικών μεταβλητών ήταν προτιμότερη. Η ιδιαιτερότητα αυτή απαιτεί έναν ιδιαίτερο χειρισμό των δεδομένων έτσι ώστε να αποκτούν κατάλληλη μορφή ώστε να είναι επεξεργάσιμα από τα στατιστικά πακέτα ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Μια ονομαστική μεταβλητή δεν παίρνει αριθμητικές τιμές και συνεπώς ένα πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή που εκτελεί μια διαδικασία παλινδρόμησης δεν μπορεί να αναγνωρίσει ούτε το εύρος τιμών της ούτε τη σημασία της κάθε τιμής. Επομένως ένας **μετασχηματισμός** αυτής είναι απαραίτητος έτσι ώστε να μπορεί να λάβει αριθμητικές τιμές οι οποίες να της δίνουν μαθηματική έννοια. Οι τιμές αυτές θα πρέπει να έχουν κάποιο νόημα ενώ παράλληλα η κάθε τιμή να απεικονίζει ένα πιθανό αποτέλεσμα (τιμή) της μεταβλητής αυτής. Η αντιστοίχηση μιας αριθμητικής τιμής σε κάθε επίπεδο (πιθανό αποτέλεσμα) της μεταβλητής αυτής αποτελεί μια λύση η οποία όμως μπορεί να εφαρμοσθεί μόνο σε περίπτωση που η μεταβλητή αυτή είναι σειριακή (ordinal), σε περίπτωση δηλαδή που η αντιστοίχηση μιας σειράς τιμών στα πιθανά αποτελέσματα έχει νόημα από μαθηματική σκοπιά. Για παράδειγμα η μεταβλητή που εκφράζει την εμπειρία του οδηγού στην οδήγηση και μπορεί να λάβει τις τιμές «άπειρος», «μέτριας εμπειρίας» και «έμπειρος» θα μπορούσε πιθανώς να εκφραστεί από τις τιμές 1,2,3 αφού ένας οδηγός «μέτριας εμπειρίας» πιθανώς να μπορεί να θεωρηθεί δύο φορές πιο έμπειρος από έναν άπειρο, και αντίστοιχα ένας έμπειρος, τρεις φορές περισσότερο από έναν «άπειρο». Σε άλλες μεταβλητές όμως όπως ο τύπος ενός οχήματος που συμμετείχε σε ένα ατύχημα μια τέτοια κατηγοριοποίηση δεν είναι εφικτή αφού η αντιστοίχηση σειριακών τιμών δεν έχει νόημα. Το πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή δεν μπορεί να αντιμετωπίσει ένα λεωφορείο ως δυο φορές πιο επικίνδυνο (ή ακίνδυνο) από ένα Ι.Χ. αφού η υπόθεση αυτή είναι αστήρικτη και εάν ισχύει θα πρέπει να αποδειχθεί από τα αποτελέσματα του προτύπου και όχι να εισαχθεί ως δεδομένο σε αυτό.

Η επιτυχημένη μεταχείριση των ονομαστικών μεταβλητών μπορεί να επιτευχθεί δημιουργώντας μια σειρά υπό-μεταβλητών για κάθε μεταβλητή η οποία θα εισάγεται στο πρότυπο αντί αυτής. Η κάθε υπομεταβλητή θα απεικονίζει ένα επίπεδο (μια περίπτωση, «τιμή») της ονομαστικής μεταβλητής και θα αντιμετωπίζεται από το στατιστικό πρόγραμμα ως ανεξάρτητη μεταβλητή. Η μεταβλητή αυτή θα λαμβάνει τις τιμές μηδέν και ένα και θα υποδηλώνει στην πραγματικότητα την παρουσία ή όχι της τιμής αυτής. Έτσι εάν η μεταβλητή «τύπος οχήματος» η οποία είναι ονομαστική και μπορεί να λάβει τις τιμές Ι.Χ. , Λεωφορείο, Δίκυκλο διαχωριστεί σε τρεις μεταβλητές οι οποίες, με εύρος τιμών μηδέν ή ένα, υποδηλώνουν παρουσία ή απουσία Ι.Χ. , Λεωφορείου και Δικύκλου αντίστοιχα, μπορεί να εισαχθεί στο πρότυπο με επιτυχία υπολογίζοντας ξεχωριστά για κάθε μία έναν όρο β_i του μη γραμμικού προτύπου.

Φυσικά στην προσέγγιση αυτή απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή καθώς με τη διάσπαση της μίας μεταβλητής σε ν υπομεταβλητές προκύπτει μια σειρά μεταβλητών η οποίες είναι **απόλυτα συσχετισμένες**. Βασικός κανόνας στην

ανάπτυξη των προτύπων παλινδρόμησης είναι η αποφυγή της δυνατότητας πρόβλεψης της τιμής μιας μεταβλητής από την τιμή μίας άλλης. Στην περίπτωση αυτή οι μεταβλητές είναι «συσχετισμένες» (correlated) και μια τουλάχιστο από αυτές είναι περιττή και πρέπει να εξαιρεθεί από το πρότυπο. Έτσι στην περίπτωση του τύπου οχήματος που αναφέρθηκε, από το ζεύγος μεταβλητών «παρουσία ή όχι Ι.Χ.» και « παρουσία ή όχι Λεωφορείου» είναι δυνατή η αναγνώριση της τιμής της μεταβλητής «παρουσία ή όχι Δικύκλου». Για το λόγο αυτό το ένα από τα ν επίπεδα μίας μεταβλητής η οποία διαχωρίζεται σε ν υπομεταβλητές εξαιρείται από το πρότυπο και αποτελεί το **«επίπεδο αναφοράς»**.

Η εξαίρεση αυτή έχει ως αποτέλεσμα οι τιμές των όρων β_i που δίδονται σε κάθε υπομεταβλητή να απεικονίζουν τη σχετική μεταβολή στην εξαρτημένη μεταβλητή, εάν η υπομεταβλητή αυτή λάβει την τιμή ένα (παρουσία δηλαδή του φαινομένου) σε σχέση με την απουσία αυτής και την ταυτόχρονη παρουσία της μεταβλητής που αποτελεί το επίπεδο αναφοράς. Η παρατήρηση αυτή αποτελεί και ένα από τα πιο σημαντικά σημεία για την κατανόηση των αποτελεσμάτων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας καθώς οι μεταβλητές έχουν αποκλειστικά αυτή τη μορφή και η ερμηνεία τους έξω από αυτή τη λογική είναι λανθασμένη. Αυτή είναι και η βασικότερη διαφορά με ένα απλό πρότυπο γραμμικής παλινδρόμησης που χρησιμοποιεί μια σειρά απλών συνεχών ή διακριτών μεταβλητών των οποίων η ερμηνεία είναι πολύ πιο άμεση αφού διαβάζοντας απλώς την τιμή του αντίστοιχού όρου β_i ή την τιμή κάποιας ελαστικότητας (elasticity) μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα ως προς την επιρροή της μεταβλητής αυτής στο επεξηγούμενο φαινόμενο.

4.2.2 Περιγραφή Μεταβλητών

Στη συνέχεια περιγράφεται αναλυτικά η **κάθε μια από τις μεταβλητές** που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη στατιστική ανάλυση, η επεξεργασία των παρατηρήσεων για την δημιουργία της τελικής μορφής τους και η εξαίρεση των παρατηρήσεων που κρίθηκαν ακατάλληλες μαζί με τους λόγους για τους οποίους εξαιρέθηκαν.

Εξαρτημένες μεταβλητές :

Αριθμός ατυχημάτων (ACCID): Ο αριθμός των ατυχημάτων που συνέβησαν σε ένα οδικό τμήμα για μια δεδομένη χρονική περίοδο χρησιμοποιήθηκε στα αρχικά στάδια των δοκιμαστικών στατιστικών αναλύσεων. Χρησιμοποιήθηκε

ως ανεξάρτητη μεταβλητή για την ανάπτυξη προτύπων γραμμικής παλινδρόμησης και έπειτα παλινδρόμησης Poisson. Ωστόσο δεν χρησιμοποιήθηκε στην ανάπτυξη των τελικών προτύπων αφού στην πορεία της έρευνας κρίθηκε επιθυμητό να εισαχθούν ανεξάρτητες μεταβλητές που να εκφράζουν χαρακτηριστικά των παθόντων, τα οποία δεν μπορούσαν να συσχετιστούν με τη μεταβλητή «ατύχημα».

Αριθμός νεκρών συμμετεχόντων (KLLD): Στην προσπάθεια εξεύρεσης μιας εξαρτημένης μεταβλητής που να μπορεί να συσχετιστεί με τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων σε οδικά ατυχήματα κατασκευάσθηκαν πρότυπα παλινδρόμησης Poisson τα οποία εξέφραζαν τη σοβαρότητα των ατυχημάτων στα εξεταζόμενα οδικά τμήματα μέσω του αριθμού των νεκρών προσώπων. Τα στοιχεία για τη μεταβλητή αυτή ήταν ανεπαρκή καθώς η εξεταζόμενη περίοδος είναι μικρή ενώ ο εξεταζόμενος αυτοκινητόδρομος της Αττικής Οδού παρουσιάζει ελάχιστες περιπτώσεις ατυχημάτων με νεκρό καθιστώντας έτσι την ανάπτυξη ενός προτύπου αναξιόπιστη.

Αριθμός συμμετεχόντων προσώπων (PARTICIP): Ο αριθμός των προσώπων που συμμετείχαν σε ατύχημα σε κάποιο από τα εξεταζόμενα οδικά τμήματα αποτέλεσε την εξαρτημένη μεταβλητή που εξέφρασε την επικινδυνότητα των αυτοκινητοδρόμων. Ο αριθμός αυτός επηρεάζεται από μια σειρά ανεξάρτητων μεταβλητών των οποίων η επιρροή εκφράζεται ως η σχετική μεταβολή στον αριθμό των συμμετεχόντων προσώπων σε σχέση με την υπομεταβλητή που αποτελεί το επίπεδο αναφοράς σε κάθε περίπτωση. Η μεταβλητή αυτή χρησιμοποιήθηκε στα πρότυπα τα οποία έδωσαν τα πιο αξιόπιστα και ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

<u>Μεταβλητές χαρακτηριστικών ατυχήματος:</u>

Οι μεταβλητές που χαρακτηρίζουν το ατύχημα στο οποίο αναφέρεται ο αντίστοιχος αριθμός συμμετεχόντων χωρίζονται σε γεωγραφικές (νομός, χιλιόμετρο), χρονικές (έτος) και μεταβλητές περιγραφής του ατυχήματος (τύπος ατυχήματος).

Χιλιόμετρο του ατυχήματος: Η μεταβλητή αυτή χρησιμοποιήθηκε για το διαχωρισμό των τμημάτων αυτοκινητοδρόμου από τα υπόλοιπα τμήματα τα οποία δεν ενδιέφεραν την παρούσα έρευνα. Η μεταβλητή αυτή σε συνδυασμό με την πληροφορία για τα τμήματα αυτοκινητοδρόμου που ελήφθη από τις αντίστοιχες υπηρεσίες λειτουργίας των εξεταζόμενων τμημάτων έκανε δυνατό τον παραπάνω διαχωρισμό.

Νομός του ατυχήματος: Η μεταβλητή αυτή χρησιμοποιήθηκε ως βοηθητική και δεν εισήχθη σε κάποιο μαθηματικό πρότυπο. Σκοπός της μεταβλητής αυτής ήταν σε συνδυασμό με την τιμή της μεταβλητής «χιλιόμετρο του ατυχήματος» να αναδείξει την ακριβή τοποθεσία στην οποία συνέβη το κάθε ατύχημα έτσι ώστε να διαχωριστούν οι περιπτώσεις που συνέβησαν σε τμήματα αυτοκινητοδρόμου από αυτά που συνέβησαν σε άλλο τμήμα.

Έτος του ατυχήματος: Η μεταβλητή αυτή δεν χρησιμοποιείται άμεσα στην ανάπτυξη των μαθηματικών προτύπων αλλά λειτουργεί ως βοηθητική για την αντιστοίχηση των στοιχείων οχηματοχιλιομέτρων που έχουν υπολογιστεί με βάση τα στοιχεία λειτουργίας των οδικών τμημάτων. Το έτος του ατυχήματος σε συνδυασμό με τον τύπο του οχήματος που περιγράφεται από άλλη μεταβλητή κάνουν δυνατή την αντιστοίχηση σε κάθε περίπτωση του σωστού αριθμού οχηματοχιλιομέτρων.

Τύπος του ατυχήματος: Ο τύπος του ατυχήματος αποτελεί βασική ανεξάρτητη μεταβλητή η οποία χρησιμοποιείται σε όλα τα μαθηματικά πρότυπα που παρουσιάζει η παρούσα Εργασία. Η μεταβλητή αυτή δίνει την σχετική πιθανότητα να εμφανιστεί ατύχημα ενός συγκεκριμένου τύπου σε σχέση με τον τύπο ατυχήματος που αποτελεί το επίπεδο αναφοράς. Οι τύποι στους οποίους ομαδοποιούνται τα ατυχήματα στο ΣΑΝΤΡΑ είναι δεκαεπτά. Στην Εργασία αυτή κρίθηκε υπερβολική η δημιουργία δεκαεπτά υπομεταβλητών καθώς δεν υπάρχει ανάγκη για τόσο αναλυτική περιγραφή του τύπου της κάθε περίπτωσης. Η ομαδοποίηση έγινε με γενικότερα κριτήρια σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία αλλά και την εμπειρία που αποκτήθηκε. Έτσι οι πιθανοί τύποι ατυχήματος που εξετάζονται είναι τα **ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση** (σε μη κινούμενο όχημα, αντικείμενο ή πεζό), τα **ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση** (ανατροπές, εκτροπές από την οδό) και τα **ατυχήματα πολλών οχημάτων** (μετωπικές, πλαγιομετωπικές, νωτομετωπικές συγκρούσεις).

Η δημιουργία αυτής της μεταβλητής πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος Excel του οποίου η λειτουργία περιγράφεται παρακάτω. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την δημιουργία της μεταβλητής του τύπου ατυχήματος ήταν παρόμοια για όλες τις ονομαστικές μεταβλητές που περιγράφονται στη συνέχεια Η μεταβλητή αυτή ελήφθη από το ΣΑΝΤΡΑ σε ποιοτική μορφή. Στη συνέχεια αντιγράφτηκε σε τόσες στήλες όσες ήταν τα επίπεδα της (ο αριθμός των υπομεταβλητών της) και με τη βοήθεια του Excel κάθε ονομαστική τιμή σε κάθε μια από τις στήλες αντικαταστάθηκε με την αριθμητική τιμή μηδέν ή ένα ανάλογα με τη στήλη στην οποία βρισκόταν. Έτσι παρήχθησαν όλες οι υπομεταβλητές (εκτός από μια κάθε φορά που θα

αποτελούσε το επίπεδο αναφοράς) οι οποίες ακολούθως εισήχθησαν στο πρότυπο.

Μεταβλητές οχήματος

Τύπος οχήματος: Η μεταβλητή αυτή εκφράζει τον τύπο του οχήματος στο οποίο επέβαιναν οι (παθόντες) συμμετέχοντες οι οποίοι εξετάζονται στη συγκεκριμένη περίπτωση, αποτελεί δηλαδή το όχημα «στόχο» του ατυχήματος. Η τιμή της μεταβλητής αυτής κατασκευάζεται με τον τρόπο που περιγράφτηκε για την δημιουργία της μεταβλητής «τύπος ατυχήματος» και διαχωρίζεται στις υπομεταβλητές «Επιβατικό», «Λεωφορείο» και «Δίκυκλο» οι οποίες προκύπτουν από την ομαδοποίηση των περιπτώσεων στις οποίες διαχωρίζει τους τύπους οχήματος το ΣΑΝΤΡΑ. Χρησιμοποιείται σε ορισμένα μόνο μαθηματικά πρότυπα, ενώ ήταν απαραίτητη για την αντιστοίχηση των οχηματοχιλιομέτρων σε κάθε περίπτωση του πίνακα δεδομένων, μαζί με τη μεταβλητή «έτος του ατυχήματος».

Οχηματοχιλιόμετρα: Ο αριθμός των διανυθέντων οχηματοχιλιομέτρων για ένα οδικό τμήμα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση οδικών ατυχημάτων καθώς εκφράζει τον όγκο της κυκλοφορίας που εξυπηρετήθηκε από το τμήμα αυτό για τη δεδομένη χρονική περίοδο. Η συσχέτιση του αριθμού των οχηματοχιλιομέτρων με τον αριθμό των ατυχημάτων ή κάποιο δείκτη που τα εκφράζει είναι συχνό αντικείμενο ερευνών. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε συσχέτιση του δείκτη ατυχημάτων και του αριθμού συμμετεχόντων προσώπων για τον αυτοκινητόδρομο της Αττικής Οδού με τον κυκλοφοριακό φόρτο εκφραζόμενο από τη μηνιαία μέση ημερήσια κυκλοφορία. Η ανάκτηση του αριθμού των οχηματοχιλιομέτρων ήταν δυνατή μόνο για τους αυτοκινητόδρομους της Αττικής Οδού και της Εγνατίας Οδού καθώς για τον αυτοκινητόδρομο του Π.Α.Θ.Ε. η ανάκτηση των στοιχείων δεν έγινε εφικτή. Η διαδικασία παραγωγής των οχηματοχιλιομέτρων από τα δεδομένα κυκλοφοριακών φόρτων που ελήφθησαν περιγράφεται στη συνέχεια.

Μεταβλητές συμμετεχόντων

Κατηγορία προσώπου: Η κατηγορία του προσώπου που αποτελεί το στόχο της κάθε περίπτωσης εκφράζει τον τύπο του παθόντος. Οι παθόντες διαχωρίζονται σε οδηγούς, επιβάτες και πεζούς. Η πολύ μικρή εμφάνιση ατυχημάτων με πεζούς σε τμήματα αυτοκινητοδρόμων είχε ως αποτέλεσμα την αδυναμία χρήσης της υπομεταβλητής «πεζός» στα μαθηματικά πρότυπα, καθώς μια τέτοια προσπάθεια την ανέδειξε ως μη στατιστικά σημαντική στις περιπτώσεις που πραγματοποιήθηκε. Για το λόγο αυτό οι περιπτώσεις

ατυχημάτων με παθόντες πεζούς αφαιρέθηκαν από τον πίνακα των δεδομένων ενώ χρησιμοποιήθηκαν ως υπομεταβλητές τα επίπεδα «οδηγός» και «επιβάτης» των οποίων η μελέτη παρουσιάζει και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον στα τμήματα αυτοκινητοδρόμων.

Σοβαρότητα τραυματισμού παθόντος: Η μεταβλητή αυτή χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει τη σοβαρότητα του ατυχήματος, την πιθανότητα δηλαδή εμφάνισης ενός ατυχήματος στο οποίο το πρόσωπο στόχος τραυματίστηκε σε ένα βαθμό ή απεβίωσε, σε σχέση με την εμφάνιση σοβαρότητας ατυχήματος η οποία χρησιμοποιείται ως επίπεδο αναφοράς. Η μεταβλητή αναφέρεται στους παθόντες του ατυχήματος και διαχωρίζεται στις υπομεταβλητές «ελαφρά τραυματίας», «βαριά τραυματίας», «νεκρός». Κατά τη λήψη των δεδομένων από το ΣΑΝΤΡΑ η μεταβλητή αυτή περιείχε ένα ακόμη επίπεδο το οποίο αναφερόταν στους μη παθόντες οδηγούς. Το επίπεδο αυτό δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ανεξάρτητη υπομεταβλητή καθώς αναφέρεται μόνο σε παθόντες οδηγούς, συνεπώς είναι απόλυτα συσχετισμένο με την υπομεταβλητή «οδηγός» της μεταβλητής «κατηγορία προσώπου» και για το λόγο αυτό εξαιρέθηκε από την παρούσα ανάλυση.

Φύλο του παθόντος: Η επιρροή του φύλου του οδηγού στην εμφάνιση των οδικών ατυχημάτων έχει διερευνηθεί εκτενώς στο παρελθόν. Η εμφάνιση οδικών ατυχημάτων με παθόντες συγκεκριμένου φύλου εξετάζεται στην παρούσα Εργασία με σκοπό να διαπιστωθεί η σχετική επικινδυνότητα για τα δύο φύλα για κάθε αυτοκινητόδρομο. Η μεταβλητή αυτή όπως είναι αναμενόμενο χωρίζεται σε δύο επίπεδα «Άρρεν» και «Θήλυ» ενώ εξετάζεται η σχετική μεταβολή στην επικινδυνότητα για τις γυναίκες, δεδομένης της επικινδυνότητας για τους άνδρες.

Ηλικία του παθόντος: Η ηλικία του παθόντος του ατυχήματος είναι παράμετρος που επηρεάζει με πολλούς τρόπους τα χαρακτηριστικά του ατυχήματος και έχει γίνει αντικείμενο πολλών προγενέστερων ερευνών. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η σχετική επικινδυνότητα για τρεις ηλικιακές κατηγορίες κάθε μία από τις οποίες αποτελεί μία υπομεταβλητή. Οι κατηγορίες αυτές αφορούν «νέους παθόντες» (ηλικίες 0-24 ετών), «μέσης ηλικίας» (25-44 ετών) και «προχωρημένης ηλικίας παθόντες» (άνω των 45 ετών). Οι κατηγορίες αυτές διαχωρίζονται με βάση την εμπειρία και το διαχωρισμό που ακολουθείται συνηθέστερα σε άλλες έρευνες καθώς εκτιμάται ότι τα χαρακτηριστικά των χρηστών της οδού που σχετίζονται με την εμφάνιση οδικών ατυχημάτων για τα συγκεκριμένα ηλικιακά διαστήματα είναι παρόμοια.

4.2.3 Δημιουργία της βάσης δεδομένων

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται **οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν** κατά την δημιουργία της βάσης δεδομένων, από την αρχική λήψη των στοιχείων του ΣΑΝΤΡΑ μέχρι τη μορφοποίηση των πινάκων που αποτέλεσαν τα δεδομένα εισόδου των πακέτων στατιστικών αναλύσεων. Περιγράφεται ο χειρισμός των πρόσθετων δεδομένων για την παραγωγή στοιχείων όπως τα οχηματοχιλιόμετρα, ενώ γίνεται αναφορά και παρουσίαση των προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή που χρησιμοποιήθηκαν.

4.2.3.1 Χρήση του Microsoft Excel

Το λογισμικό Excel αποτέλεσε ένα **από τα βασικότερα εργαλεία** για την εκπόνηση της εργασίας αυτής καθώς χρησιμοποιήθηκε εκτενώς για την κατασκευή των αναλυτικών πινάκων οι οποίοι αποτέλεσαν τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των μαθηματικών προτύπων. Η χρήση του προγράμματος αυτού βοήθησε επίσης στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων κατά τα πρώτα στάδια της Εργασίας αφού χρησιμοποιήθηκε για πρώιμες στατιστικές αναλύσεις.

Πριν την δημιουργία των μεταβλητών που θα χρησιμοποιούταν για τις αναλύσεις πραγματοποιήθηκε **έλεγχος της βάσης δεδομένων** για τιμές που δεν παρουσιάζουν συνέπεια με τη λογική και αποτελούν πιθανώς λανθασμένες καταγραφές. Επίσης εξαιρέθηκαν από τον πίνακα των δεδομένων όλες εκείνες οι περιπτώσεις (cases) οι οποίες είχε αποφασισθεί να μη ληφθούν υπόψη στην ανάπτυξη των μαθηματικών προτύπων, όπως για παράδειγμα οι καταγραφές ατυχημάτων με πεζούς, ή οι καταγραφές ατυχημάτων με συμμετέχοντες «μη παθόντες οδηγούς» (βλέπε περιγραφή μεταβλητών). Ακόμη στον πίνακα δεδομένων υπήρχαν πολλές περιπτώσεις για τις οποίες μια ή περισσότερες τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών ήταν άγνωστες (δεν είχαν καταγραφεί στο ΔΟΤΑ). Οι τιμές αυτές, όπου η κατηγοριοποίηση τους δεν ήταν δυνατή σε μια άλλη υπομεταβλητή, εξήχθησαν από τον πίνακα.

Το Excel χρησιμοποιήθηκε εκτενώς για το μετασχηματισμό των πινάκων του Συστήματος Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων έτσι ώστε **να είναι δυνατή η επεξεργασία τους** από το λογισμικό Limdep (περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο). Η εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα πραγματοποιήθηκε απευθείας από τους πίνακες αποτελεσμάτων του ΣΑΝΤΡΑ ενώ στη συνέχεια

ακολούθησε η μορφοποίηση των πινάκων αυτών. Η δομή τους αποτελείται από στήλες οι οποίες αναπαριστούν τις διάφορες μεταβλητές και γραμμές κάθε μια από τις οποίες απεικονίζει μια περίπτωση (case). Οι μεταβλητές αυτές όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως είναι στην πλειοψηφία τους ονομαστικές, δεν παίρνουν δηλαδή αριθμητικές τιμές. Η κάθε μια από τις μεταβλητές αυτές χωρίστηκε σε ένα αριθμό υπομεταβλητών ο οποίος εξαρτάται από τις πιθανές ονομαστικές τιμές της μεταβλητής. Στη συνέχεια η κάθε υπομεταβλητή αναλόγως του συνόλου των τιμών της μεταβλητής που περιελάμβανε έπαιρνε τις τιμές μηδέν ή ένα παίρνοντας έτσι την τελική μορφή της. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε για όλες τις ονομαστικές μεταβλητές.

Μια ακόμη διαδικασία που πραγματοποιήθηκε στο υπολογιστικό περιβάλλον του Excel ήταν ο **υπολογισμός του αριθμού των οχηματοχιλιομέτρων** ανά έτος και τύπο οχήματος, με βάση τα δεδομένα που ελήφθησαν από την Εγνατία Οδό και την Αττική Οδό. Ο υπολογισμός αυτός έγινε με ξεχωριστό τρόπο για τις δύο οδούς καθώς τα στοιχεία που ήταν διαθέσιμα ήταν διαφορετικά. Τα δεδομένα που ήταν διαθέσιμα για την Αττική Οδό αφορούσαν στο μηνιαίο αριθμό εισόδων οχημάτων για το 2003 και τον τριμηνιαίο αριθμό εισόδων για τα έτη 2001 και 2002 στο σύνολο του αυτοκινητοδρόμου, στο ποσοστό συμμετοχής του κάθε οχήματος στην κυκλοφορία και στη μέση απόσταση που διανύουν. Με βάση τα στοιχεία αυτά και τη χρήση των υπολογιστικών φύλλων του Excel παρήχθη ο αριθμός των οχηματοχιλιομέτρων για κάθε μήνα λειτουργίας του αυτοκινητοδρόμου καθώς και η μηνιαία μέση ημερήσια κυκλοφορία για το σύνολο της εξεταζόμενης περιόδου. Οι πληροφορίες αυτές ήταν διαθέσιμες για την Εγνατία Οδό μονάχα μετά από μια πρωτογενή επεξεργασία των δεδομένων των κυκλοφοριακών φόρτων για το έτος 2004 (το οποίο δεν ανήκει στην εξεταζόμενη περίοδο της εργασίας) όπως περιγράφεται στη συλλογή των στοιχείων. Ακόμη ήταν διαθέσιμη μια επιπλέον ομαδοποίηση ανά μια σειρά γεωγραφικών θέσεων, καθώς το μήκος της Εγνατίας Οδού είναι σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό της Αττικής Οδού έτσι ώστε να μην μπορούν να ληφθούν μέσες τιμές για όλο το μήκος της. Ωστόσο η διαδικασία υπολογισμού των οχηματοχιλιομέτρων για κάθε μία από τις γεωγραφικές περιοχές αυτές ήταν παρόμοια με αυτή που ακολουθήθηκε στην Αττική Οδό.

Στη συνέχεια παρατίθενται μερικά σχήματα που απεικονίζουν **το γραφικό περιβάλλον του Excel** και κάποιες από τις διαδικασίες που περιγράφονται παραπάνω.

Microsoft Excel - oxhmatoxiliometra egnatias

	A	B	C	D	E	F	G
1		ypologismos tasewn ekselikshs emhk sta tmhmata ths egnatias odou (oi emhk einai kata prosegish,oti epetrepan dhladh ta dia8esima stoixeia)					
2							
3		perioxes	mhkos(km)	komvoi	emhk 2004	emhk 2010	% ana etos
4		siatista-veroia	77	10--14	5200	7500	7.4
5		veroia-kleidi	35	14-17	13600	15000	1.7
6		kleidi-serrwn	66	17-24		35000	5.0
7		serrwn-leykhs ammou	180	24-32	10500	15000	7.1
8		leykhs ammou-xrysoupolhs	30	32-33		15000	7.0
9		xrysoupolhs-dyt.komothnhs	70	33-37	8700	10000	2.5
10		dyt.komothnhs-anat.komothnhs	15	37-38	6350	6500	0.4
11		anat komothnhs-ardaniou	35	38-43	4750	7500	9.6
12							
13		ekei pou den exoume stoixeia gia to 2004 alla exoume provlepseis gia to 2010 vazoume katey8eian tash kata thn krish mas kai symfwna me tis taseis pou					
14		akolou8oun ta alla kommatia, kai symfwna me th shmasia tou tmhmatos aytou.					
15							
16		perioxes		pososta epivatikwn	V-km epivatikwn 2001	V-km epivatikwn 2002	V-km epivatikwn 2003
17		siatista-veroia	77	0.79	67441461	73824809	80208157
18		veroia-kleidi	35	0.89	110002331	111992038	113981744
19		kleidi-serrwn	66	0.85	295629469	322504875	349380281
20		serrwn-leykhs ammou	180	0.8	325215000	354780000	384345000
21		leykhs ammou-xrysoupolhs	30	0.82	37375088	44446050	51517013
22		xrysoupolhs-dyt.komothnhs	70	0.84	129576825	133064400	136551975
23		dyt.komothnhs-anat.komothnhs	15	0.77	19840373	19919419	19998464
24		anat komothnhs-ardaniou	35	0.88	28456313	32320750	36185188
25							
26		perioxes		pososta varewn	V-km varewn 2001	V-km varewn 2002	V-km varewn 2003
27		siatista-veroia	77	0.2	17073788	18689825	20305863
28		veroia-kleidi	35	0.1	12359813	12583375	12806938
29		kleidi-serrwn	66	0.14	48691913	53118450	57544988
30		serrwn-leykhs ammou	180	0.19	77238563	84260250	91281938
31		leykhs ammou-xrysoupolhs	30	0.17	7748494	9214425	10680356

Εικόνα 4.6 Υπολογισμός των οχηματοχιλιομέτρων της Εγνατίας Οδού

Microsoft Excel - deikths atyxhmatwn attikhs odou

E8 =C8/30

	A	B	C	D	E
1	year	month	διελευσεις ανα μηνα	vkm	mesh mhniaia hmerhsia kykloforia
2	2001	ΜΑΪΟΣ	747588	8971056	24920
3	2001	ΙΟΥΝΙΟΣ	812596	9751148	27087
4	2001	ΙΟΥΛΙΟΣ	1060834	12730003	35361
5	2001	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	791545	9498541	26385
6	2001	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1305641	15667696	43521
7	2001	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	772444	9269333	25748
8	2001	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	782100	9385200	26070
9	2001	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	941417	11296999	31381
10	2002	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	415353	4984240	13845
11	2002	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	986464	11837571	32882
12	2002	ΜΑΡΤΙΟΣ	1038383	12460601	34613
13	2002	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	968900	11626805	32297
14	2002	ΜΑΪΟΣ	1061177	12734120	35373
15	2002	ΙΟΥΝΙΟΣ	1153453	13841435	38448
16	2002	ΙΟΥΛΙΟΣ	1270736	15248831	42358
17	2002	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	948164	11377974	31605
18	2002	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1563983	18767792	52133
19	2002	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1049886	12598628	34996
20	2002	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1063009	12756111	35434
21	2002	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1279548	15354578	42652
22	2003	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1241118	14893413	41371
23	2003	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2947655	35371857	98255
24	2003	ΜΑΡΤΙΟΣ	3102794	37233534	103426
25	2003	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2977326	35727917	99244
26	2003	ΜΑΪΟΣ	3260881	39130576	108696
27	2003	ΙΟΥΝΙΟΣ	3544436	42533235	118148
28	2003	ΙΟΥΛΙΟΣ	3964307	47571688	132144
29	2003	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2957983	35495798	98599
30	2003	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	4879147	58549770	162638

Εικόνα 4.7 Υπολογισμός των οχηματοχιλιομέτρων της Αττικής Οδού

Microsoft Excel - databases

B10 Επιβατικό

	A	B	C	D	E	F	G
1	acctyp	vehtyp	perclass	persever	gender	age	participants
2	Ανατροπή εκτός οδού	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	25-34 έτη	1
3	Ανατροπή εκτός οδού	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	45-54 έτη	1
4	Ανατροπή στην οδό	Δίκυκλο 50 κε και άνω	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	25-34 έτη	1
5	Ανατροπή στην οδό	Επιβατικό	Επιβάτης	Νεκρός	Άρρεν	18-20 έτη	1
6	Εκτροπή προς τα αριστερά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	0-5 έτη	1
7	Εκτροπή προς τα αριστερά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	18-20 έτη	1
8	Εκτροπή προς τα αριστερά	Επιβατικό	Επιβάτης	Βαριά τραυματίας	Άρρεν	21-24 έτη	2
9	Εκτροπή προς τα αριστερά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	25-34 έτη	1
10	Εκτροπή προς τα αριστερά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	45-54 έτη	1
11	Εκτροπή προς τα αριστερά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	18-20 έτη	1
12	Εκτροπή προς τα αριστερά	Επιβατικό	Επιβάτης	Βαριά τραυματίας	Θήλυ	21-24 έτη	1
13	Εκτροπή προς τα αριστερά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	35-44 έτη	1
14	Εκτροπή προς τα αριστερά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	45-54 έτη	1
15	Εκτροπή προς τα δεξιά	Δίκυκλο 50 κε και άνω	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	21-24 έτη	1
16	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	21-24 έτη	1
17	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Βαριά τραυματίας	Άρρεν	25-34 έτη	1
18	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	25-34 έτη	1
19	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Νεκρός	Άρρεν	25-34 έτη	1
20	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Νεκρός	Άρρεν	35-44 έτη	1
21	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	45-54 έτη	1
22	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Άρρεν	45-54 έτη	1
23	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	18-20 έτη	2
24	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	25-34 έτη	1
25	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	35-44 έτη	1
26	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	35-44 έτη	1
27	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	45-54 έτη	1
28	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Νεκρός	Θήλυ	45-54 έτη	1
29	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Νεκρός	Θήλυ	45-54 έτη	2
30	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Ελαφρά τραυματίας	Θήλυ	55-64 έτη	1
31	Εκτροπή προς τα δεξιά	Επιβατικό	Επιβάτης	Νεκρός	Θήλυ	65+ έτη	1

total(motorway segments) / coded / merged / final / final(without peds)

Ready

Εικόνα 4.8 Απόσπασμα από την αρχική μορφή ενός πίνακα δεδομένων

Microsoft Excel - pathe-attiki reduced database

C7 0

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	pathe	attiki	singlcol	singlnon	multiveh	lightinj	heavyinj	killed	male	female	young	middle	old	participants
2	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	6
3	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	8
4	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	2
5	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	8
6	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	12
7	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	4
8	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	2
9	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	5
10	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	3
11	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	2
12	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	3
13	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	6
14	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	5
15	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	6
16	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	7
17	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
18	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1
19	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1
20	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
21	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
22	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1
23	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1
24	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
25	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
26	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
27	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
28	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
29	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	3
30	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	4
31	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	7

total

Ready

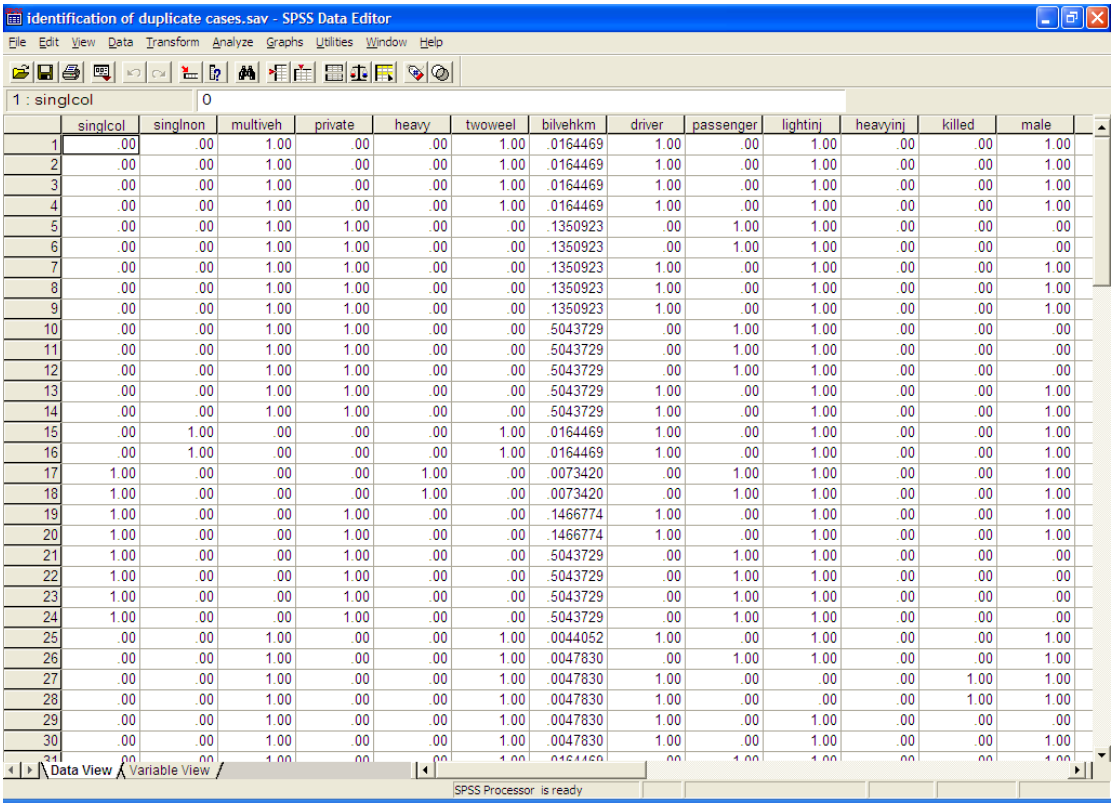
Εικόνα 4.9 Απόσπασμα από την τελική μορφή ενός πίνακα δεδομένων

4.2.3.2 Προχωρημένη επεξεργασία δεδομένων

Οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για **την κατασκευή των τελικών πινάκων** που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των μαθηματικών προτύπων περιελάμβαναν προχωρημένη επεξεργασία των δεδομένων πέρα από τα όρια των δυνατοτήτων του Microsoft Excel. Οι διαδικασίες αυτές ήταν απαραίτητες καθώς κατά την αρχική επεξεργασία προέκυπταν ανεπιθύμητα φαινόμενα στη δομή του πίνακα τα οποία ήταν δυνατό να εμποδίσουν τη σωστή λειτουργία του στατιστικού προγράμματος Limdep. Ακόμη πριν την τελική εισαγωγή των δεδομένων σε αυτό ήταν απαραίτητο να γίνουν κατανοητές διάφορες ιδιότητες των δεδομένων (όπως η κατανομή που ακολουθούν) έτσι ώστε να είναι διαθέσιμες όλες οι πληροφορίες για την πραγματοποίηση της τελικής ανάλυσης. Το Excel δεν έχει τη δυνατότητα της προχωρημένης αυτής επεξεργασίας την οποία δίνουν άλλα προγράμματα τα οποία περιγράφονται στη συνέχεια.

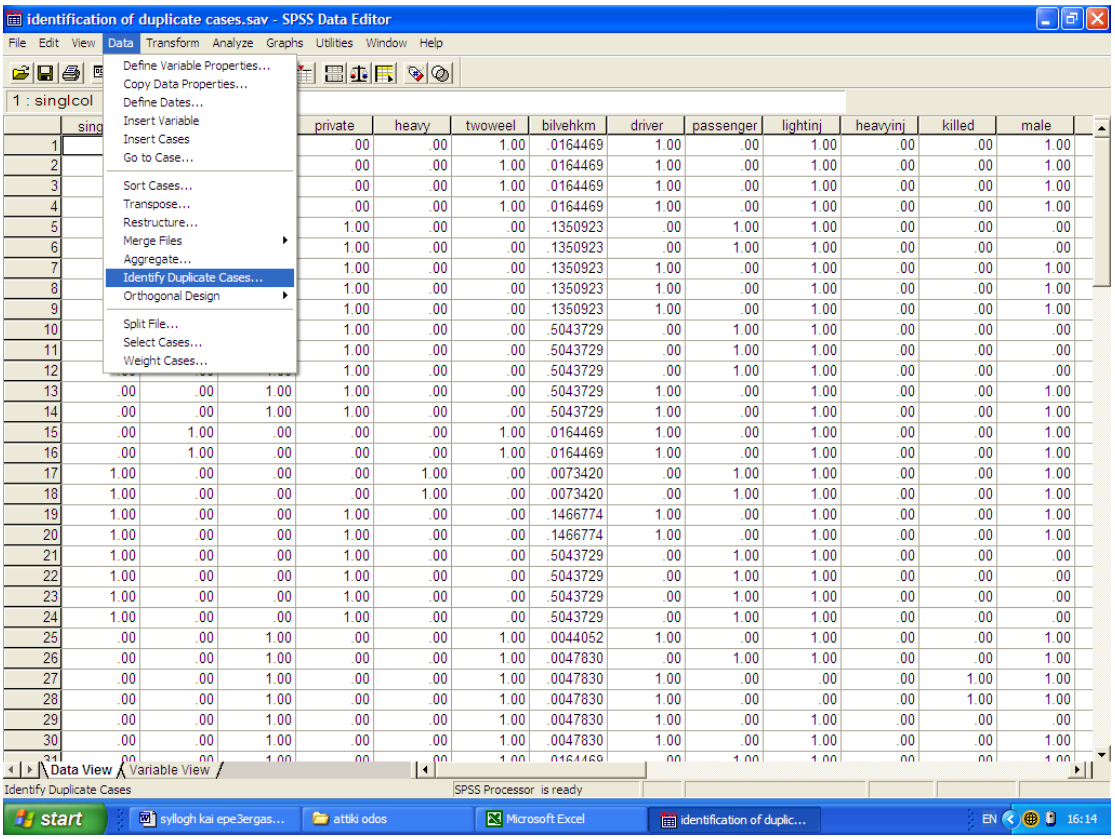
Πολλές φορές κατά την επεξεργασία των μεταβλητών είναι απαραίτητη η μορφοποίηση του πίνακα **προσθέτοντας και αφαιρώντας γραμμές και στήλες**. Για παράδειγμά, κατά την αναγνώριση των ατυχημάτων τα οποία αναφέρονται σε τμήματα αυτοκινητοδρόμου, χρησιμοποιούνται οι μεταβλητές «χιλιομετρική θέση» και «νομός», οι οποίες αφού αναγνωρισθούν όλες οι περιπτώσεις που ενδιαφέρουν την έρευνα αφαιρούνται από τον πίνακα. Η αφαίρεση μεταβλητών έχει ως αποτέλεσμα τη χρησιμοποίηση ενός λιγότερου μέσου ομαδοποίησης των μεταβλητών, χωρίς να αλλάξει η μορφή του πίνακα δεδομένων, πράγμα που έχει ως συνέπεια την εμφάνιση όμοιων περιπτώσεων. Οι όμοιες αυτές περιπτώσεις ενώ θα έπρεπε να συγχωνευθούν σε μια γραμμή του πίνακα βρίσκονται σε περισσότερες. Εάν τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιηθούν από το πρόγραμμα που θα πραγματοποιήσει τη στατιστική ανάλυση με αυτή τη μορφή, τα αποτελέσματα που θα παραχθούν θα είναι αναξιόπιστα καθώς μια περίπτωση (μια σειρά τιμών των μεταβλητών) θα εμφανίζεται στον πίνακα ως δύο διαφορετικές.

Για την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού χρησιμοποιήθηκε μια εφαρμογή του προγράμματος **SPSS** (Statistical Package For Social Sciences) η οποία έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει και να επισημαίνει τις περιπτώσεις (γραμμές του πίνακα) οι οποίες χαρακτηρίζονται από τις ίδιες τιμές μεταβλητών, ενώ δίδεται η δυνατότητα να επιλεχθεί η σειρά μεταβλητών με βάση την οποία θα εξετασθεί ο πίνακας, και ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει η επισήμανση των πολλαπλών περιπτώσεων. Παρακάτω παρατίθενται οι διαδοχικές οθόνες εκτέλεσης της εφαρμογής αυτής και ο πίνακας αποτελεσμάτων που παράγει.

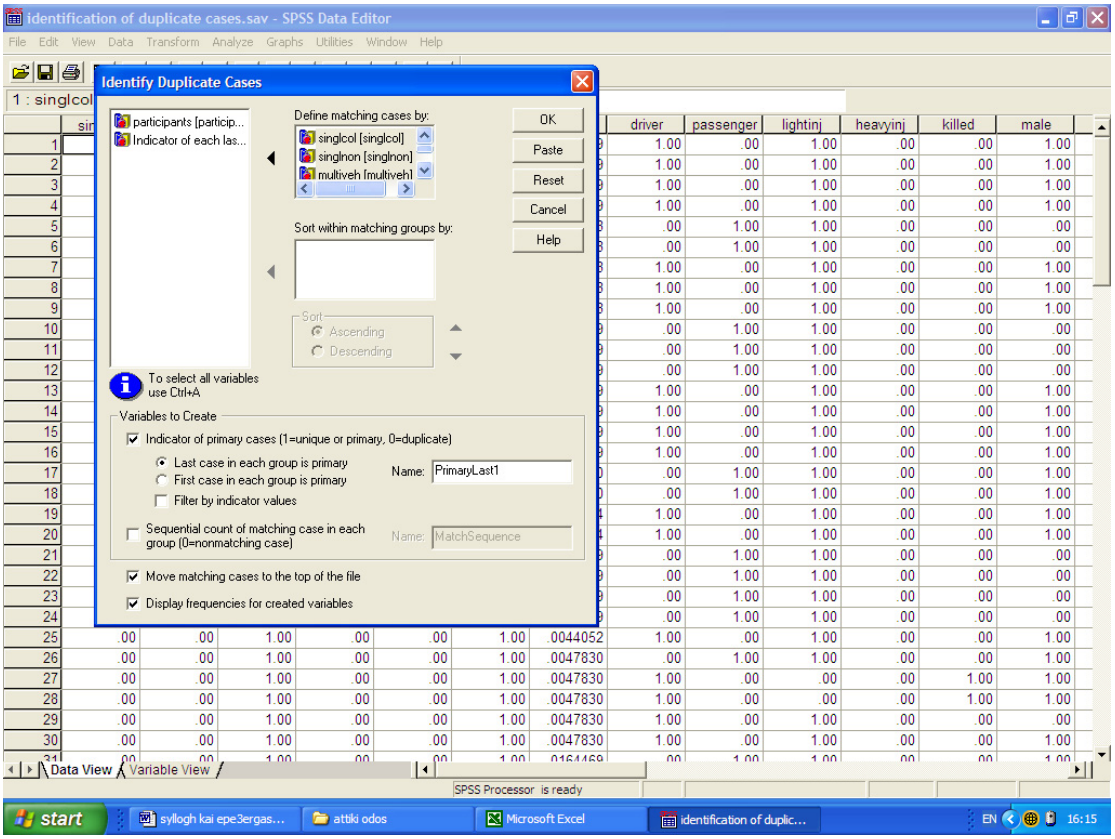


	singlcol	singlnon	multiveh	private	heavy	twoweel	bilvehkm	driver	passenger	lightinj	heavyinj	killed	male
1	.00	.00	1.00	.00	.00	1.00	.0164469	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00
2	.00	.00	1.00	.00	.00	1.00	.0164469	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00
3	.00	.00	1.00	.00	.00	1.00	.0164469	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00
4	.00	.00	1.00	.00	.00	1.00	.0164469	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00
5	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.1350923	.00	1.00	1.00	.00	.00	.00
6	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.1350923	.00	1.00	1.00	.00	.00	.00
7	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.1350923	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00
8	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.1350923	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00
9	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.1350923	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00
10	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.5043729	.00	1.00	1.00	.00	.00	.00
11	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.5043729	.00	1.00	1.00	.00	.00	.00
12	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.5043729	.00	1.00	1.00	.00	.00	.00
13	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.5043729	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00
14	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.5043729	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00
15	.00	1.00	.00	.00	.00	1.00	.0164469	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00
16	.00	1.00	.00	.00	.00	1.00	.0164469	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00
17	1.00	.00	.00	.00	1.00	.00	.0073420	.00	1.00	1.00	.00	.00	1.00
18	1.00	.00	.00	.00	1.00	.00	.0073420	.00	1.00	1.00	.00	.00	1.00
19	1.00	.00	.00	1.00	.00	.00	.1466774	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00
20	1.00	.00	.00	1.00	.00	.00	.1466774	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00
21	1.00	.00	.00	1.00	.00	.00	.5043729	.00	1.00	1.00	.00	.00	.00
22	1.00	.00	.00	1.00	.00	.00	.5043729	.00	1.00	1.00	.00	.00	.00
23	1.00	.00	.00	1.00	.00	.00	.5043729	.00	1.00	1.00	.00	.00	.00
24	1.00	.00	.00	1.00	.00	.00	.5043729	.00	1.00	1.00	.00	.00	.00
25	.00	.00	1.00	.00	.00	1.00	.0044052	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00
26	.00	.00	1.00	.00	.00	1.00	.0047830	.00	1.00	1.00	.00	.00	1.00
27	.00	.00	1.00	.00	.00	1.00	.0047830	1.00	.00	.00	.00	1.00	1.00
28	.00	.00	1.00	.00	.00	1.00	.0047830	1.00	.00	.00	.00	1.00	1.00
29	.00	.00	1.00	.00	.00	1.00	.0047830	1.00	.00	1.00	.00	.00	.00
30	.00	.00	1.00	.00	.00	1.00	.0047830	1.00	.00	1.00	.00	.00	1.00

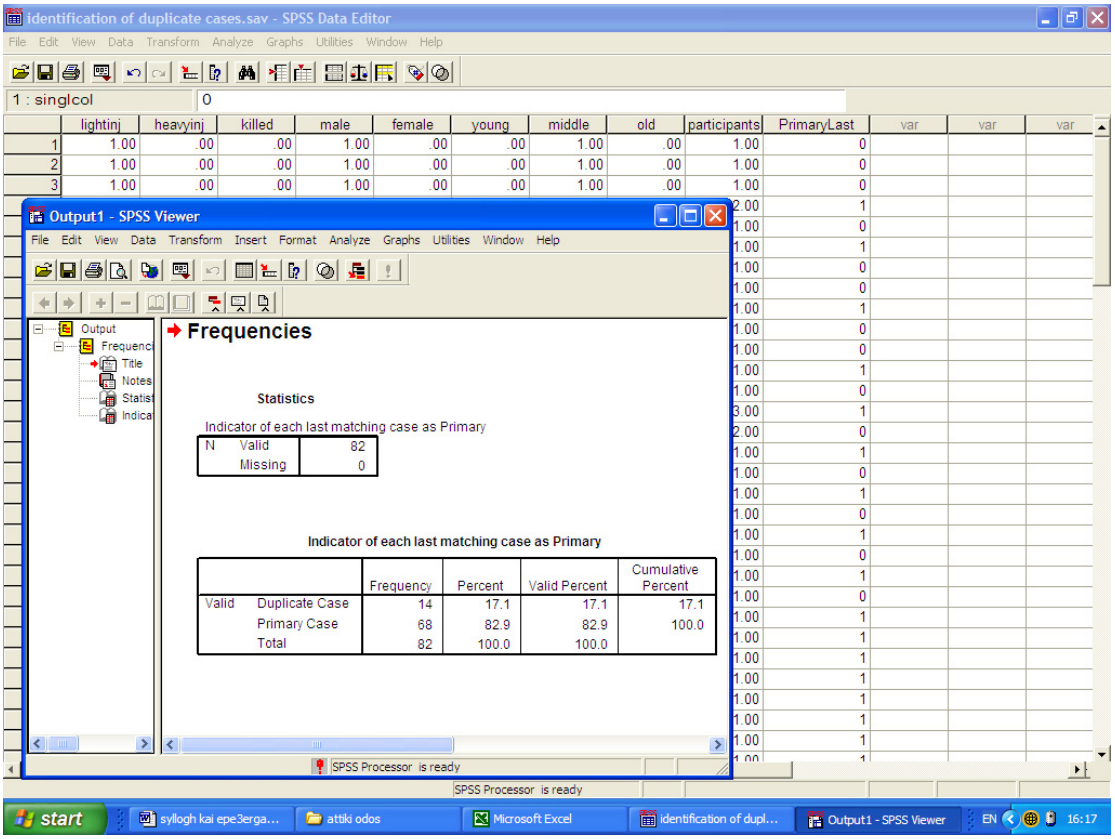
Εικόνα 4.10 Εισαγωγή δεδομένων στο SPSS



Εικόνα 4.11 Επιλογή εφαρμογής “Identify duplicate cases”

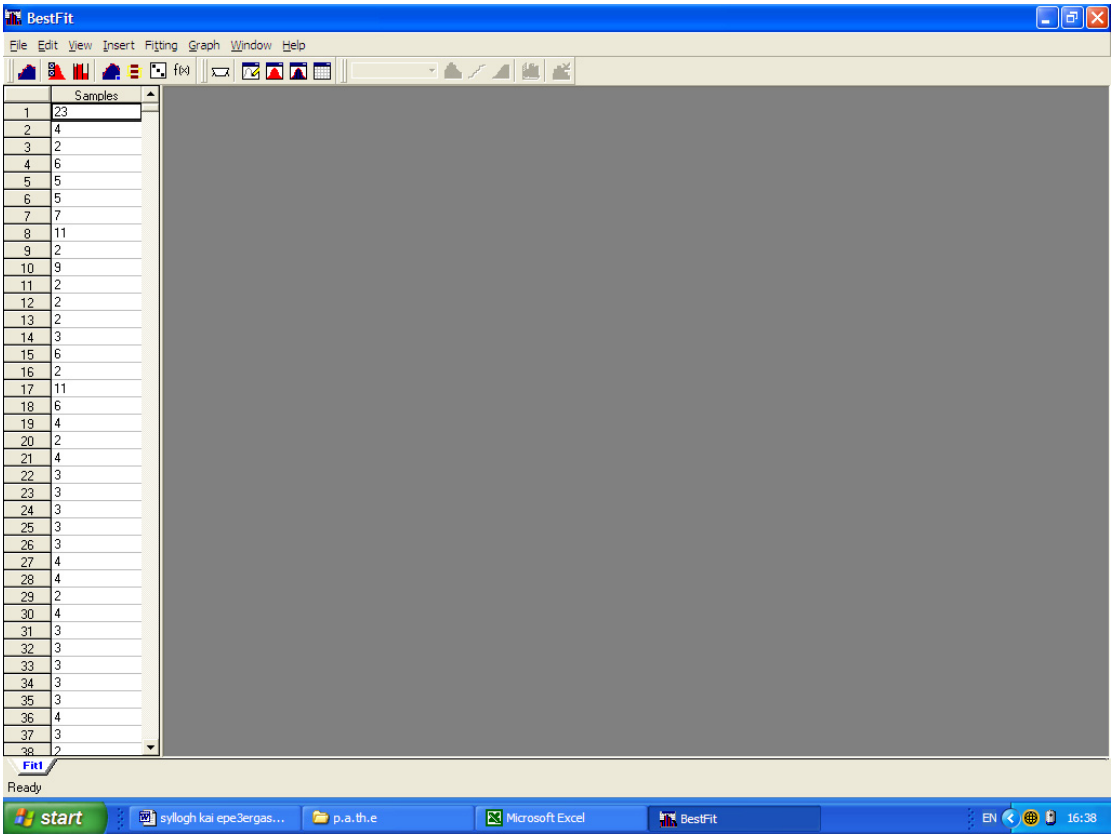


Εικόνα 4.12 Παράθυρο επιλογών της εφαρμογής

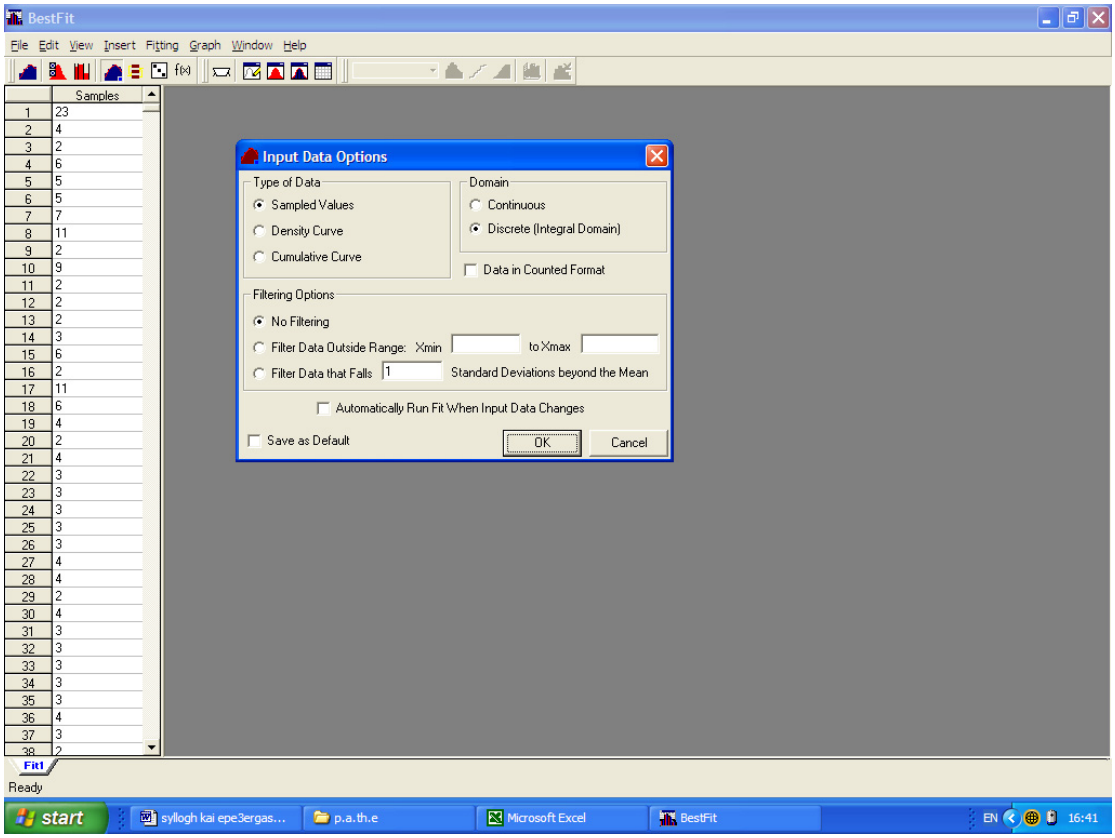


Εικόνα 4.13 Παράθυρο αποτελεσμάτων. Παραγωγή μεταβλητής "PrimaryLast"

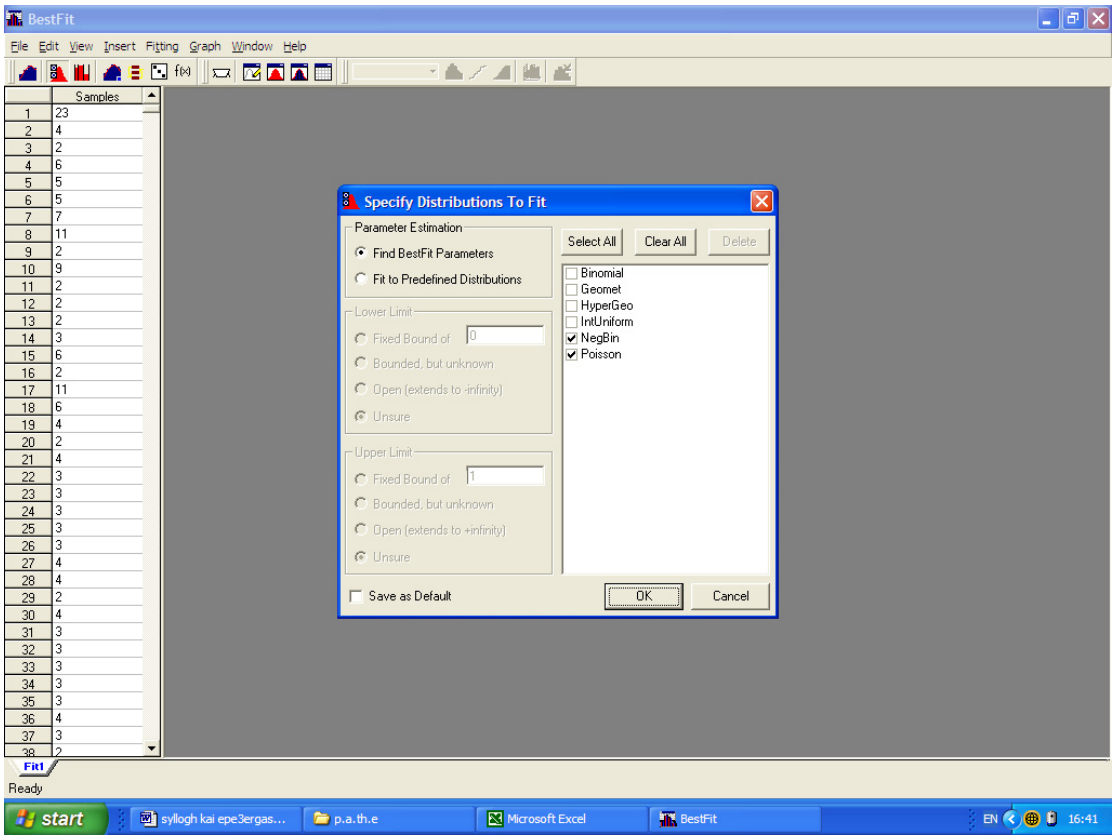
Το τελικό στάδιο της επεξεργασίας των δεδομένων πριν τη χρησιμοποίηση τους στο στατιστικό πρόγραμμα LimDep αφορούσε **την αναγνώριση της κατανομής που ακολουθεί η εξαρτημένη μεταβλητή** δηλαδή οι παθόντες ατυχημάτων. Η αναγνώριση αυτή ήταν πολύ σημαντική καθώς με τον τρόπο αυτό επιλέχθηκε το μη γραμμικό πρότυπο που τελικά χρησιμοποιήθηκε, η επιλογή αφορούσε στην παλινδρόμηση Poisson και την αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση. Η αναγνώριση αυτή πραγματοποιήθηκε για κάθε ένα από τους πίνακες δεδομένων ενώ για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα BestFit 4.5. Το πρόγραμμα αυτό ανήκει στο ευρύτερο στατιστικό πακέτο Palisade Decision Tools, και δίνει τη δυνατότητα αναγνώρισης της στατιστικής κατανομής στην οποία προσαρμόζονται καλύτερα τα εισαγόμενα δεδομένα. Επίσης δίνει μια σειρά από στατιστικούς δείκτες για την αξιολόγηση της εφαρμογής αυτής δίνοντας έτσι μια πλήρη εικόνα για την καταλληλότητα χρήσης της εκάστοτε μεθοδολογίας. Μια παραδειγματική εκτέλεση του προγράμματος αυτού, καθώς και τα αποτελέσματα που παράγει δίδονται στα παρακάτω σχήματα.



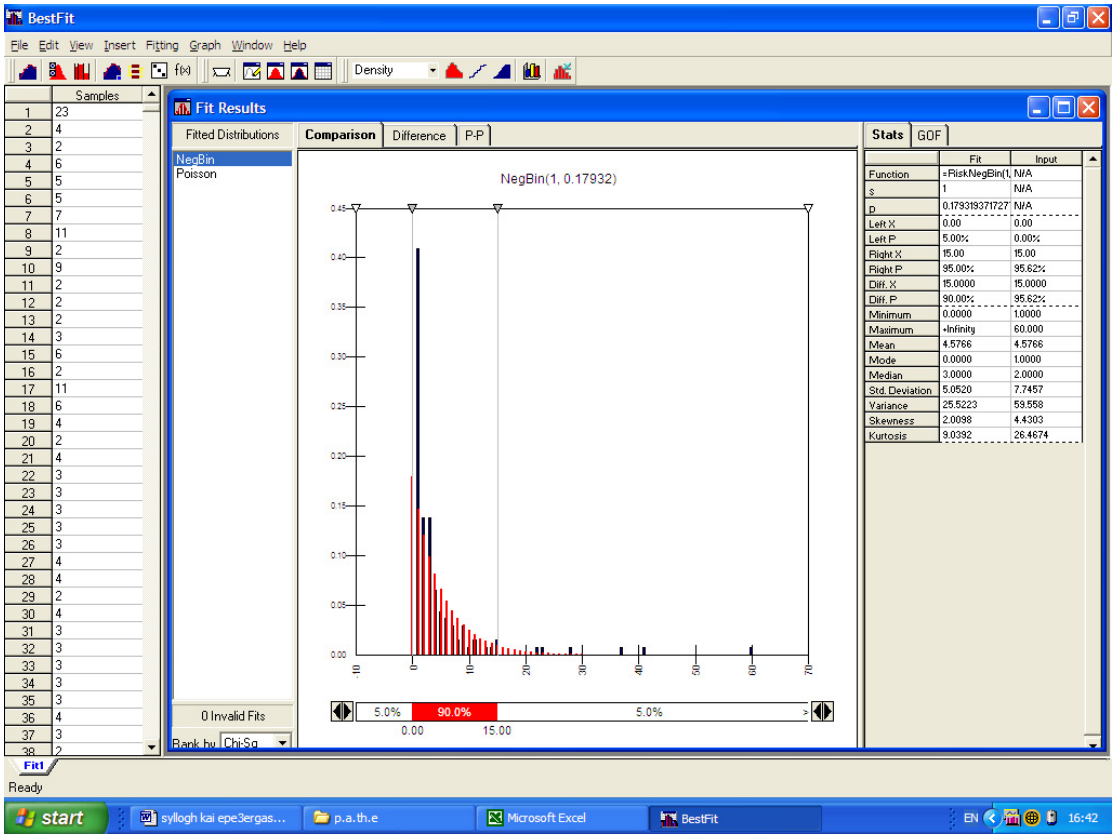
Εικόνα 4.14 Εισαγωγή δεδομένων στο BestFit



Εικόνα 4.15 Επιλογές του τύπου των δεδομένων



Εικόνα 4.16 Επιλογή των κατανομών που θα εξεταστούν



Εικόνα 4.17 Αποτελέσματα και δείκτες της εφαρμογής

5. ΑΝΑΛΥΣΗ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Εισαγωγή – Μεθοδολογία

Οι στατιστικές αναλύσεις που ακολουθούν αφορούν στην **ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων παλινδρόμησης** που συγκρίνουν τις παραμέτρους που εκφράζουν την επικινδυνότητα των Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων με τη χρήση δύο μη γραμμικών προτύπων, της παλινδρόμησης Poisson και της αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης. Τα μη γραμμικά πρότυπα αυτά αποτελούν συνήθεις μεθοδολογίες στις έρευνες οδικής ασφάλειας καθώς, όπως υποστηρίζεται από τη διεθνή βιβλιογραφία, η διαδικασία πρόκλησης οδικών ατυχημάτων περιγράφεται επιτυχώς από την κατανομή Poisson και την ευρύτερη οικογένεια κατανομών στην οποία αυτή ανήκει (Lord et. al. 2004). Η βασική μεθοδολογία που χρησιμοποιείται στην εργασία αυτή είναι η παλινδρόμηση Poisson ενώ η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση εφαρμόζεται σε ορισμένες περιπτώσεις όπου η κατανομή των δεδομένων απέκλινε αρκετά από την κατανομή Poisson. Η εμφάνιση περιπτώσεων όπου τα δεδομένα παρουσίαζαν καλύτερη εφαρμογή στην αρνητική διωνυμική κατανομή, παρά στην κατανομή Poisson έχει ως πιθανή αιτία την αφαίρεση κάποιων στοιχείων από τον πίνακα των δεδομένων (οι λόγοι για τους οποίους έγινε αυτή περιγράφονται στο προηγούμενο κεφάλαιο), πράγμα που συνετέλεσε στην εμφάνιση φαινομένων υπερδιασποράς (overdispersion) και εντοπίστηκε από το λογισμικό που πραγματοποίησε τις δοκιμές εφαρμογής.

Τα μη γραμμικά πρότυπα τα οποία αναφέρθηκαν, **υπολογίζουν το μέσο αναμενόμενο αριθμό λ**, εμφάνισης του φαινομένου (ατυχήματα, αριθμός παθόντων κτλ) ενώ στη συνέχεια με βάση την αντίστοιχη συνάρτηση της στατιστικής κατανομής που ακολουθούν, υπολογίζεται η πιθανότητα να συμβεί ένας ορισμένος αριθμός συμβάντων. Η συνάρτηση κατανομής πιθανότητας διαφέρει ανάλογα με τον χρησιμοποιούμενο τύπο παλινδρόμησης ενώ αντίστοιχα διαφέρει και ο τρόπος υπολογισμού του μέσου όρου λ.

Βασική παραδοχή για την εφαρμογή της παλινδρόμησης Poisson είναι η ισότητα μεταξύ του μέσου όρου και της διασποράς των δεδομένων, που ερμηνεύεται ως έλλειψη φαινομένων υπερδιασπορας και υποδιασποράς. Η παλινδρόμηση Poisson χρησιμοποιεί τη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση για τον υπολογισμό του λ, της οποίας η συνάρτηση έχει την παρακάτω μορφή:

$$\lambda_i = EXP\,([\beta][\mathrm{X}_i])$$

όπου [X] είναι το μητρώο των ανεξάρτητων μεταβλητών και [β] το μητρώο των συντελεστών τους. Η σχέση μεταξύ της μεταβλητής λ και των X_i είναι εκθετική πράγμα που σημαίνει ότι αντίστοιχα θα πρέπει να ερμηνεύεται και η επιρροή του κάθε όρου β σε αυτή.

Όταν δεν ισχύει η ισότητα του μέσου όρου με τη διασπορά για τις διαθέσιμες παρατηρήσεις είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται άλλη πιο κατάλληλη μέθοδος, όπως αυτή **της αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης**. Η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση λαμβάνει υπόψη την υπερδιασπορά των δεδομένων προσθέτοντας στην εξίσωση για τον υπολογισμό του λ έναν όρο σφάλματος ε_i. Ο όρος αυτός ακολουθεί την κατανομή Γάμμα με μέσο όρο ίσο με ένα και διασπορά ίση με α^2, όπου το α ονομάζεται παράμετρος υπερδιασποράς. Περισσότερες πληροφορίες για την κατανομή Γάμμα και τον όρο α δίδονται στο θεωρητικό υπόβαθρο. Η συνάρτηση-αποτέλεσμα της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης σε αυτή την περίπτωση είναι:

$$\lambda_i = EXP\left([\beta][\mathrm{X}_i] + \varepsilon_i\right)$$

Τα αποτελέσματα που παράγονται με τη χρήση των μεθοδολογιών αυτών θα πρέπει να ερμηνεύονται λαμβάνοντας υπόψη **τη μορφοποίηση των μεταβλητών** που συγκαταλέχθηκαν στα πρότυπα και τη φυσική σημασία τους. Η ερμηνεία των προτύπων αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία η οποία δεν περιορίζεται στην ανάγνωση και σύγκριση απλών τιμών αλλά απαιτεί γνώση της φύσης της κάθε μεταβλητής χωριστά, καθώς υπάρχουν σημαντικές διαφορές στον τρόπο που η κάθε τιμή εκφράζει το φαινόμενο που περιγράφεται. Οι μεταβλητές που εισάγονται στα πρότυπα που περιγράφονται παρακάτω είναι ποιοτικές και ονομαστικές. Για τη μετατροπή τους έτσι ώστε να είναι επεξεργάσιμες από το πρόγραμμα ακολουθήθηκε η διαδικασία που περιγράφεται στο κεφάλαιο της επεξεργασίας των στοιχείων, διασπάστηκαν δηλαδή σε σειρές υπομεταβλητών με εύρος τιμών μηδέν ή ένα. Η εισαγωγή τους στο πρότυπο έγινε συγκαταλέγοντας όλες τις υπομεταβλητές κάθε μεταβλητής εκτός από μία η οποία αποτελεί το επίπεδο αναφοράς για τις υπόλοιπες.

Αυτό σημαίνει ότι η τιμή του β που αντιστοιχείται σε κάθε υπομεταβλητή εκφράζει τη **σχετική μεταβολή στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής** για τιμή της υπομεταβλητής αυτής ίση με 1, σε σχέση με την παρουσία της μεταβλητής που αποτελεί το επίπεδο αναφοράς. Το επόμενο παράδειγμα εξηγεί αναλυτικότερα τη λογική αυτή. Εάν η μεταβλητή Α μπορεί να λάβει δύο

τιμές, τις α και β (που αντιπροσωπεύουν κάποια φαινόμενα), αυτή θα χωριστεί σε δύο υπομεταβλητές, A_1 και A_2 κάθε μια από τις οποίες θα μπορεί να λάβει τις τιμές μηδέν ή ένα. Για την υπομεταβλητή A_1 η τιμή μηδέν θα σημαίνει ότι δεν υφίσταται το φαινόμενο α ενώ η τιμή ένα θα σημαίνει ότι υφίσταται το φαινόμενο α. Αντίστοιχη είναι και η ερμηνεία της υπομεταβλητής A_2 (0=όχι β, 1=ναι β). Είναι αυτονόητο πως όταν η υπομεταβλητή A_1 λαμβάνει την τιμή ένα, η A_2 θα λαμβάνει την τιμή μηδέν και αντίστροφα. Για το λόγο αυτό δεν μπορούν να εισαχθούν και οι δύο ταυτόχρονα στο πρότυπο αφού είναι απόλυτα συσχετισμένες μεταξύ τους. Αν υποθέσουμε ότι στο πρότυπο εισήχθη η μεταβλητή A_1, η μεταβλητή A_2 θα αποτελεί το επίπεδο αναφοράς. Έτσι η τιμή που θα δοθεί στον όρο β_i της μεταβλητής A_1 θα εκφράζει τη σχετική μεταβολή στην εξαρτημένη μεταβλητή όταν προκύπτει το φαινόμενο α από την περίπτωση που προκύπτει το φαινόμενο β, με άλλα λόγια τη σχετική μεταβολή όταν η υπομεταβλητή λαμβάνει την τιμή ένα από την περίπτωση που λαμβάνει την τιμή μηδέν.

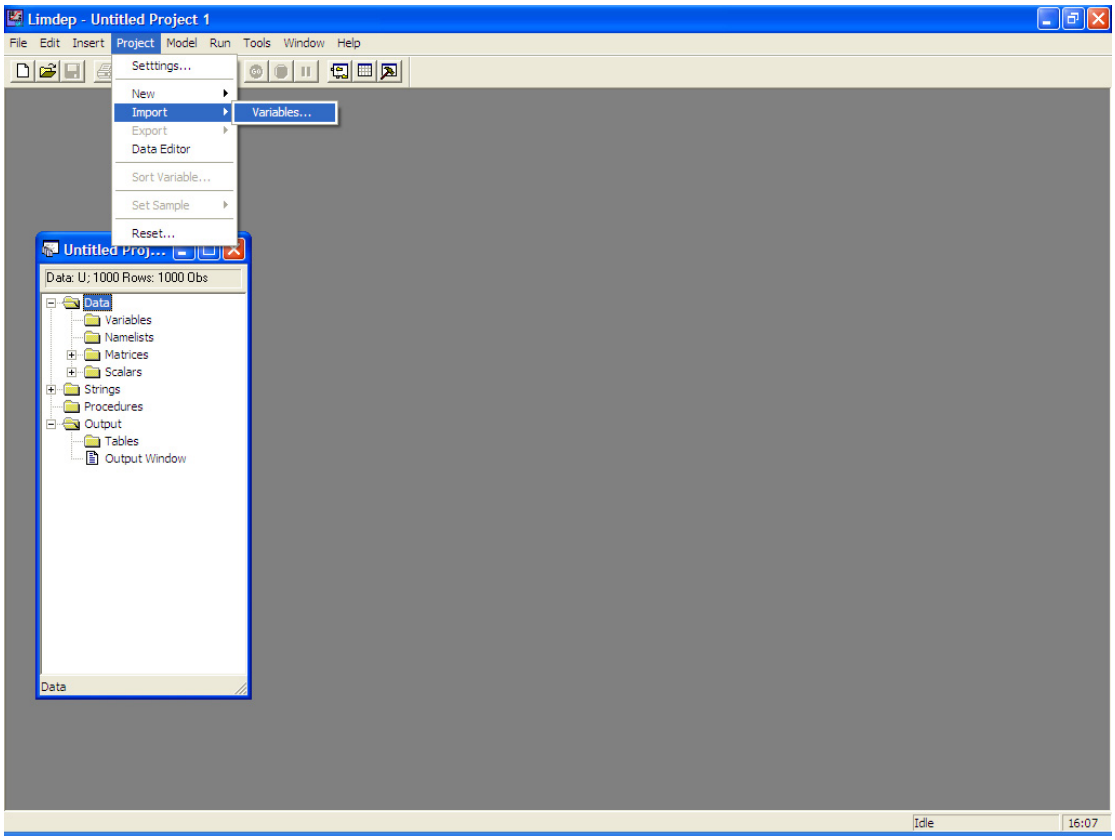
5.2 Λογισμικό στατιστικής ανάλυσης

Για την πραγματοποίηση παλινδρόμησης Poisson και αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης είναι διαθέσιμος ένας μικρός αριθμός προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή, αξιοσημείωτο είναι ότι ευρέως χρησιμοποιούμενα στατιστικά πακέτα (όπως το SPSS 13.0) δεν δίνουν ακόμα αυτή τη δυνατότητα. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία ήταν το **LimDep 7.0.** Οι δυνατότητες που προσφέρει το LimDep είναι πολλές προσφέροντας από παραγωγή απλών περιγραφικών στατιστικών, μέχρι ανάπτυξη πολύπλοκων μη γραμμικών προτύπων. Ακόμη προσφέρεται η δυνατότητα γραφής νέου κώδικα εάν ο χρήστης επιθυμεί να προσθέσει κάποια εφαρμογή στις αναλύσεις που πραγματοποιεί.

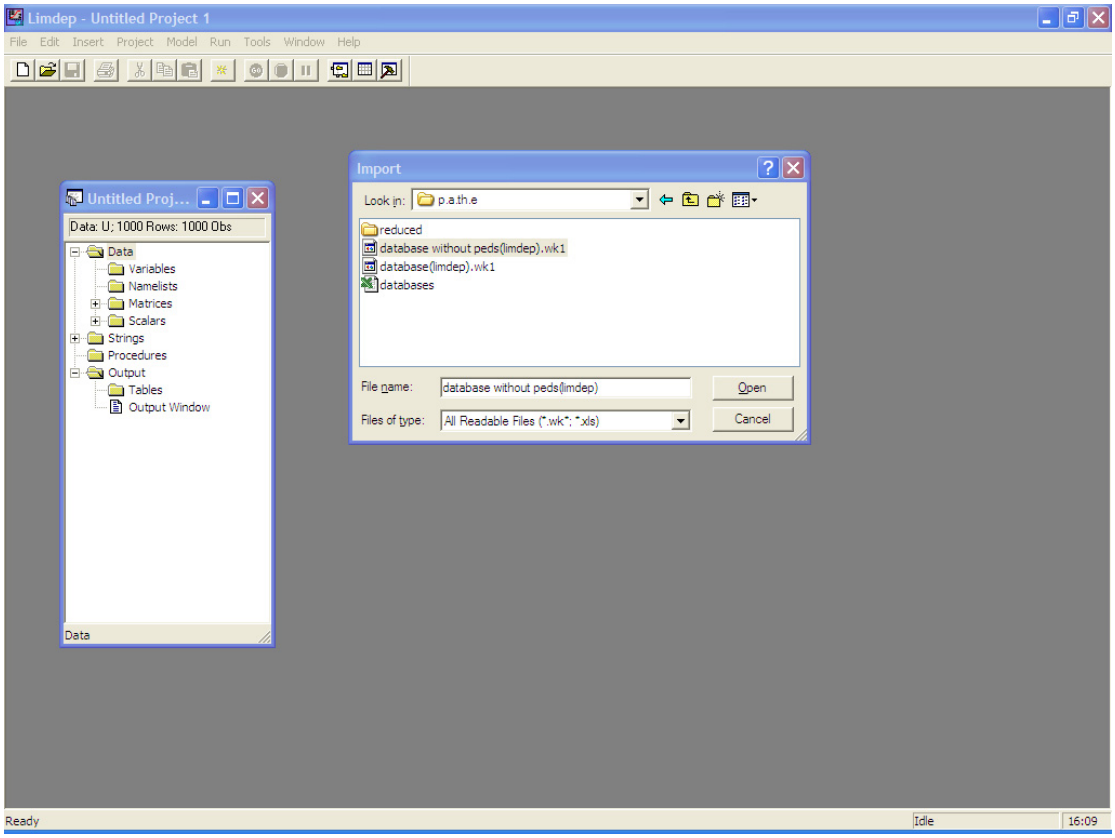
Η έκδοση του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε είναι σχεδιασμένη για παλαιότερα λειτουργικά συστήματα (Windows 95, MS DOS), λόγω αυτού παρουσιάσθηκαν κάποια **προβλήματα στη συμβατότητα των αρχείων** που κατασκευαζόταν από άλλα προγράμματα. Η επεξεργασία των δεδομένων γινόταν κυρίως με τη χρήση του Excel (βλ. κεφάλαιο 4) του οποίο δίνει τη δυνατότητα μορφοποίησης των δεδομένων κατά τρόπο που να μην είναι αναγνωρίσιμη από παλαιότερα λογισμικά. Έτσι τα αρχεία αφού έπαιρναν την τελική τους μορφή μετατρεπόταν σε άλλο απλούστερο τύπο τον οποίο μπορεί να αναγνωρίσει το LimDep 7. Συγκεκριμένα, η έκδοση 7 του LimDep μπορεί να αναγνωρίσει μόνο αρχεία της μορφής Lotus (με επέκταση .wk1). Η μετατροπή των αρχείων του Excel (με επέκταση .xls) σε αρχεία επεξεργάσιμα

από το LimDep είναι δυνατή με απλό τρόπο, αποθηκεύοντας τα στην επιθυμητή μορφή. Το μειονέκτημα της μετατροπής αυτής είναι η απλοποίηση του νέου αρχείου καθώς πολλές δυνατότητες που προσφέρονται από τους τύπους αρχείων του Excel δεν μπορούν να διατηρηθούν σε αυτό.

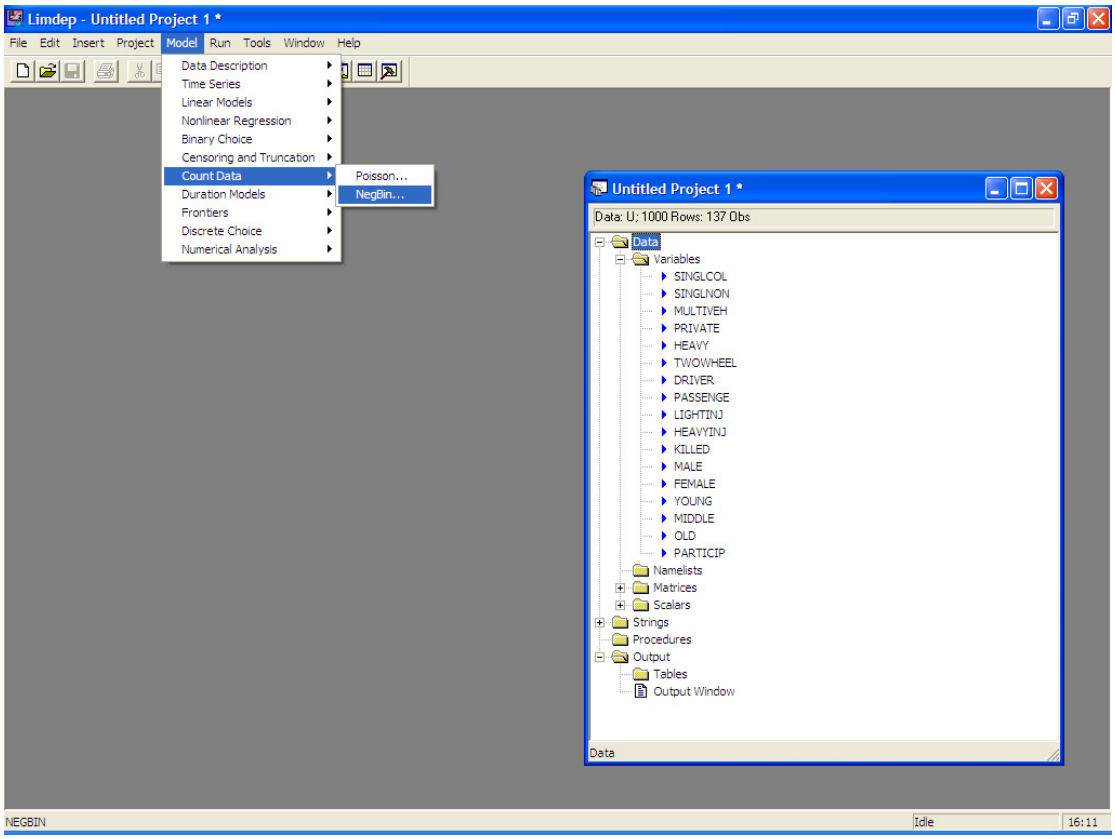
Τα αποτελέσματα των αναλύσεων του LimDep δίδονται **σε μορφή αρχείου κειμένου** του οποίου η επισκόπηση είναι δυνατή μέσα από το περιβάλλον του προγράμματος. Συγκεκριμένα για τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, δίδεται μια σειρά μέτρων καλής εφαρμογής ανάλογα με τον τύπο της παλινδρόμησης τα οποία χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση του προτύπου σε συνδυασμό πάντα με τη δυνατότητα λογικής ερμηνείας των αποτελεσμάτων που παράγει. Στη συνέχεια ακολουθεί παραδειγματική εκτέλεση του προγράμματος για την εκτέλεση αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης.



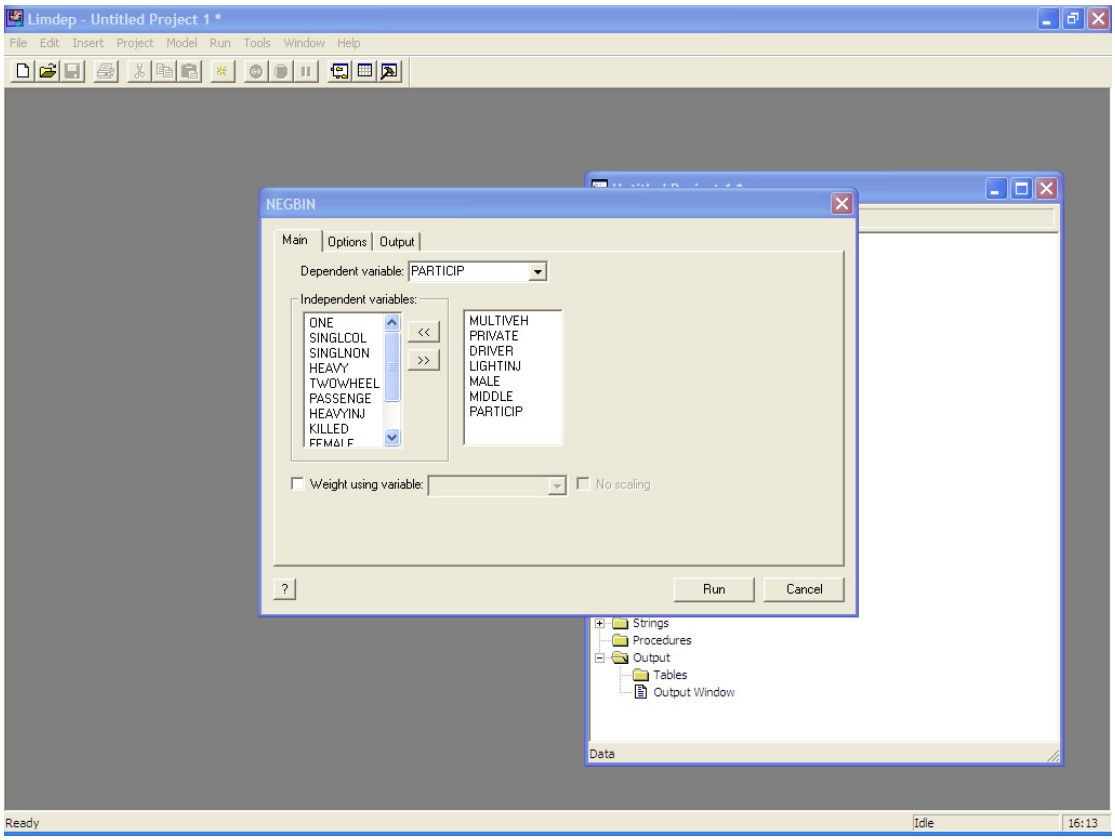
Εικόνα 5.1 Διαδικασία εισαγωγής του αρχείου των δεδομένων



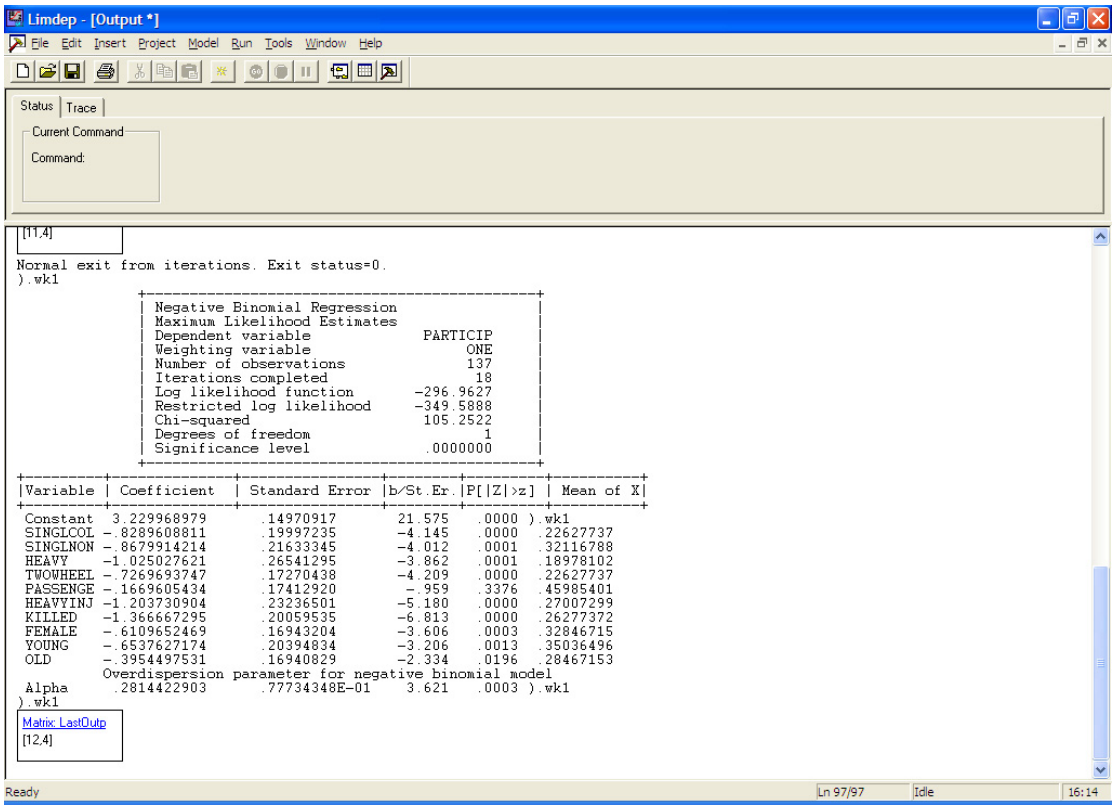
Εικόνα 5.2 Επιλογή του κατάλληλου αρχείου



Εικόνα 5.3 Επιλογή ανάλυσης αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης



Εικόνα 5.4 Επιλογή των ανεξάρτητων και της εξαρτημένης μεταβλητής



Εικόνα 5.5 Πίνακας αποτελεσμάτων αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης

5.3 Κριτήρια αξιολόγησης προτύπων

Προκειμένου να κατασκευασθούν τα πρότυπα που παρουσιάζονται στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ένας **μεγάλος αριθμός δοκιμών** κατά τη διάρκεια των προκαταρκτικών αλλά και των προχωρημένων αναλύσεων μέχρι τα αποτελέσματα που εξαγόταν να θεωρηθούν αξιόπιστα και ικανοποιητικά. Οι απαιτήσεις που τέθηκαν αρχικά ως στόχοι της Διπλωματικής Εργασίας ήταν πολυάριθμοι συνεπώς η ανάπτυξη προτύπων που πληρούν όλα τα κριτήρια που είχαν τεθεί ήταν επίπονη διαδικασία. Τα αποτελέσματα της Εργασίας παρήχθησαν μέσα από μία συνεχή διαδικασία αναδιατύπωσης των ερωτημάτων και ανακατασκευής των διαδικασιών που εκτελούταν. Οι διαφορές ανάμεσα στις διαδοχικές προσεγγίσεις μπορούσαν να είναι πολύ μικρές, όπως μια αλλαγή στη δομή κάποιας μεταβλητής, έως πολύ μεγάλες που μπορεί να αφορούσαν στη χρησιμοποίηση μίας νέας μεθοδολογίας.

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που παρήγαγε κάθε νέα προσέγγιση χρησιμοποιήθηκαν **μαθηματικά και ποιοτικά κριτήρια**. Τα ποιοτικά κριτήρια (βλ. και κεφάλαιο 3-θεωρητικό υπόβαθρο) αφορούν στη δυνατή λογική ερμηνεία του προτύπου και στην ενδεχόμενη συμφωνία του με τη διεθνή εμπειρία. Αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις τις οποίες θα πρέπει να πληροί ένα πρότυπο για να γίνει αποδεκτό και ταυτόχρονα επαρκείς λόγους για την απόρριψη ενός άλλου ακόμη και αν τα αντίστοιχα στατιστικά κριτήρια είναι ικανοποιητικά. Οι στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αφορούν στην τιμή δεικτών και των αντίστοιχων επιπέδων σημαντικότητας. Οι δείκτες αυτοί (περιγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο του θεωρητικού υποβάθρου) απευθύνονται είτε στη συνολική εφαρμογή του προτύπου στα δεδομένα, είτε στην τιμή του συντελεστή της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά.

Ο στατιστικός έλεγχος X^2 αναφέρεται στη σύγκριση του προτύπου που παράγεται με ένα πρότυπο που περιγράφει το ίδιο φαινόμενο με λιγότερες ανεξάρτητες μεταβλητές και εκφράζει τη διαφορά ανάμεσα στην επεξηγηματική ικανότητα που προσφέρει το συνολικό σε σχέση με το μειωμένο πρότυπο. Η τιμή του δείκτη αυτού αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο σημαντικότητας που υποδηλώνει την αντίστοιχη πιθανότητα το συνολικό πρότυπο να μην προσφέρει επιπλέον επεξηγηματική ικανότητα. Η τιμή του δείκτη αυτού υπολογίζεται για όλα τα πρότυπα που παρουσιάζονται παρακάτω και ελέγχεται έτσι ώστε το επίπεδο πιθανότητας να είναι πάντα ικανοποιητικό.

Η τιμή του δείκτη R^2 αποτελεί ένα μέτρο εφαρμογής του προτύπου στα δεδομένα. Το εύρος τιμών του είναι από μηδέν έως ένα ενώ οι τιμές που πρέπει να λάβει ώστε να θεωρηθεί ικανοποιητικός μπορούν να ποικίλλουν πολύ ανάλογα με το αντικείμενο της έρευνας, τις προηγούμενες προσπάθειες και την ποιότητα των αποτελεσμάτων που έχουν ήδη εξαχθεί στον τομέα αυτό. Στην παρούσα έρευνα οι τιμές για το δείκτη R^2 για τα παρουσιαζόμενα πρότυπα κυμαίνονται πάντοτε σε υψηλά επίπεδα της τάξης του 0,8.

Τέλος **ο σημαντικότερος στατιστικός έλεγχος** που πραγματοποιείται και λαμβάνει πιο δύσκολα ικανοποιητικές τιμές αφορά στο **δείκτη t**. Ο δείκτης αυτός αποτελεί μια μεταβλητή που κατασκευάζεται με βάση τις τιμές των β_i και του τυπικού σφάλματος της κάθε μίας, η οποία θεωρείται ότι ακολουθεί την κατανομή t του student. Η τιμή του δείκτη αυτού ανάλογα με τον αριθμό των βαθμών ελευθερίας, λαμβάνει μια τιμή η οποία αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο επίπεδο σημαντικότητας που υποδηλώνει την πιθανότητα με την οποία ο δείκτης που υπολογίστηκε δεν διαφέρει από τον πραγματικό (αυτόν που θα προέκυπτε για τα δεδομένα όλου του πληθυσμού). Το επίπεδο σημαντικότητας στο οποίο πραγματοποιείται ο έλεγχος αυτός είναι 10% ενώ σε εξαιρετικές περιπτώσεις γίνεται δεκτό επίπεδο σημαντικότητας 20%.

5.4 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται αναλυτικά **τα αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων της Εργασίας**, η συγκριτική διερεύνηση παραμέτρων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα των αυτοκινητοδρόμων. Περιγράφεται ο τύπος της ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε (παλινδρόμηση Poisson ή αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση) και το οδικό τμήμα στο οποίο αφορά, τα δεδομένα εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Παρουσιάζονται επίσης αναλυτικά τα συμπεράσματα που αφορούν στο επίπεδο οδικής ασφάλειας των οδών που εξετάζονται. Τα πρότυπα εξάγονται σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναφέρθηκε παραπάνω εν συντομία, ενώ συνοδεύονται από τις τιμές των στατιστικών δεικτών που τα αξιολογούν καθώς και τη λογική ερμηνεία των αποτελεσμάτων που παράγουν. Στη συνέχεια ακολουθεί ένας πίνακας που συνοψίζει τα πρότυπα που θα παρουσιασθούν, τη μεθοδολογία που ακολουθείται, το προς εξέταση οδικό τμήμα και τον αριθμό των ανεξάρτητων μεταβλητών που εισάγονται στο πρότυπο.

Πίνακας 5.1 Μεθοδολογία και αριθμός ανεξάρτητων μεταβλητών για τα μαθηματικά πρότυπα κάθε οδικού τμήματος

		Παλινδρόμηση Poisson	**Αρνητική Διωνυμική παλινδρόμηση**	**Πολυωνυμική συσχέτιση**
Αποδεκτά πρότυπα	Π.Α.Θ.Ε	10 Μεταβλητές		
	Αττική Οδός	7 Μεταβλητές		
	Π.Α.Θ.Ε		7 Μεταβλητές	
	Π.Α.Θ.Ε-Αττική Οδός	11 Μεταβλητές		
	Αττική Οδός			Διερεύνηση συσχέτισης δείκτη ατυχημάτων και δείκτη παθόντων με μηνιαία μέση ημερήσια κυκλοφορία
Μή αποδεκτά πρότυπα		**Παλινδρόμηση Poisson**	**Αρνητική Διωνυμική παλινδρόμηση**	
	Π.Α.Θ.Ε		10 Μεταβλητές	
	Αττική Οδός		7 Μεταβλητές	
	Π.Α.Θ.Ε-Αττική Οδός		11 Μεταβλητές	

5.4.1 Παλινδρόμηση Poisson – Π.Α.Θ.Ε.

Το μαθηματικό πρότυπο που παρουσιάζεται αφορά στη σχετική επιρροή μιας σειράς παραμέτρων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα στα **τμήματα διατομής αυτοκινητοδρόμου του Π.Α.Θ.Ε. από την Κόρινθο ως την Υλίκη**. Η έκφραση του επιπέδου οδικής ασφάλειας πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας ως εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των παθόντων προσώπων στα εξεταζόμενα οδικά τμήματα κατά τη διάρκεια της τριετίας 2001-2003. Η επιρροή των παραμέτρων που εξετάζονται δίδεται ως μεταβολή στην τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής για την παρουσία της εκάστοτε παραμέτρου σε σχέση με την απουσία αυτής και την ταυτόχρονη παρουσία της αντίστοιχης παραμέτρου που αποτελεί το επίπεδο αναφοράς. Το πρότυπο αυτό εκφράζει την αυξημένη ή μειωμένη πιθανότητα που παρουσιάζει η εμφάνιση κάποιου παράγοντα σε σχέση με την εμφάνιση κάποιου άλλου, στον αριθμό των παθόντων προσώπων που συμμετείχαν σε ατυχήματα στα εξεταζόμενα οδικά τμήματα την κατά την περίοδο αναφοράς.

Για την πραγματοποίηση της ανάλυσης αυτής χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία που αφορούσαν στη διάκριση των τμημάτων που χαρακτηρίζονται ως **αυτοκινητόδρομοι** για τις εθνικές οδούς από την Αθήνα ως την Κόρινθο (88° χιλιόμετρο Αθηνών – Κορίνθου – Πατρών) και από την Αθήνα ως την Υλίκη (85° χιλιόμετρο Αθηνών – Ευζώνων). Ακόμη ελήφθησαν δεδομένα για τον αριθμό των παθόντων προσώπων του Π.Α.Θ.Ε. κατά την τριετία 2001-2003 από τα οποία χρησιμοποιήθηκαν μόνο αυτά που αναφερόταν στα όρια των παραπάνω χιλιομετρικών θέσεων. Τα στοιχεία αυτά αποτέλεσαν την εξαρτημένη μεταβλητή σε αυτό αλλά και τα υπόλοιπα μαθηματικά πρότυπα που παρουσιάζονται και ελήφθησαν ομαδοποιημένα ανά μια σειρά επεξηγηματικών μεταβλητών που επηρεάζουν την εμφάνιση οδικών ατυχημάτων. Οι μεταβλητές που εισάγονται στο μαθηματικό πρότυπο είναι οι εξής:

- **Τύπος του ατυχήματος**: Η μεταβλητή αυτή έχει ως στόχο τη διαπίστωση της σχετικής συχνότητας εμφάνισης των διαφόρων τύπων εμπλοκών στο εξεταζόμενο τμήμα. Οι τύποι ατυχημάτων που μπορούν να εμφανιστούν διαχωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες, τα ατυχήματα ενός οχήματος με κάποια πρόσκρουση (single vehicle accidents with collision), τα ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς κάποια πρόσκρουση (single vehicle, non-collision accidents) και τα ατυχήματα με εμπλοκή πολλών οχημάτων (multi-vehicle accidents). Το πρότυπο περιλαμβάνει δύο επίπεδα της μεταβλητής αυτής, τα ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση (**singlcol**) και τα ατυχήματα ενός οχήματος

χωρίς πρόσκρουση (**singlnon**), επομένως οι συντελεστές των μεταβλητών αυτών εκφράζουν τη σχετική μεταβολή στους παθόντες για τα ατυχήματα αντίστοιχου τύπου σε σχέση με τον αριθμό των παθόντων από ατυχήματα πολλών οχημάτων (**multiveh**).

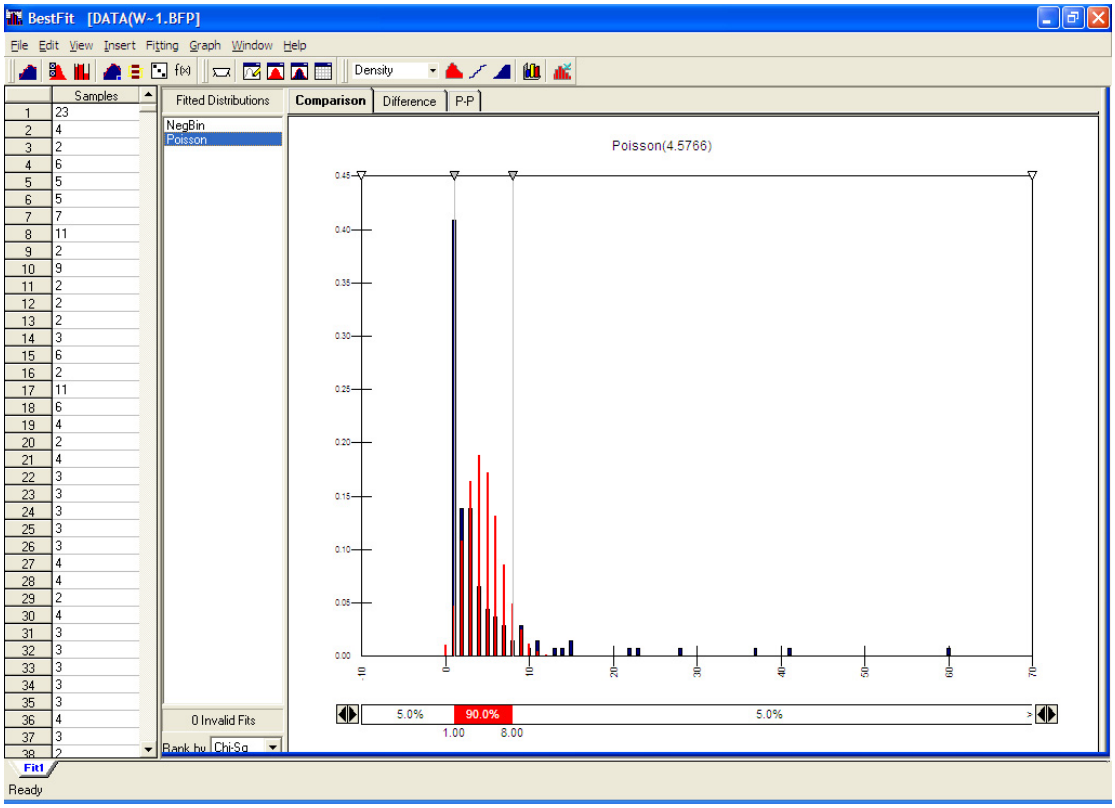
- **Τύπος του συνδεδεμένου οχήματος**: Η μεταβλητή αυτή αναφέρεται στο όχημα στο οποίο επέβαινε ο παθών του ατυχήματος το οποίο εξετάζεται. Τα επίπεδα στα οποία διαχωρίζεται αυτή η μεταβλητή είναι τρία, σύμφωνα με τους επικρατέστερους τύπους οχημάτων, τα ιδιωτικά και επιβατικά αυτοκίνητα (passenger and private cars), τα βαρέα οχήματα, συνήθως αναφερόμενοι στα φορτηγά και τα λεωφορεία (heavy vehicles) και τα δίκυκλα όλων των ειδών όπως οι μηχανές μεγάλου ή μικρού κυβισμού και τα ποδήλατα. Η μεταβλητή αυτή εξετάζει την επιρροή του τύπου οχήματος στον αριθμό των παθόντων για το εξεταζόμενο οδικό τμήμα. Τα επίπεδα της μεταβλητής που εισάγονται στο μαθηματικό πρότυπο είναι τα βαρέα οχήματα (**heavy**) και τα δίκυκλα (**two-wheel**) ενώ τα επιβατικά αυτοκίνητα αποτελούν το επίπεδο αναφοράς.
- **Κατηγορία παθόντος**: Χρησιμοποιείται για να προσδιορισθεί το πρόσωπο-στόχος στο οποίο αναφέρεται η εξεταζόμενη περίπτωση. Η εξαρτημένη μεταβλητή (αριθμός παθόντων σε ατυχήματα) αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο πρόσωπο, ενώ σκοπός της μεταβλητής αυτής είναι να εξετάσει τη σχετική συχνότητα εμφάνισης παθόντων μιας κατηγορίας σε σχέση με μια άλλη. Οι κατηγορίες προσώπων που εξετάζονται είναι οι οδηγοί (drivers) και οι επιβάτες (passengers) των οχημάτων-στόχων, επομένως ο συντελεστής που εμφανίζεται στο πρότυπο απεικονίζει τη σχετική μεταβολή στον αριθμό των παθόντων επιβατών σε σχέση με τους παθόντες οδηγούς. Η μεταβλητή που εισάγεται στο πρότυπο είναι οι επιβάτες (**passeng**) ενώ οι οδηγοί αποτελούν το επίπεδο αναφοράς.
- **Σοβαρότητα ατυχήματος**: Σκοπός της μεταβλητής αυτής είναι η διερεύνηση της συχνότητας με την οποία εμφανίζονται ατυχήματα κάποιας σοβαρότητας σε σχέση με κάποια άλλη στο εξεταζόμενο οδικό τμήμα. Δίνει συγκεκριμένη βαρύτητα στην περίπτωση που εξετάζεται αφού υποδηλώνει τη σοβαρότητα του τραυματισμού του συμμετέχοντα-στόχου. Η μεταβλητή χωρίζεται σε τρία επίπεδα σοβαρότητας, διαχωρίζοντας τους παθόντες σε αυτούς που απεβίωσαν (killed), σε αυτούς που αντιμετώπισαν σοβαρό τραυματισμό (heavily injured) και αυτούς που αντιμετώπισαν ελαφρύ τραυματισμό (lightly injured). Στο πρότυπο εισάγονται οι μεταβλητές που αφορούν τους βαριά τραυματίες (**heavyinj**) και τους νεκρούς (**killed**) συμμετέχοντες, ενώ εκφράζεται η μεταβολή στον αριθμό τους σε σχέση με τους ελαφρά τραυματίες που αποτελούν το επίπεδο αναφοράς.

- **Φύλο του παθόντος**: Το φύλο έχει διερευνηθεί ως παράγων που επηρεάζει σημαντικά τον αριθμό των παρατηρούμενων ατυχημάτων και συνεπώς τον αριθμό των παθόντων. Στο παρόν μαθηματικό πρότυπο αλλά και τα υπόλοιπα που παρουσιάζονται στην Εργασία εκφράζει τη σχετική μεταβολή του αριθμού των παθόντων ανάλογα με το φύλο, ή τη σχετική επικινδυνότητα του αυτοκινητοδρόμου για τις γυναίκες σε σχέση με τους άνδρες. Όπως είναι αυτονόητο, χωρίζεται σε δύο επίπεδα, άρρεν (**male**) και θήλυ (**female**) ενώ στο μαθηματικό πρότυπο εισάγεται η μεταβλητή θήλυ.
- **Ηλικία του παθόντος**: Η ηλικία των παθόντων, όπως και το φύλο τους είναι παράγων που επηρεάζει τόσο την εμφάνιση όσο και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Εξετάζεται η σχετική μεταβολή στον αριθμό των παθόντων ανά ηλικιακή ομάδα χρηστών της οδού, χρησιμοποιώντας μια συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα ως επίπεδο αναφοράς. Οι ομάδες αυτές για τους σκοπούς της Εργασίας είναι τρεις, νέοι, μεσαίας ηλικίας και προχωρημένης ηλικίας. Στο συγκεκριμένο μαθηματικό πρότυπο χρησιμοποιούνται οι παθόντες μεσαίας ηλικίας ως επίπεδο αναφοράς ενώ εξετάζεται η αναμενόμενη μεταβολή στον αριθμό των παθόντων για τις άλλες δύο ομάδες που εισάγονται στο πρότυπο, τους νέους (**young**) και τους προχωρημένης ηλικίας παθόντες (**old**).

Η επιλογή των παραπάνω μεταβλητών δεν έγινε με τυχαίο τρόπο. Οι μεταβλητές αυτές είναι ικανές να περιγράψουν ένα ατύχημα επαρκώς όσον αφορά τις συνθήκες κάτω από τις οποίες συνέβη και τα χαρακτηριστικά των παθόντων και των οχημάτων που το προκάλεσαν. Για παράδειγμα, οι παραπάνω μεταβλητές μπορούν να αναφέρονται σε ένα παθόντα σε μία πλάγια σύγκρουση, την οποία προκάλεσε ένα επιβατικό όχημα, στο οποίο ο συμμετέχων αυτός ήταν οδηγός, άνδρας ηλικίας 25-44 ετών και τραυματίστηκε ελαφρά.

Χρήσιμα συμπεράσματα ως προς τις στατιστικές κατανομές στις οποίες προσαρμόζονται καλύτερα τα δεδομένα δόθηκαν με τη χρήση του λογισμικού Best Fit. Το πρόγραμμα αυτό που έχει παρουσιασθεί αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο επιβεβαίωσε την εφαρμογή των δεδομένων της εργασίας στις κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν, σε κάποιο δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Τα αποτελέσματα του προγράμματος δίνουν τις κατανομές αυτές με σειρά καλύτερης εφαρμογής. Κατά το στάδιο επεξεργασίας των δεδομένων ήταν απαραίτητη η **αφαίρεση κάποιων δεδομένων** από τους πίνακες που ελήφθησαν από το Σύστημα Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων. Οι λόγοι για τους οποίους έγινε η αφαίρεση αυτή ήταν κυρίως η έλλειψη επαρκών πληροφοριών για κάποιες περιπτώσεις και η

υποψία λανθασμένων καταγραφών ενώ αναλυτικότερα έχουν αναφερθεί στο τέταρτο κεφάλαιο. Το αποτέλεσμα της αφαίρεσης στοιχείων από ένα πίνακα δεδομένων μπορεί να αποτελέσει την αιτία για την εμφάνιση φαινομένων **υπερδιασποράς** σε αυτά, με αποτέλεσμα η κατανομή τους να αποκλίνει από την κατανομή Poisson και να μπορεί να περιγραφεί καλύτερα από την αρνητική διωνυμική κατανομή. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε αρκετές φορές στους πίνακες δεδομένων των στοιχείων της παρούσας εργασίας και είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση της αρνητικής διωνυμικής κατανομής ως καταλληλότερη για την περιγραφή των δεδομένων σε πολλές περιπτώσεις. Παρόλα αυτά η κατανομή Poisson **γινόταν δεκτή** από το πρόγραμμα ως κατανομή που περιγράφει τα δεδομένα, αλλά με ελαφρώς μικρότερη ακρίβεια. Στην περίπτωση του συγκεκριμένου μαθηματικού προτύπου χρησιμοποιήθηκε αρχικά η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση ωστόσο παρατηρήθηκε αδυναμία στην ανάπτυξη ενός πλήρως αξιόπιστου προτύπου, καθώς παρουσιαζόταν πρόβλημα στο επίπεδο σημαντικότητας της μεταβλητής που αναφερόταν την κατηγορία του συμμετέχοντα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η κατανομή Poisson, ενώ το αντίστοιχο μαθηματικό πρότυπο που προέκυψε κρίθηκε αξιόπιστο όσον αφορά τους στατιστικούς ελέγχους και τη λογική που παράγει. Το πρότυπο της αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης παρουσιάζεται μαζί με τα πρότυπα που κατασκευάσθηκαν αλλά δεν έγιναν αποδεκτά. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής των δεδομένων φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 5.6 Εφαρμογή δεδομένων ΠΑΘΕ στην κατανομή Poisson

Τα αποτελέσματα του μαθηματικού προτύπου της παλινδρόμησης Poisson παρουσιάζονται υπό μορφή πίνακα που φαίνεται παρακάτω. Ο πίνακας αποτελείται από πέντε στήλες, η πρώτη απεικονίζει το όνομα της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής, η δεύτερη τον εκτιμώμενο συντελεστή β_i για κάθε μία από αυτές, η τρίτη δίνει την τιμή του στατιστικού δείκτη t η οποία προκύπτει ως το πηλίκο του συντελεστή β προς το τυπικό του σφάλμα (τυπικό σφάλμα ονομάζεται η τετραγωνική ρίζα της διακύμανσης της κατανομής που ακολουθεί ένας στατιστικός δείκτης), η τέταρτη στήλη δίνει το επίπεδο σημαντικότητας σύμφωνα με τους πίνακες της κατανομής t, με βάση το οποίο κρίνεται η αξιοπιστία του κάθε εκτιμώμενου συντελεστή β και τέλος, η πέμπτη στήλη δίνει την οριακή επιρροή της ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Ακόμη δίδεται η τιμή του μέτρου καλής εφαρμογής R^2 και η τιμή του X^2 με το αντίστοιχο επίπεδο σημαντικότητας.

Πίνακας 5.2 Αποτελέσματα προτύπου παλινδρόμησης Poisson για τον Π.Α.Θ.Ε.

Παλινδρόμηση Poisson - Αυτοκινητόδρομος Π.Α.Θ.Ε.				
R^2=0.8089 X^2=340.77 – sign X=0.00000				
Ανεξάρτητη Μεταβλητή	**Συντελεστής β_i**	**β_i/τυπ.σφ.**	**Επίπεδο σημαντικότητας**	**Οριακή επιρροή**
Σταθερός όρος	3.5684	40.69	0.0000	13.924
Ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση	-0.9459	-8.567	0.0000	-3.573
Ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση	-1.1033	-10.146	0.0000	-3.742
Βαρέα οχήματα	-1.2234	-8.786	0.0000	-4.419
Δίκυκλα	-0.8302	-7.883	0.0000	-3.134
Επιβάτες	-0.3344	-3.942	0.0001	-0.720
Βαριά τραυματίες	-1.3761	-11.335	0.0000	-5.189
Νεκροί	-1.6730	-13.189	0.0000	-5.891
Θήλυ	-0.6889	-7.371	0.0000	-2.634
Νέοι	-0.7336	-7.156	0.0000	-2.818
Προχωρημένης ηλικίας	-0.4210	-2.334	0.0196	-1.705

Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Οι συντελεστές β που αντιστοιχίζονται σε κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή δεν υποδηλώνουν την άμεση επιρροή αυτής στον αριθμό των αναμενόμενων παθόντων, καθώς η σχέση μεταξύ τους είναι εκθετική. Η επιρροή της κάθε μεταβλητής υπολογίζεται σε σχέση με την επιρροή του αντίστοιχού επιπέδου αναφοράς. Η επιρροή της μεταβολής κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη υπολογίζεται με βάση την **οριακή επιρροή** που δίδεται στην τελευταία στήλη του πίνακα των αποτελεσμάτων. Οι τιμές που δίδονται στη στήλη αυτή είναι δεκαδικές ενώ ο αριθμός των παθόντων (εξαρτημένη μεταβλητή) είναι διακριτή μεταβλητή. Συνεπώς δεν θα πρέπει να λαμβάνονται ως απόλυτες τιμές αλλά ως ενδείξεις για **την τάξη μεγέθους** στην οποία μεταβάλλεται η εξαρτημένη μεταβλητή εάν μεταβληθεί αντίστοιχα η ανεξάρτητη.

Σταθερός όρος β_0: Εάν όλες οι τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών λάβουν την τιμή μηδέν το πρότυπο θα υπολογίζει τον αριθμό των παθόντων για κάποιο ατύχημα του οποίου οι συνθήκες θα περιγράφονται από τις τιμές των μεταβλητών που αποτελούν τα επίπεδα αναφοράς. Η τιμή του μέσου όρου λ που προβλέπεται από το πρότυπο της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης είναι συνεχής και έτσι η τιμή που παρατηρείται είναι δεκαδική. Φυσικά οι δεκαδικές τιμές δεν έχουν φυσικό νόημα όταν γίνεται αναφορά σε παθόντες και έτσι θα πρέπει η τιμή αυτή να στρογγυλεύεται κατά την κρίση του μηχανικού που χρησιμοποιεί το πρότυπο.

Ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση και ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση: Το επίπεδο αναφοράς της σειράς μεταβλητών που εκφράζει τον τύπο του ατυχήματος είναι τα ατυχήματα με συμμετοχή πολλών οχημάτων. Το αρνητικό πρόσημο των μεταβλητών που περιγράφονται δείχνει ότι ο αναμενόμενος αριθμός των παθόντων σε ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση και ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση αναμένεται μικρότερος από τον αριθμό των παθόντων σε ατυχήματα πολλών οχημάτων, εάν θεωρήσουμε τις τιμές όλων των υπολοίπων μεταβλητών σταθερές. Η σχετική μεταβολή αυτή είναι εκθετική για κάθε τύπο καθώς για την πρόβλεψη του μέσου όρου χρησιμοποιείται η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση. Ακόμη παρατηρείται μεγαλύτερη μείωση στα ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση από ότι στα ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση, σε σχέση με τα ατυχήματα πολλών οχημάτων. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν **αυξημένη τάση για εμπλοκή περισσότερων από ένα οχήματα στα ατυχήματα που συμβαίνουν στα τμήματα αυτοκινητοδρόμων του Π.Α.Θ.Ε.**

Βαρέα οχήματα – Δίκυκλα: Η μεταβλητή που αφορά τον τύπο οχήματος διαχωρίστηκε σε τρία επίπεδα, εκ των οποίων τα επιβατικά οχήματα αποτελούν το επίπεδο αναφοράς. Παρατηρείται πρόβλεψη μειωμένου αριθμού παθόντων για τα δίκυκλα οχήματα σε σχέση με τα επιβατικά, ενώ για τα φορτηγά οχήματα η μείωση αυτή αναμένεται μεγαλύτερη. Έτσι, τα επιβατικά οχήματα φαίνεται να προκαλούν μεγαλύτερο αριθμό ατυχημάτων στους αυτοκινητοδρόμους του Π.Α.Θ.Ε. πράγμα που ήταν άλλωστε αναμενόμενο καθώς είναι γνωστό ότι ο αριθμός των οχηματοχιλιομέτρων που πραγματοποιούνται από αυτά είναι πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με τους άλλους τύπους οχημάτων.

Επιβάτες: Η σχετική μεταβολή στον αριθμό των παθόντων σε οδικά ατυχήματα σε σχέση με την κατηγορία τους απεικονίζεται από την τιμή του όρου β, καθώς ο αναμενόμενος αριθμός των παθόντων επιβατών σε σχέση με τον αναμενόμενο αριθμό παθόντων οδηγών σε ατυχήματα με όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά ίδια, φαίνεται μικρότερος για τους επιβάτες. Η διαφορά αυτή υποδηλώνει ότι τα τμήματα αυτοκινητοδρόμου του Π.Α.Θ.Ε. είναι πιο επικίνδυνα για τους οδηγούς από ότι για τους επιβάτες. Ο αναμενόμενος αριθμός παθόντων σε ατυχήματα τα οποία περιγράφονται από τη σειρά μεταβλητών που χρησιμοποιείται (εκτός της κατηγορίας προσώπου) θα είναι αυξημένος κατά «0,7 παθόντες» εάν η μεταβλητή αναφέρεται σε οδηγούς παρά εάν αναφερόταν σε επιβάτες. Πιθανώς η διαφορά αυτή να οφείλεται σε μεγαλύτερο αριθμό πραγματοποιούμενων επιβατοχιλιομέτρων από τους οδηγούς σε σχέση με τους επιβάτες, καθώς ένα όχημα θα έχει σίγουρα οδηγό αλλά όχι σίγουρα επιβάτες.

Βαριά τραυματίες – Νεκροί: Τα αρνητικά πρόσημα των μεταβλητών αυτών δείχνουν ότι η πιθανότητα ενός συμμετέχοντα σε ατύχημα να αντιμετωπίσει σοβαρό τραυματισμό ή θάνατο είναι μειωμένη σε σχέση με την πιθανότητα να αντιμετωπίσει ελαφρύ τραυματισμό. Ακόμη η πιθανότητα να αποβιώσει είναι μικρότερη από αυτή να τραυματιστεί σοβαρά. Το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο, και η σημασία του έγκειται στην ποσοτικοποίηση της σχετικής αυτής πιθανότητας. Θεωρώντας όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές σταθερές, ο αριθμός των βαριά τραυματιών σε σχέση με τους ελαφρά τραυματίες φαίνεται μειωμένος κατά πέντε περίπου παθόντες, ενώ η αντίστοιχη μεταβολή του αριθμού των νεκρών σε σχέση με τον αριθμό των ελαφρά τραυματιών ισούται με έξι περίπου παθόντες.

Γυναίκες παθούσες: Η επιρροή του φύλου στην πρόκληση οδικών ατυχημάτων έχει διερευνηθεί εκτενώς στο παρελθόν. Τα αποτελέσματα έδειχναν ότι οι γυναίκες οδηγοί εμπλέκονται λιγότερο σε οδικά ατυχήματα. Η

παρούσα έρευνα δείχνει ότι ο αριθμός των γυναικών παθούσων ανεξάρτητα από την κατηγορία τους (οδηγοί ή επιβάτες) είναι μειωμένος σε σχέση με τον αριθμό των ανδρών παθόντων. Έτσι επιβεβαιώνονται τα αποτελέσματα των προηγούμενων ερευνών και επεκτείνονται από τους οδηγούς σε όλους τους παθόντες. Ο προβλεπόμενος αριθμός των παθούσων γυναικών αναμένεται να είναι μειωμένος περίπου κατά τρεις, από τον αντίστοιχο αριθμό παθόντων ανδρών σε ατυχήματα στον Π.Α.Θ.Ε.

Ηλικία του παθόντος: Ομοίως με την περίπτωση του φύλου, η παρούσα έρευνα δεν διερευνά την επιρροή της ηλικίας μονό για τους οδηγούς αλλά για όλους τους παθόντες ατυχημάτων. Το επίπεδο αναφοράς στη συγκεκριμένη περίπτωση αποτελούν οι οδηγοί μεσαίων ηλικιών ενώ εξετάζεται η αναμενόμενη μεταβολή στο μέσο αριθμό των παθόντων για τις δύο άλλες ηλικιακές ομάδες. Ο αναμενόμενος αριθμός των παθόντων νεαρής ηλικίας σε σχέση με το επίπεδο αναφοράς παρουσιάζεται μειωμένος, ενώ η μεταβολή αυτή ανέρχεται περίπου σε τρεις παθόντες. Αντίστοιχα αναμένονται περίπου δύο λιγότεροι παθόντες προχωρημένης ηλικίας σε σχέση με τους αναμενόμενους παθόντες μεσαίας ηλικίας. Τα συμπεράσματα αυτά δίνουν μια ηλικιακή κατανομή των παθόντων στα τμήματα αυτοκινητοδρόμων του Π.Α.Θ.Ε. η οποία ήταν άγνωστη μέχρι σήμερα σε ποσοτικοποιημένη μορφή.

5.4.2 Παλινδρόμηση Poisson – Αττική Οδός

Το μαθηματικό πρότυπο που παρουσιάζεται στην παράγραφο αυτή περιγράφει το **επίπεδο οδικής ασφάλειας στην Αττική Οδό** συναρτήσει ενός υποσυνόλου επιλεγμένων παραμέτρων από αυτές που έχουν ήδη αναφερθεί. Η πρόσφατη έναρξη της λειτουργίας του αυτοκινητόδρομου αυτού τον καθιστά δυσκολότερη τη διερεύνηση των παραμέτρων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα. Συγκεκριμένα οι συνεχείς παραδόσεις νέων τμημάτων στην κυκλοφορία, και οι μεγάλες αλλαγές στις κυκλοφοριακές συνθήκες που επιφέρουν (όγκος, σύνθεση κυκλοφορίας), κατά την περίοδο μελέτης, καθιστούν το πρόβλημα περισσότερο πολύπλοκο από την περίπτωση του Π.Α.Θ.Ε. στον οποίο οι συνθήκες αυτές ήταν περίπου σταθερές. Η παρούσα έρευνα έλαβε υπόψη αυτές τις αλλαγές κατά το στάδιο επεξεργασίας των στοιχείων έτσι ώστε να απεικονίσει την πραγματική επιρροή των επιλεγμένων παραμέτρων στην επικινδυνότητα του αυτοκινητοδρόμου.

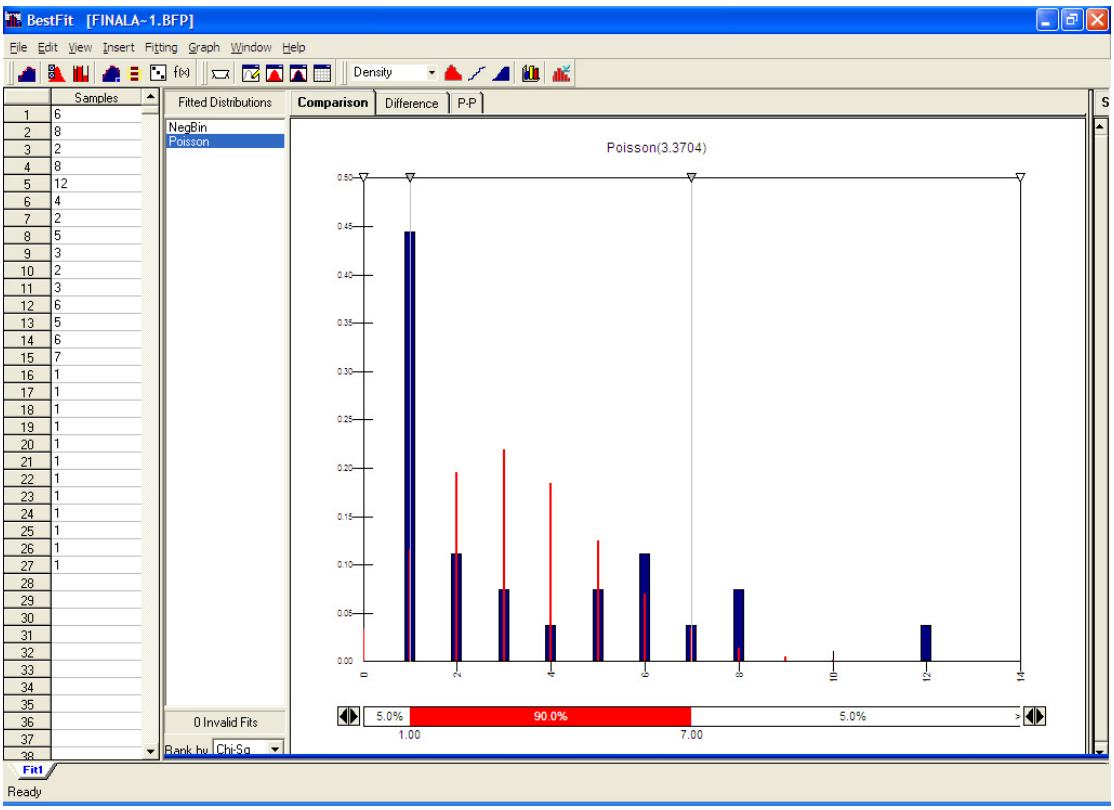
Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση της ανάλυσης περιελάμβαναν λιγότερες μεταβλητές από το πρότυπο που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο καθώς τα διαθέσιμα στοιχεία

δεν επαρκούσαν για την πραγματοποίηση ανάλυσης στο ίδιο βάθος. Η Αττική Οδός αποτελείται μόνο από τμήματα αυτοκινητόδρομου, έτσι δεν ήταν απαραίτητος ο διαχωρισμός τους ούτε η επιλογή των περιπτώσεων ατυχημάτων που συνέβησαν σε αυτά και έτσι οι περιπτώσεις εξετάστηκαν στο σύνολο τους. Επιπρόσθετα στοιχεία έγιναν διαθέσιμα τα οποία αφορούν τα οχηματοχιλιόμετρα ανά μήνα λειτουργίας της οδού. Η επεξεργασία των στοιχείων αυτών έδωσε την ευκαιρία για μια παραπάνω ανάλυση εκτός από την παλινδρόμηση Poisson η οποία παρουσιάζεται στο τέλος του υποκεφαλαίου. Η ομαδοποίηση των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν στο παρακάτω πρότυπο περιελάμβανε τέσσερις από τις έξι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στον Π.Α.Θ.Ε. Η ανάλυση αυτών στις αντίστοιχες υπομεταβλητές (11 τον αριθμό) οι οποίες εισάγονται στο πρότυπο είχε ως αποτέλεσμα τη χρησιμοποίηση επτά από αυτές στην τελική μορφή της μαθηματικής σχέσης.

Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται ο **τύπος του ατυχήματος** που διαχωρίζεται στα τρία επίπεδα που έχουν αναφερθεί (ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση, ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση, ατυχήματα πολλών οχημάτων) ενώ στο πρότυπο εισάγονται όπως και στην περίπτωση του Π.Α.Θ.Ε. τα δύο πρώτα (**singlecol, singlenon**). Η σοβαρότητα του ατυχήματος του συμμετέχοντα στόχου στον οποίο αναφέρεται η κάθε περίπτωση διαχωρίζεται σε τρία επίπεδα που αφορούν τους ελαφρά τραυματίες, τους βαριά τραυματίες και τους νεκρούς. Επίπεδο αναφοράς αποτελούν οι ελαφρά τραυματίες ενώ στο πρότυπο εξετάζεται η σχετική πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος με βαριά τραυματία (**heavyinj**) ή νεκρό (**killed**) σε σχέση με την πιθανότητα ελαφρού τραυματισμού. Στο πρότυπο αυτό τέλος εξετάζονται η ηλικία και το φύλο του παθόντος. Η μεταβλητή που αφορά το φύλο εισάγεται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που εξετάσθηκε για τον Π.Α.Θ.Ε.(υπομεταβλητή **female**) ενώ για την εξέταση της σχετικής επιρροής των διαφόρων ηλικιακών ομάδων χρησιμοποιείται ως επίπεδο αναφοράς η δεύτερη ηλικιακή ομάδα (μεσαίας ηλικίας παθόντες, 25-44 ετών) και εξετάζεται η μεταβολή στον αριθμό των παθόντων για τους νέους (**young**) και τους προχωρημένης ηλικίας (**old**) παθόντες. Η περιγραφή των μεταβλητών, της σημασίας της ερμηνείας τους γίνεται αναλυτικότερα στο προηγούμενο υποκεφάλαιο.

Ο καθορισμός των κατανομών που προσαρμόζονται καλύτερα στα δεδομένα έγινε με τη χρήση του Best Fit όπως και στην περίπτωση του Π.Α.Θ.Ε. Τα αποτελέσματα του προγράμματος παρουσιάζουν την **αρνητική διωνυμική** κατανομή ως καταλληλότερη για την περιγραφή των δεδομένων ενώ ακολουθεί με μικρή διαφορά η κατανομή **Poisson**. Το αποτέλεσμα αυτό είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στην αφαίρεση των ελλιπών καταγραφών

συμμετεχόντων από τον πίνακα δεδομένων που συνετέλεσαν στην εμφάνιση υπερδιασποράς. Η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση ωστόσο απέτυχε να παράγει αποτελέσματα που ικανοποιούν όλους τους στατιστικούς ελέγχους που πραγματοποιούνται πριν την τελική αποδοχή ενός προτύπου. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η παλινδρόμηση Poisson η οποία παρήγαγε ένα πρότυπο λογικό και αξιόπιστο όσον αφορά τις τιμές των στατιστικών δεικτών. Η κατανομή Poisson προσαρμόζεται ικανοποιητικά στα δεδομένα με λίγο μικρότερο επίπεδο εμπιστοσύνης από την αρνητική διωνυμική κατανομή.



Εικόνα 5.7 Εφαρμογή των δεδομένων της Αττικής Οδού στην κατανομή Poisson

Στη συνέχεια ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων του Limdep για τη συγκριτική διερεύνηση των παραμέτρων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα στην Αττική Οδό. Η ερμηνεία των τιμών του πίνακα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με όσα σημειώθηκαν για το προηγούμενο πρότυπο λαμβάνοντας υπόψη τη σύγκριση των μεταβλητών μεταξύ τους και όχι την απόλυτη επιρροή τους πάνω στην ανεξάρτητη μεταβλητή. Επίσης πρέπει να είναι ξεκάθαρος ο τύπος της συσχέτισης που πραγματοποιείται, που είναι ένα λογαριθμικό και όχι ένα γραμμικό πρότυπο. Οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται λαμβάνουν τις ενδεικτικές τιμές μηδέν και ένα οι οποίες απεικονίζουν την παρουσία ή όχι ενός φαινομένου, έτσι για την ποσοτική απεικόνιση της σχετικής μεταβολής στην εξαρτημένη μεταβλητή ανάλογα με την τιμή μιας ανεξάρτητης

μεταβλητής χρησιμοποιείται η οριακή επιρροή της, η οποία υπολογίζεται στην τελευταία στήλη του πίνακα των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 5.3 Αποτελέσματα προτύπου παλινδρόμησης Poisson για την Αττική Οδό

Παλινδρόμηση Poisson - Αυτοκινητόδρομος Αττικής Οδού				
R^2=0.8505 X^2=10.21 – sign X=0.00000				
Ανεξάρτητη Μεταβλητή	**Συντελεστής β_i**	**β_i/τυπ.σφ.**	**Επίπεδο σημαντικότητας**	**Οριακή επιρροή**
Σταθερός όρος	2.4054	11.383	0.0000	8.107
Ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση	-0.2817	-1.411	0.1558	-0.950
Ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση	-1.0448	-3.382	0.0007	-3.521
Βαριά τραυματίες	-1.7313	-3.995	0.0001	-5.835
Νεκροί	-2.0130	-3.832	0.0001	-6.784
Θήλυ	-0.5306	-2.306	0.0211	-1.788
Νέοι	-0.6940	-2.548	0.0108	-2.339
Προχωρημένης ηλικίας	-0.3781	-1.563	0.1181	-1.274

Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Σταθερός όρος β_0: Ο σταθερός όρος δίνει μια τιμή που αποτελεί τη βάση του στατιστικού προτύπου. Από την τιμή αυτή προσδιορίζεται ο αναμενόμενος αριθμός παθόντων λ εάν οι μεταβλητές του προτύπου λάβουν την τιμή μηδέν, προσδιορίζουν δηλαδή τα αντίστοιχα επίπεδα αναφοράς. Αποτελεί το φυσικό λογάριθμο του λ αφού για την ανάπτυξη του προτύπου χρησιμοποιείται η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση.

Τύπος του ατυχήματος: Αποτελεί το βασικότερο χαρακτηριστικό που περιγράφει το ατύχημα και περιγράφεται στο πρότυπο με τη βοήθεια δύο μεταβλητών, τα ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση και τα ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση, αφήνοντας τα ατυχήματα πολλών οχημάτων ως επίπεδο αναφοράς. Η πιθανότητα ένας παθών να συμμετάσχει σε ατύχημα στο οποίο εμπλέκεται μόνο ένα όχημα είναι μειωμένη σε σχέση με αυτή να συμμετάσχει σε ατύχημα με εμπλοκή πολλών οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα αναμένεται περίπου ένας λιγότερος παθών σε ατυχήματα ενός

οχήματος με πρόσκρουση από τους παθόντες των ατυχημάτων πολλών οχημάτων, ενώ αντίστοιχα η μείωση στον αριθμό των παθόντων για τα ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση σε σχέση με τα ατυχήματα πολλών οχημάτων είναι τρεις έως τέσσερις παθόντες. Τα συμπεράσματα που διατυπώνονται υποδηλώνουν ότι ο περισσότερο συνηθισμένος τύπος ατυχήματος στην Αττική Οδό είναι τα ατυχήματα πολλών οχημάτων ενώ ο τύπος ατυχήματος που παρατηρείται λιγότερο είναι ατυχήματα ενός οχήματος με κάποια πρόσκρουση.

Σοβαρότητα ατυχήματος: Οι τιμές των συντελεστών των μεταβλητών που περιγράφουν τη σοβαρότητα του ατυχήματος είναι αρνητικές, πράγμα που υποδηλώνει ότι είναι πιθανότερο να εμφανιστεί ένας συμμετέχων σε ατύχημα με τη σοβαρότητα που υποδηλώνει το επίπεδο αναφοράς (ελαφρύς τραυματισμός), παρά ένας συμμετέχων σε ατύχημα όπου θα τραυματιστεί βαριά ή θα αποβιώσει. Η μείωση αυτή είναι αρκετά μεγάλη, συγκεκριμένα αναμένονται περίπου έξι λιγότεροι βαριά τραυματίες και επτά λιγότεροι νεκροί σε σχέση με τον αριθμό των ελαφρά τραυματιών στα ατυχήματα μίας τριετίας. Η μεγάλη αυτή μείωση στον αριθμό των νεκρών και των βαριά τραυματιών σε σχέση με τον αριθμό των ελαφρά τραυματιών υποδηλώνει ότι τα ατυχήματα στην αττική οδό παρουσιάζουν γενικά μικρότερη σοβαρότητα από αυτή που παρατηρείται στα ατυχήματα του Π.Α.Θ.Ε.

Φύλο του παθόντος: Όπως έδειξαν τα αποτελέσματα και του προηγούμενου προτύπου, καθώς και της διεθνούς βιβλιογραφίας, η επικινδυνότητα του οδικού δικτύου παρουσιάζεται αυξημένη για τους άνδρες παρά για τις γυναίκες. Το αντίστοιχο αποτέλεσμα για τον αυτοκινητόδρομο της Αττικής Οδού δείχνει πως είναι πιθανότερη η εμφάνιση ανδρών παθόντων στα οδικά ατυχήματα παρά γυναικών παθούσων. Όπως υπολογίζεται από την οριακή επιρροή του συγκεκριμένου συντελεστή, αναμένονται περίπου δύο παθούσες λιγότερες για τις γυναίκες σε σχέση με τον αναμενόμενο αριθμό ανδρών παθόντων.

Ηλικία του παθόντος: Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται οι παθόντες μεσαίας ηλικίας ως επίπεδο αναφοράς. Παρατηρείται ότι η ηλικιακή αυτή ομάδα έχει την τάση να εμπλέκεται σε περισσότερα ατυχήματα καθώς η πιθανότητα ένας παθών να είναι ηλικίας μικρότερης των 25 και μεγαλύτερης των 45 ετών παρουσιάζεται μειωμένη από την πιθανότητα ο παθών να έχει ηλικία 25-44 έτη. Το αποτέλεσμα αυτό έχει λογική ερμηνεία καθώς στην ηλικιακή αυτή ομάδα καταγράφονται τα περισσότερα οχηματοχιλιόμετρα. Οι συντελεστές β των μεταβλητών που εισήχθησαν στο πρότυπο δείχνουν ακόμα ότι τη μικρότερη πιθανότητα για συμμετοχή σε ατύχημα την έχουν οι νεαρής ηλικίας χρήστες της οδού καθώς η σχετική πιθανότητα ένας παθών να έχει

ηλικία 0-24 έτη παρουσιάζεται μειωμένη ακόμη και σε σχέση με την ηλικιακή ομάδα των 45 ετών και άνω.

5.4.3 Αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση – Π.Α.Θ.Ε.

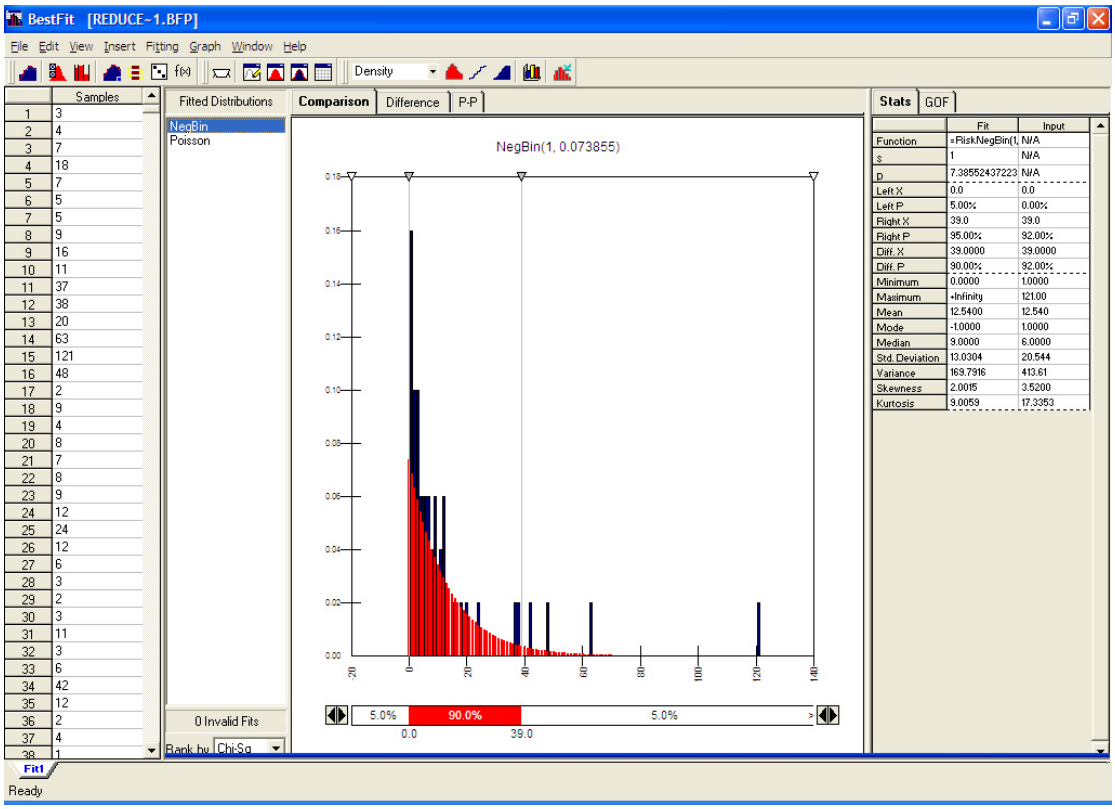
Το πρότυπο που περιγράφεται στην παράγραφο αυτή αφορά στην πραγματοποίηση αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης για τα δεδομένα του αυτοκινητοδρόμου του Π.Α.Θ.Ε. Η μαθηματική σχέση που παράγεται διερευνά τη σχετική επιρροή των παραμέτρων στην επικινδυνότητα του αυτοκινητοδρόμου μέσω του αριθμού των παθόντων σε ατυχήματα κατά την τριετία 2001-2003, χρησιμοποιώντας όμως λιγότερες μεταβλητές από το αντίστοιχο πρότυπο Poisson που παρουσιάσθηκε σε προηγούμενη παράγραφο. Σκοπός της προσέγγισης αυτής είναι η ανάπτυξη ενός μαθηματικού προτύπου το οποίο περιέχει τον ίδιο αριθμό μεταβλητών με το πρότυπο της Αττικής Οδού με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η συγκριτική διερεύνηση των παραμέτρων ανάμεσα στα δύο πρότυπα. Με τις αναλύσεις που παρουσιάστηκαν μέχρι τώρα, μπορεί να διαπιστωθεί η σχετική επιρροή μιας παραμέτρου με επίπεδο αναφοράς μίαν άλλη στον αριθμό των παθόντων σε ατυχήματα, για τον αυτοκινητόδρομο αυτό. Με την ολοκλήρωση της παρουσίασης του προτύπου αυτής της παραγράφου θα είναι δυνατή η διαπίστωση **της σχετικής επιρροής των εξεταζόμενων παραμέτρων ανάμεσα σε διαφορετικά πρότυπα** και να εξαχθούν ποσοτικά αποτελέσματα για τις τάσεις που ακολουθούν οι σχετικές αυτές επιρροές.

Για την πραγματοποίηση της ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια δεδομένα παθόντων σε ατυχήματα, που παρουσιάστηκαν και για την ανάπτυξη του προτύπου Poisson του Π.Α.Θ.Ε. Στην αυτή την περίπτωση, η ομαδοποίηση δεν πραγματοποιήθηκε ανά έξι μεταβλητές (16 επίπεδα συνολικά) αλλά με τη χρήση μόνο των τεσσάρων μεταβλητών (11 επίπεδα συνολικά) που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του προτύπου Poisson της Αττικής Οδού. Συνεπώς ο πίνακας των δεδομένων περιελάμβανε λιγότερες περιπτώσεις (cases), με μεγαλύτερο αριθμό παθόντων όμως στην κάθε περίπτωση, πράγμα που καθιστά την ανάλυση πιο αξιόπιστη.

Πιο αναλυτικά, **οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται** για την παρακάτω διερεύνηση είναι ο **τύπος του ατυχήματος** στο οποίο αναφέρεται ο αριθμός των παθόντων σε κάθε περίπτωση, η **σοβαρότητα του ατυχήματος** που περιγράφεται για τους παθόντες σε αυτό, η **ηλικία** και το **φύλο** τους. Τα επίπεδα στα οποία χωρίζεται η μεταβλητή-δείκτης του τύπου του ατυχήματος αφορούν στα ατυχήματα ενός οχήματος με κάποια πρόσκρουση (singlcol),

στα ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση (singlnon) και στα ατυχήματα πολλών οχημάτων (multiveh). Αντίστοιχα η μεταβλητή που δείχνει τη σοβαρότητα του ατυχήματος αναφέρεται σε ελαφρά τραυματίες (lightinj), βαριά τραυματίες (heavyinj) και συμμετέχοντες που απεβίωσαν (killed). Η μεταβλητή που αναφέρεται στην ηλικία του συμμετέχοντα διαχωρίζεται σε τρεις ηλικιακές ομάδες-επίπεδα, τους νέους (ηλικίας μικρότερης των 25 ετών, young), τους μεσαίας ηλικίας (25-44, middle) και τους προχωρημένης ηλικίας παθόντες (άνω των 45 ετών, old), ενώ η μεταβλητή που αναφέρεται στο φύλο περιλαμβάνει εξετάζει την αναμενόμενη σχετική μεταβολή στον αριθμό των ανδρών (male) παθόντων σε σχέση με τις γυναίκες (female).

Ο μικρότερος αριθμός μεταβλητών ομαδοποίησης για τον ίδιο αριθμό περιπτώσεων (παθόντων) οδήγησε στην κατασκευή ενός πίνακα με μειωμένο μέγεθος σε σχέση με αυτόν που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη του προτύπου Poisson του ίδιου αυτοκινητόδρομου, με περισσότερες αναφορές για κάθε περίπτωση (case). Η διερεύνηση εφαρμογής των δεδομένων στην καταλληλότερη στατιστική κατανομή με τη χρήση του Best Fit ανέδειξε την **αρνητική διωνυμική** ως αυτή που περιγράφει καλύτερα το συγκεκριμένο δείγμα. Η εφαρμογή της κατανομής αυτής προέκυπτε σημαντικά επικρατέστερη από την αντίστοιχη της κατανομής Poisson η οποία απέκλινε αρκετά από τη μορφή των δεδομένων στη συγκεκριμένη περίπτωση. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε η χρήση του μη γραμμικού προτύπου της αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης για την ανάπτυξη του απομειωμένου μαθηματικού προτύπου για τον Π.Α.Θ.Ε. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής της αρνητικής διωνυμικής κατανομής στα δεδομένα, όπως παρουσιάζονται από τα δεδομένα εξόδου του Best Fit, φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 5.8 Εφαρμογή των δεδομένων του Π.Α.Θ.Ε. (με λιγότερες μεταβλητές ομαδοποίησης) στην αρνητική διωνυμική κατανομή

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο **πίνακας των αποτελεσμάτων** της ανάλυσης των δεδομένων με τη χρήση του Limdep. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις τιμές των συντελεστών β_i του μη γραμμικού προτύπου της αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης, τους δείκτες αξιολόγησης του προτύπου και τις τιμές της οριακής επιρροής κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη, μέσα από τις οποίες θα πρέπει να αξιολογείται η σχετική επίδραση των επιπέδων κάθε μεταβλητής ως προς το επίπεδο αναφοράς, στον αριθμό των παθόντων. Από τον παρακάτω πίνακα λείπει η τιμή R^2 καθώς ο στατιστικός δείκτης αυτός δεν είναι διαθέσιμος για την αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση. Το πρότυπο που παρουσιάζεται παρακάτω προβλέπει τον αριθμό των παθόντων προσώπων για περίοδο τριών ετών στα εξεταζόμενα τμήματα αυτοκινητοδρόμου του Π.Α.Θ.Ε. όπως και το πρότυπο παλινδρόμησης Poisson που παρουσιάσθηκε στο υποκεφάλαιο 5.4.1, χρησιμοποιώντας ένα υποσύνολο των μεταβλητών του. Έτσι οι τάσεις που παρουσιάζονται σε αυτό πρέπει να συμφωνούν με τις αντίστοιχες του προηγούμενου όσον αφορά στις μεταβλητές που εισάγονται και στα δύο. Η συμφωνία αυτή μπορεί να διαπιστωθεί παρατηρώντας τις τιμές των συντελεστών β_i, ενώ επισημαίνεται σε κάθε περίπτωση ξεχωριστά, κατά την ερμηνεία των μεταβλητών.

Πίνακας 5.4 Αποτελέσματα προτύπου αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης για τον Π.Α.Θ.Ε.(με λιγότερες μεταβλητές ομαδοποίησης)

Αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση - Αυτοκινητόδρομος Π.Α.Θ.Ε				
X^2=12.63 – sign X=0.00000				
Ανεξάρτητη Μεταβλητή	**Συντελεστής β_i**	**β_i/τυπ.σφ.**	**Επίπεδο σημαντικότητας**	**Οριακή επιρροή**
Σταθερός όρος	4.7114	33.4620	0.0000	58.729
Ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση	-1.3397	-9.8510	0.0000	-16.700
Ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση	-1.4312	-9.0250	0.0000	-16.969
Βαριά τραυματίες	-1.7373	-10.3020	0.0000	-21.656
Νεκροί	-1.9161	-11.6390	0.0000	-23.392
Θήλυ	-0.9877	-7.0170	0.0000	-12.313
Νέοι	-0.7654	-4.2680	0.0000	-9.542
Προχωρημένης ηλικίας	-0.6387	-5.3750	0.0000	-7.962

παράμετρος υπερδιασποράς (overdispersion parameter) α= 0.01466558045

Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Σταθερός όρος β_0: Από την τιμή του σταθερού όρου, όπως και στα προηγούμενα στατιστικά πρότυπα που παρουσιάστηκαν, είναι δυνατό να υπολογιστεί ο αριθμός των παθόντων σε ατυχήματα των οποίων τα χαρακτηριστικά περιγράφονται από τις τιμές των μεταβλητών που αποτελούν τα επίπεδα αναφοράς.

Τύπος του ατυχήματος: Η μεταβλητή που περιγράφει τον τύπο του ατυχήματος διαχωρίζεται σε τρία επίπεδα καθένα από τα οποία αποτελεί μια ανεξάρτητη μεταβλητή για το πρότυπο. Στον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι οι συντελεστές των μεταβλητών που εισάγονται «ατύχημα ενός οχήματος με πρόσκρουση» (singlcol) και «ατύχημα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση» (singlnon) έχουν αρνητικό πρόσημο πράγμα που σημαίνει ότι αναμένονται λιγότεροι παθόντες σε αυτούς τους τύπους ατυχημάτων σε σχέση με τα ατυχήματα πολλών οχημάτων (επίπεδο αναφοράς). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρώντας τις τιμές της οριακής επιρροής κάθε μεταβλητής, αναμένονται περίπου δεκαεπτά λιγότεροι παθόντες για ατυχήματα τύπου «ενός οχήματος με πρόσκρουση» από τους αναμενόμενους παθόντες σε ατυχήματα πολλών

οχημάτων. Περίπου ίση είναι και η μεταβολή των παθόντων σε ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση σε σχέση με τα ατυχήματα πολλών οχημάτων. Η τάση μείωσης που παρατηρείται για τα ατυχήματα ενός οχήματος είναι όμοια με αυτή που παρατηρήθηκε στο αντίστοιχο πρότυπο Poisson, συνεπώς τα αποτελέσματα των δύο διαφορετικών προσεγγίσεων στο ίδιο πρόβλημα συμφωνούν.

Σοβαρότητα του ατυχήματος: Η αναμενόμενη μείωση των προβλεπόμενων βαριά τραυματιών και νεκρών σε σχέση με τους ελαφρά τραυματίες παθόντες που παρατηρήθηκε στα προηγούμενα πρότυπα, παρατηρείται και στη συγκεκριμένη περίπτωση, ενώ το ενδιαφέρον εστιάζεται στο μέγεθος της μείωσης αυτής. Το συγκεκριμένο μαθηματικό πρότυπο προβλέπει εικοσιένα λιγότερους παθόντες που θα αντιμετωπίσουν σοβαρό τραυματισμό και είκοσι τρεις λιγότερους νεκρούς συμμετέχοντες σε σχέση με αυτούς που θα αντιμετωπίσουν ελαφρύ τραυματισμό, για περίοδο τριών ετών. Η μείωση που παρατηρείται στον αριθμό των βαριά τραυματιών και νεκρών παθόντων σε ατυχήματα σε σχέση με τους ελαφρά τραυματίες είναι σύμφωνη με την αντίστοιχη μείωση που παρατηρήθηκε στο πρότυπο Poisson που αναπτύχθηκε.

Φύλο του παθόντος: Η τιμή του συντελεστή της μεταβλητής που αναφέρεται στο φύλο του παθόντος έχει αρνητικό πρόσημο πράγμα που σημαίνει ότι ο αριθμός των παθόντων του συγκεκριμένου επιπέδου-φύλου προκύπτει μειωμένος σε σχέση με τον αριθμό των παθόντων προσώπων του άλλου φύλου, για ατυχήματα των οποίων όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά παραμένουν σταθερά. Στη συγκεκριμένη περίπτωση εξετάζεται η μεταβολή των αναμενόμενων γυναικών παθούσων σε σχέση με τους άνδρες παθόντες. Για ατυχήματα κάποιου τύπου συγκεκριμένης σοβαρότητας και αναφερόμενοι σε μια δεδομένη ηλικιακή ομάδα, αναμένονται δώδεκα περίπου λιγότερες παθείσες σε σχέση με τον αριθμό των παθόντων γένους αρσενικού.

Ηλικία του παθόντος: Η μεταβολή στον αριθμό των παθόντων σε ατυχήματα ανάλογα με την ηλικιακή ομάδα στην οποία ανήκουν ακολουθεί παρόμοια τάση με αυτή που παρατηρήθηκε στο προηγούμενο μαθηματικό πρότυπο παλινδρόμησης Poisson για τον Π.Α.Θ.Ε. Η ομάδα ηλικιών που χρησιμοποιείται ως επίπεδο αναφοράς είναι οι παθόντες μεσαίων ηλικιών ενώ εξετάζεται η σχετική μεταβολή του αριθμού των παθόντων για νέους και προχωρημένης ηλικία παθόντες. Παρατηρείται μειωμένος αριθμός προβλεπόμενων παθόντων (με σταθερά τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του προσώπου και του ατυχήματος) για την ηλικιακή ομάδα των 45 ετών και άνω, σε σχέση με τους μεσαίας ηλικίας παθόντες, ενώ η μείωση αυτή είναι ακόμη μεγαλύτερη μεταξύ των νέων και των μεσαίας ηλικίας παθόντων. Η μεταβολή

αυτή ποσοτικοποιείται με τη βοήθεια των τιμών της οριακής επιρροής που δίδονται στην τελευταία στήλη του πίνακα των αποτελεσμάτων.

5.4.4 Παλινδρόμηση Poisson – Π.Α.Θ.Ε. και Αττική Οδός

Το μαθηματικό πρότυπο που παρουσιάζεται στην παράγραφο αυτή αποτελεί μια **ευρύτερη προσέγγιση** στο θέμα της επικινδυνότητας των Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων ενώ έχει ως σκοπό τη συγκριτική διερεύνηση των παραμέτρων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα τόσο στα τμήματα αυτοκινητοδρόμου του Π.Α.Θ.Ε. όσο και της Αττικής Οδού, ταυτόχρονα. Η διερεύνηση αυτή πραγματοποιείται με τη χρήση της παλινδρόμησης Poisson χρησιμοποιώντας ως εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των παθόντων σε ατυχήματα που συνέβησαν στα εξεταζόμενα οδικά τμήματα κατά την περίοδο 2001-2003. Τα αποτελέσματα που παράγει αποτελούν ενδείξεις για τη γενικότερη σχετική επιρροή των επιλεγμένων παραμέτρων στην επικινδυνότητα των Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων. Ακόμη βασικός στόχος της ανάπτυξης του προτύπου αυτού είναι η διερεύνηση του σχετικού επιπέδου οδικής ασφάλειας μεταξύ του Π.Α.Θ.Ε. και της Αττικής Οδού μέσα από την εισαγωγή μιας νέας μεταβλητής η οποία εκφράζει την οδό στην οποία αναφέρεται ο αριθμός των παθόντων.

Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποίησε το **σύνολο των διαθέσιμων στοιχείων** για τους δύο εξεταζόμενους αυτοκινητοδρόμους. Η εξαρτημένη μεταβλητή (αριθμός παθόντων σε ατυχήματα) περιγράφεται από ολόκληρη τη σειρά των μεταβλητών που έχουν χρησιμοποιηθεί για το πρότυπο Poisson του Π.Α.Θ.Ε. χρησιμοποιώντας μια επιπλέον μεταβλητή ομαδοποίησης η οποία αναφέρεται στην εξεταζόμενη οδό. Συνεπώς οι γενικές μεταβλητές που εξετάζονται είναι επτά ενώ τα επίπεδα στα οποία διαχωρίζονται (καθένα από τα οποία αποτελεί μια μεταβλητή κατά την ανάλυση) είναι δεκαοκτώ στο σύνολο τους. Το μαθηματικό πρότυπο διερευνά τη σχέση μεταξύ τους χρησιμοποιώντας έντεκα μεταβλητές (επίπεδα) και το σταθερό όρο β_0.

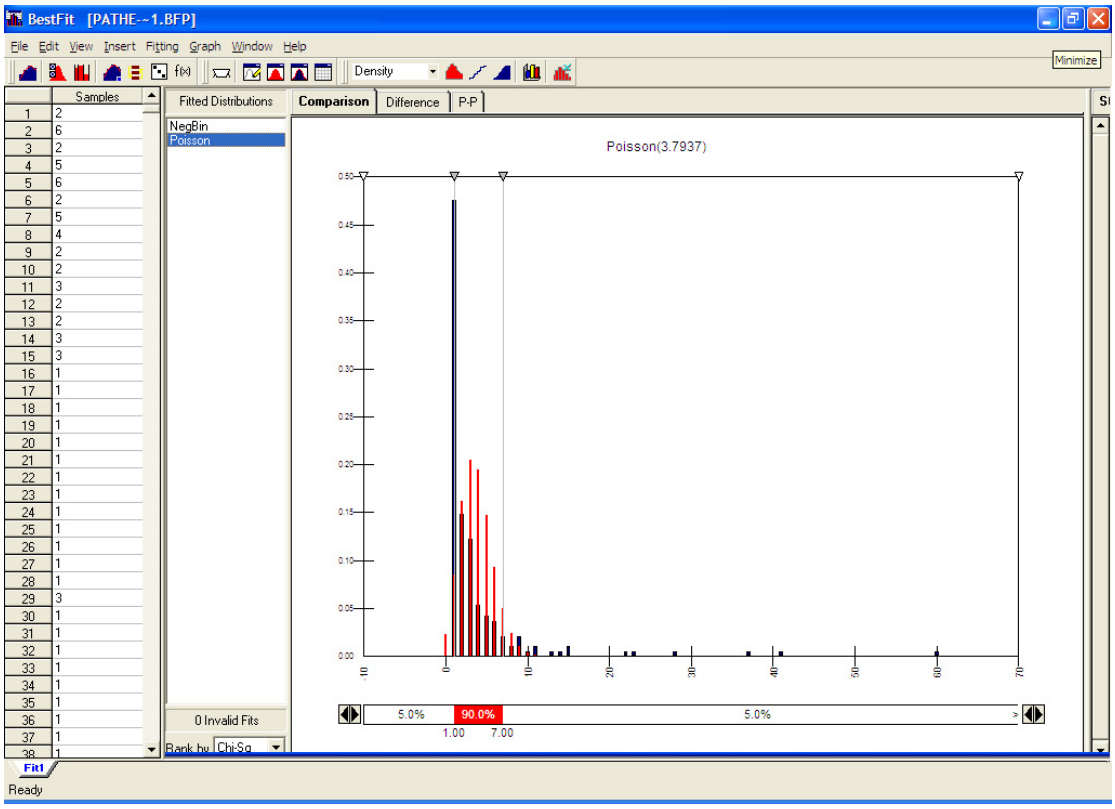
Η αναλυτική παρουσίαση των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται έχει πραγματοποιηθεί στο υποκεφάλαιο 5.4.1, στη συνέχεια παρατίθεται η **σύνοψη των βασικότερων σημείων** που αφορούν στις ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιούνται αλλά και η παρουσίαση της νέας μεταβλητής που εκφράζει την εξεταζόμενη οδό. Στο μαθηματικό πρότυπο, εξετάζεται η μεταβολή του αριθμού των παθόντων ανάλογα με τον **τύπο του ατυχήματος**, ο οποίος διαχωρίζεται σε τρεις κατηγορίες, τα ατυχήματα ενός

οχήματος με πρόσκρουση, τα ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση και τα ατυχήματα πολλών οχημάτων. Τα αποτελέσματα αφορούν στη μεταβολή του αριθμού των παθόντων που αναμένεται να συμμετάσχουν σε κάθε ένα από τους τρεις τύπους ατυχημάτων. Ακόμη εξετάζεται η επιρροή του **τύπου του οχήματος** στο οποίο επέβαιναν οι συμμετέχοντες, στον αριθμό των παθόντων για το εξεταζόμενο οδικό τμήμα. Τα επίπεδα της μεταβλητής που εισάγονται στο μαθηματικό πρότυπο είναι τα βαρέα οχήματα (**heavy**) και τα δίκυκλα (**two-wheel**) ενώ τα επιβατικά αυτοκίνητα αποτελούν το επίπεδο αναφοράς. Η **κατηγορία του προσώπου** στο οποίο αναφέρεται το ατύχημα εισάγεται ως ανεξάρτητη μεταβλητή με σκοπό να διερευνηθεί η συχνότητα εμφάνισης παθόντων επιβατών σε σχέση με τους παθόντες οδηγούς σε κάθε αυτοκινητόδρομο. Η **σοβαρότητα του ατυχήματος** εκφράζεται σε τρία επίπεδα, τους ελαφρούς τραυματισμούς τους βαρείς τραυματισμούς και τους θανάτους. Η μεταβλητή αυτή αναφέρεται στο πρόσωπο στόχο του ατυχήματος και διερευνά τη μεταβολή στον αριθμό των αναμενόμενων παθόντων ανά κατηγορία τραυματισμού. Το **φύλο του παθόντος** χρησιμοποιείται για την εξαγωγή συμπερασμάτων ως προς την αυξημένη ή τη μειωμένη εμπλοκή των γυναικών σε οδικά ατυχήματα στους Ελληνικούς αυτοκινητοδρόμους, σε σχέση με τους άνδρες. Τέλος, η **ηλικία του παθόντος**, διαχωρίζεται σε τρεις βασικές κατηγορίες για να διαπιστωθεί η σχετική μεταβολή στον αριθμό των παθόντων που αναμένεται να εμφανιστούν κατά την εξεταζόμενη περίοδο για κάποια ηλικιακή ομάδα σε σχέση με κάποια άλλη. Όπως και στις προηγούμενες προσεγγίσεις, η μεταβλητή που χρησιμοποιείται ως επίπεδο αναφοράς αφορά τους παθόντες μεσαίων ηλικιών (25-44 ετών).

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου μαθηματικού προτύπου αναφέρονται σε **δύο διαφορετικούς αυτοκινητοδρόμους**. Η συνολική εξέταση αυτών χωρίς να ληφθούν υπόψη οι πιθανές διαφοροποιήσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών τους θα οδηγούσε σε αμφιλεγόμενα αποτελέσματα. Για το λόγο αυτό, εισάγεται μια επιπλέον μεταβλητή η οποία εκφράζει **τον αυτοκινητόδρομο στον οποίο αναφέρεται η κάθε περίπτωση** του πίνακα δεδομένων. Η τιμή του συντελεστή που θα δοθεί στην μεταβλητή αυτή θα αποτελέσει ένα μέτρο σύγκρισης της οδικής ασφάλειας μεταξύ των δύο αυτοκινητοδρόμων. Η μεταβλητή αυτή μπορεί να λάβει τις ονομαστικές τιμές «Π.Α.Θ.Ε.» και «Αττική Οδός» και συνεπώς διαχωρίζεται περαιτέρω σε δύο ενδεικτικές μεταβλητές (indicator variables) με εύρος τιμών μηδέν και ένα.

Τα αποτελέσματα εφαρμογής των δεδομένων στις διάφορες στατιστικές κατανομές που πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του Best Fit δείχνουν ότι τα δεδομένα προσαρμόζονται καλύτερα στην **αρνητική διωνυμική**

κατανομή, ενώ αποδεκτή είναι και η εφαρμογή τους στην κατανομή **Poisson**. Η παρουσίαση της αρνητικής διωνυμικής κατανομής ως καταλληλότερη για την περιγραφή των στοιχείων παθόντων σε οδικά ατυχήματα είναι πιθανώς αποτέλεσμα της εμφάνισης φαινομένων **υπερδιασποράς** στα δεδομένα μετά την επεξεργασία τους που προκύπτει πολλές φορές όταν αφαιρεθούν δεδομένα από τον πίνακα. Η αφαίρεση δεδομένων κατά το στάδιο δημιουργίας της βάσης δεδομένων ήταν απαραίτητη για την απομάκρυνση ελλιπών ή λανθασμένων καταγραφών παθόντων στα οδικά ατυχήματα. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση για την παραγωγή ενός μαθηματικού προτύπου πρόβλεψης του αριθμού των παθόντων, χωρίς να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα το επίπεδο πιθανότητας στο οποίο ήταν στατιστικά σημαντικές κάποιες παράμετροι του προτύπου ήταν χαμηλό με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε η **παλινδρόμηση Poisson**, αφού η σχετική κατανομή προσαρμόζεται στα δεδομένα σε αποδεκτό βαθμό, ενώ τα αποτελέσματα που παρήχθησαν συμφωνούν με τη λογική και την εμπειρία, καθώς επίσης υποστηρίζονται από υψηλές τιμές στατιστικών δεικτών που αξιολογούν την αξιοπιστία τους.



Εικόνα 5.9 Εφαρμογή των δεδομένων του Π.Α.Θ.Ε. και της Αττικής Οδού στην κατανομή Poisson

Τα αποτελέσματα του μαθηματικού προτύπου που διερευνά τη σχέση των παραμέτρων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα στον Π.Α.Θ.Ε. και την Αττική οδό παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.5 Αποτελέσματα προτύπου παλινδρόμησης Poisson για τον Π.Α.Θ.Ε. και την Αττική Οδό.

Παλινδρόμηση Poisson - Αυτοκινητόδρομοι Π.Α.Θ.Ε. και Αττικής Οδού				
R^2=0.8259 X^2=392.47 – sign X=0.00000				
Ανεξάρτητη Μεταβλητή	**Συντελεστής β_i**	**β_i/τυπ.σφ.**	**Επίπεδο σημαντικότητας**	**Οριακή επιρροή**
Σταθερός όρος	3.4513	40.437	0.0000	11.012
Αττική Οδός	-1.4212	-12.377	0.0000	-4.391
Ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση	-0.8094	-8.206	0.0000	-2.368
Ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση	-1.0328	-10.079	0.0000	-2.881
Βαρέα οχήματα	-1.1601	-8.677	0.0000	-3.411
Δίκυκλα	-0.7088	-7.431	0.0000	-2.001
Επιβάτες	-0.2774	-3.496	0.0000	-0.404
Βαριά τραυματίες	-1.3259	-11.33	0.0000	-4.124
Νεκροί	-1.6019	-12.994	0.0000	-4.708
Θήλυ	-0.6400	-7.351	0.0000	-1.972
Νέοι	-0.7340	-7.641	0.0000	-2.376
Προχωρημένης ηλικίας	-0.4161	-4.653	0.0000	-1.410

Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Σταθερός όρος β_0: Όπως και στα προηγούμενα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν, από την τιμή του σταθερού όρου είναι δυνατός ο υπολογισμός της τιμής που αποτελεί τη βάση του προτύπου, η οποία αναφέρεται στον αριθμό των παθόντων σε ατυχήματα κατά την εξεταζόμενη περίοδο για την περίπτωση που όλες οι μεταβλητές του προτύπου λάβουν την τιμή μηδέν, αναφέρονται δηλαδή στα αντίστοιχα επίπεδα αναφοράς.

Αττική Οδός: Η μεταβλητή αυτή εκφράζει τη μεταβολή στον αριθμό των παθόντων προσώπων που θα παρουσιαστούν κατά τη διάρκεια μιας τριετίας στα τμήματα αυτοκινητοδρόμων της Αττικής Οδού σε σχέση με τους αντίστοιχους παθόντες που θα παρουσιαστούν στα επιλεγμένα τμήματα αυτοκινητοδρόμου του Π.Α.Θ.Ε. Το πρόσημο του συντελεστή β της μεταβλητής είναι αρνητικό συνεπώς το πρότυπο προβλέπει μειωμένο αριθμό παθόντων σε ατυχήματα στην Αττική Οδό σε σχέση με τον Π.Α.Θ.Ε. Η μεταβολή αυτή και τα σχετικά συμπεράσματα περιγράφονται αναλυτικότερα σε επόμενη ενότητα του κεφαλαίου (διεξαγωγή συγκρίσεων).

Τύπος του ατυχήματος: Οι τιμές των συντελεστών των μεταβλητών που αναφέρονται στον τύπο του ατυχήματος παρέχουν γενικότερα συμπεράσματα όσον αφορά τη συχνότητα εμφάνισης τους στους Ελληνικούς αυτοκινητοδρόμους. Το αρνητικό πρόσημο των τιμών του β για τις μεταβλητές που αφορούν στα ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση και στα ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση δείχνουν ότι ο αριθμός των παθόντων σε αυτά αναμένεται μειωμένος σε σχέση με αυτόν που θα προκύψει από τα ατυχήματα πολλών οχημάτων. Το αποτέλεσμα αυτό έχει παρατηρηθεί και κατά τη διερεύνηση του κάθε τμήματος ξεχωριστά, ενώ στη συγκεκριμένη περίπτωση ποσοτικοποιείται για το σύνολο των εξεταζόμενων τμημάτων.

Τύπος του συνδεδεμένου οχήματος: Η μεταβλητή που εκφράζει τον τύπο του οχήματος που συμμετείχε στο κάθε ατύχημα διαχωρίζεται σε τρία επίπεδα, τα επιβατικά, τα βαρέα και τα δίκυκλα οχήματα. Στο μαθηματικό πρότυπο που εξετάζεται παρουσιάζεται μειωμένη πιθανότητα παρατήρησης παθόντων σε ατύχημα οι οποίοι να επέβαιναν σε βαρύ όχημα ή δίκυκλο σε σχέση με τους αναμενόμενους παθόντες που επιβαίνουν σε επιβατικό όχημα. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο καθώς τα οχηματοχιλιόμετρα που διανύονται από τα επιβατικά οχήματα είναι περισσότερα από κάθε άλλο τύπο οχήματος, ενώ η σημασία του αποτελέσματος έγκειται στην ποσοτικοποίηση της διαφοράς αυτής. Από τις τιμές της οριακής επιρροής της κάθε μεταβλητής παρατηρείται μείωση των αναμενόμενων παθόντων κατά δύο για τα δίκυκλα σε σχέση με τους παθόντες των επιβατικών ενώ η αντίστοιχη αυτή μείωση για τα βαρέα οχήματα αναμένεται στους τρεις με τέσσερις παθόντες.

Κατηγορία προσώπου: Η μεταβλητή αυτή εξετάζει την αναμενόμενη μεταβολή στον αριθμό των παθόντων ανάλογα με την κατηγορία του επιβαίνοντος στο όχημα που συμμετείχε στα εξεταζόμενα ατυχήματα. Οι επιβαίνοντες διαχωρίζονται σε οδηγούς και επιβάτες. Όπως παρατηρείται από την τιμή του συντελεστή β που αναφέρεται στους επιβάτες και την τιμή της αντίστοιχης οριακής επιρροής η διαφορά στην αναμενόμενη τιμή των

παθόντων επιβατών με τους παθόντες οδηγούς είναι μικρή (-0,4). Συνεπώς δεν προκύπτουν σημαντικές ενδείξεις ότι κάποια κατηγορία επιβαινόντων παρουσιάζει μεγαλύτερη συχνότητα στους εξεταζόμενους αυτοκινητοδρόμους.

Σοβαρότητα ατυχήματος: Η σοβαρότητα του ατυχήματος εξετάστηκε σε όλα τα προηγούμενα μαθηματικά πρότυπα δίνοντας τα αναμενόμενα αποτελέσματα, τα οποία, ποιοτικά, δεν διέφεραν ανάμεσα στους εξεταζόμενους αυτοκινητοδρόμους. Η τάση αυτή ακολουθείται με παρόμοιο τρόπο και σε αυτό το πρότυπο που αφορά το σύνολο των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων. Ο αριθμός των αναμενόμενων βαριά τραυματιών παρουσιάζεται μειωμένος περίπου κατά τέσσερις παθόντες σε σχέση με τον αναμενόμενο αριθμό ελαφρά τραυματιών, ενώ ο αναμενόμενος αριθμός νεκρών συμμετεχόντων παρουσιάζεται μειωμένος περίπου κατά πέντε σε σχέση με τον αριθμό των ελαφρά τραυματιών.

Φύλο του παθόντος: Στο παρόν πρότυπο εξετάζεται η επιρροή του φύλου στη συχνότητα εμφάνισης παθόντων σε οδικά ατυχήματα. Επίπεδο αναφοράς όπως σε όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκε αποτελούν οι άνδρες ενώ η τιμή της οριακής επιρροής της μεταβλητής που αναφέρεται στις γυναίκες δίνει την αναμενόμενη μεταβολή στον αριθμό των παθόντων όταν αυτοί είναι γένους θηλυκού σε σχέση με τον αριθμό των παθόντων γένους αρσενικού. Παρατηρείται αρνητικό πρόσημο στην τιμή του συντελεστή β της μεταβλητής «θήλυ» γεγονός που ερμηνεύεται ως μείωση στον αριθμό των αναμενόμενων παθόντων σε ατυχήματα αυτοκινητοδρόμων όταν αυτοί είναι γυναίκες σε σχέση με τον αριθμό των παθόντων ανδρών. Όπως φαίνεται από την τιμή της αντίστοιχης οριακής επιρροής, η μείωση αυτή ανέρχεται σε δύο περίπου παθούσες.

Ηλικία του παθόντος: Η ομάδα ηλικιών που χρησιμοποιείται ως επίπεδο αναφοράς είναι οι παθόντες μεσαίων ηλικιών ενώ εξετάζεται η σχετική μεταβολή του αριθμού των παθόντων για νέους και προχωρημένης ηλικίας παθόντες. Παρατηρείται ότι η ηλικιακή αυτή ομάδα έχει την τάση να εμπλέκεται σε περισσότερα ατυχήματα καθώς τα πρόσημα των συντελεστών των μεταβλητών που αναφέρονται σε νεαρής και προχωρημένης ηλικίας παθόντες είναι αρνητικά. Οι τιμές της οριακής επιρροής για τους παθόντες της πρώτης (0-24 ετών) και της τρίτης (45+ ετών) ηλικιακής ομάδας δίνουν τον αριθμό των παθόντων που αναμένεται να παρατηρηθούν επιπλέον σε σχέση με τον αριθμό που αναφέρεται στη μεσαία ηλικιακή ομάδα, και είναι ίσες με -2,3 και -1,4 αντίστοιχα, που σημαίνει πως αναμένονται περίπου δύο λιγότεροι νέοι και ένας έως δύο λιγότεροι προχωρημένης ηλικίας παθόντες.

5.4.5 Διερεύνηση δεικτών επικινδυνότητας Αττικής Οδού

Η παρούσα ανάλυση αφορά στη διερεύνηση της **συσχέτισης μεταξύ του κυκλοφοριακού φόρτου και ορισμένων δεικτών επικινδυνότητας** σε τμήματα Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων. Η σχέση μεταξύ του όγκου της κυκλοφορίας και των οδικών ατυχημάτων υποστηρίζεται από πληθώρα ερευνών και επιστημονικών δημοσιεύσεων που ασχολείται με την κυκλοφοριακή τεχνική και την οδική ασφάλεια. Η αύξηση της οδικής κυκλοφορίας θεωρείται ότι αυξάνει τον απόλυτο αριθμό των οδικών ατυχημάτων καθώς έχει άμεση επιρροή στην ταχύτητα, σε όλες τις κυκλοφοριακές συνθήκες και στην «πίεση» κάτω από την οποία πραγματοποιείται η οδήγηση. Πολυάριθμές έρευνες διεθνώς διερευνούν τη συσχέτιση των δεικτών οδικής ασφάλειας (επικινδυνότητας και σοβαρότητας) με τον κυκλοφοριακό φόρτο, ωστόσο μια τέτοια έρευνα στην Ελλάδα για τμήματα αυτοκινητοδρόμων δεν έχει πραγματοποιηθεί μέσα στην τελευταία δεκαπενταετία.

Οι **δείκτες επικινδυνότητας** που χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση της ανάλυσης αφορούν στα ατυχήματα και στους συμμετέχοντες σε αυτά. Ο δείκτης ατυχημάτων εκφράζεται ως το πηλίκο του αριθμού των ατυχημάτων που συνέβησαν στα εξεταζόμενα οδικά τμήματα για δεδομένη χρονική περίοδο, προς τον αριθμό των εκατομμυρίων οχηματοχιλιομέτρων που πραγματοποιήθηκαν κατά την περίοδο αυτή. Αντίστοιχα ο δείκτης συμμετεχόντων εκφράζεται ως αριθμός συμμετεχόντων προσώπων σε ατυχήματα τα οποία συνέβησαν στα εξεταζόμενα οδικά τμήματα για την περίοδο αναφοράς προς τον ίδιο αριθμό οχηματοχιλιομέτρων.

Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν για την πραγματοποίηση της ανάλυσης δίνουν τον **αριθμό των ατυχημάτων και των παθόντων προσώπων** ανά μήνα του έτος και ανά έτος λειτουργίας του αυτοκινητοδρόμου. Ο αυτοκινητόδρομος που εξετάζεται είναι ολόκληρη η Αττική Οδός εκτός των τμημάτων της Δυτικής Περιφερειακής Λεωφόρου Υμηττού για την οποία δεν είναι διαθέσιμα τα στοιχεία οδικών ατυχημάτων, καθώς η έναρξη της λειτουργίας της πραγματοποιήθηκε στους τελευταίους μήνες της εξεταζόμενης περιόδου (9/2003). Τα στοιχεία των οχηματοχιλιομέτρων για την κατασκευή των δεικτών επικινδυνότητας παρήχθησαν με τη βοήθεια των διαθέσιμων δεδομένων για την μέση ημερήσια κυκλοφορία και τη μέση διανυόμενη απόσταση των οχημάτων που εισέρχονται στην Αττική Οδό.

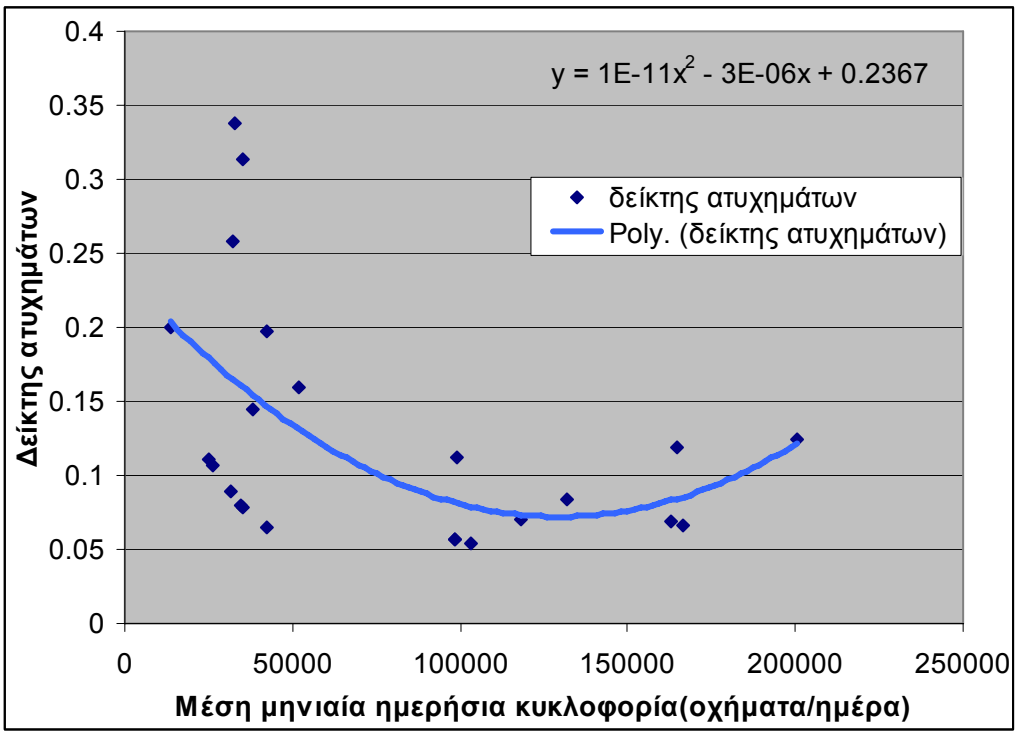
Η μηνιαία μέση ημερήσια κυκλοφορία δεν ήταν διαθέσιμη εξ' αρχής για το σύνολο των ετών που εξετάζονται (2001-2003), συγκεκριμένα, τα δεδομένα

αυτά ήταν διαθέσιμα μόνο για το έτος 2003. Στοιχεία όγκου κυκλοφορίας με τη μορφή συνολικού αριθμού εισόδων στον αυτοκινητόδρομο έγιναν διαθέσιμα ανά τρίμηνο λειτουργίας, για το σύνολο της περιόδου αναφοράς. Με βάση αυτά έγινε δυνατός ο υπολογισμός της μέσης τριμηνιαίας ημερήσιας κυκλοφορίας (αριθμός εισόδων). Με βάση τα στοιχεία μηνιαίας κυκλοφορίας του έτους 2003 έγινε δυνατός ο υπολογισμός ενός **ποσοστού** στο οποίο κάθε μήνας συμμετέχει στην κυκλοφορία του κάθε τριμήνου. Το ποσοστό αυτό θεωρήθηκε σταθερό για την (ούτως ή άλλως σύντομη) περίοδο αναφοράς στην οποία αναφέρεται η Εργασία. Με τη χρήση του ποσοστού αυτού και των στοιχείων για την κυκλοφορία του κάθε τριμήνου έγινε δυνατός ο **υπολογισμός της μέσης μηνιαίας ημερήσιας κυκλοφορίας** η οποία αποτελεί την ανεξάρτητη μεταβλητή στη συσχέτιση που πραγματοποιείται. Μετά την ανάκτηση των παραπάνω στοιχείων, ο **υπολογισμός των οχηματοχιλιομέτρων** για την κατασκευή των δεικτών επικινδυνότητας ήταν απλός αφού αρκούσε ο πολλαπλασιασμός της μέσης μηνιαίας ημερήσιας κυκλοφορίας με τη μέση διανυόμενη απόσταση των οχημάτων για την κάθε περίοδο για να προκύψει ο αριθμός των οχηματοχιλιομέτρων για το μήνα αυτό.

Για την **επεξεργασία των δεδομένων** και την κατασκευή των διαγραμμάτων που ακολουθούν χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Excel το οποίο παρουσιάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Το πρόγραμμα αυτό όπως έχει προαναφερθεί δίνει τη δυνατότητα κατασκευής διαγραμμάτων και πραγματοποίησης απλών συσχετίσεων μεταξύ δύο μεταβλητών. Καθώς η παρούσα ανάλυση δεν αφορά μια πολυπαραμετρική συσχέτιση αλλά απλώς διερευνά την καταλληλότερη μορφή μαθηματικής σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών δεν κρίθηκε απαραίτητη η χρήση ενός πιο πολύπλοκου στατιστικού προγράμματος. Για την παραγωγή των αποτελεσμάτων ήταν αρκετή η εισαγωγή των δεδομένων σε ειδική εφαρμογή του προγράμματος (XY scatter chart) ώστε να απεικονιστούν σε ένα διάγραμμα με τις τιμές της μηνιαίας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας στον άξονα των X και τις τιμές του δείκτη ατυχημάτων στον άξονα των Y. Με τη χρήση της κατάλληλης υπορουτίνας (trendline) για την εφαρμογή της καταλληλότερης καμπύλης για τη συσχέτιση των δεδομένων και τον καθορισμό των λεπτομερειών για τη μορφή της μαθηματικής σχέσης που θα εκφράζει την καμπύλη αυτή, παρήχθησαν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Το πρώτο διάγραμμα αφορά στη σχέση μεταξύ του δείκτη ατυχημάτων της Αττικής Οδού με δεδομένα της περιόδου 2001-2003 και της μηνιαίας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας. Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ακόμη, η μαθηματική σχέση που εκφράζει την καμπύλη που απεικονίζεται, η οποία εκφράζει το

δείκτη ατυχημάτων συναρτήσει του μηνιαίου μέσου ημερήσιου φόρτου με μια πολυωνυμική συνάρτηση δευτέρου βαθμού.

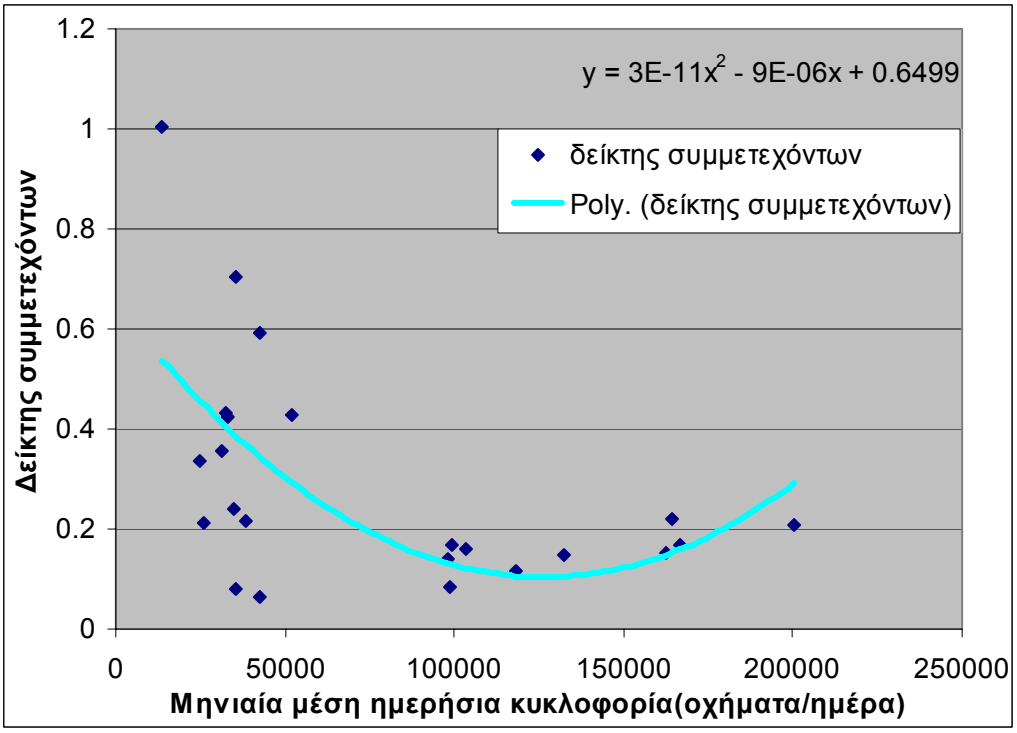


Διάγραμμα 5.1 Σχέση μεταξύ δείκτη ατυχημάτων και μηνιαίας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας.

Η παραπάνω συσχέτιση έχει τη **μορφή U**, πράγμα που συμφωνεί με τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας. Ο δείκτης συσχέτισης R^2 είναι περίπου ίσος με 0,30. Ο δείκτης ατυχημάτων αρχικά μειώνεται με την αύξηση της μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας πράγμα που πιθανώς οφείλεται στην παρουσία περισσότερων οχημάτων στην οδό και συνεπάγεται μείωση της ταχύτητας κίνησης καθώς και των ελιγμών που πραγματοποιούνται. Έτσι ενώ ο αριθμός των ατυχημάτων μπορεί να αυξάνεται, ο δείκτης ατυχημάτων (που λαμβάνει υπόψη και τον όγκο της κυκλοφορίας) μειώνεται. Όσο ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνεται περαιτέρω παρατηρείται μια μικρή τάση για αύξηση του δείκτη ατυχημάτων. Η αύξηση αυτή δείχνει ότι από ένα σημείο και έπειτα, τα οδικά ατυχήματα αυξάνονται με ακόμη μεγαλύτερο ρυθμό, έτσι τα ατυχήματα σε σχέση με τα αντίστοιχα οχηματοχιλιόμετρα παίρνουν αντίστοιχα ανοδική τάση.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς στοιχεία του αριθμού των συμμετεχόντων σε ατυχήματα. Τα στοιχεία αυτά που ήταν διαθέσιμα από τις προηγούμενες έρευνες έδωσαν τη δυνατότητα δημιουργίας **ενός επιπλέον διαγράμματος** που συσχετίζει το δείκτη συμμετεχόντων με τον κυκλοφοριακό

φόρτο. Ο δείκτης συμμετεχόντων σε ατυχήματα θεωρείται ότι ακολουθεί παρόμοια τάση με το δείκτη ατυχημάτων καθώς τα δύο μεγέθη είναι απόλυτα συσχετισμένα μεταξύ τους. Ωστόσο, θεωρήθηκε σκόπιμη η διαπίστωση της συσχέτισης μεταξύ αυτού και του κυκλοφοριακού φόρτου, καθώς γνωρίζοντας την ομοιότητα στην τάση που ακολουθούν οι δύο δείκτες, η μορφή που παρήχθη στο προηγούμενο διάγραμμα μπορεί να **υποστηριχθεί και να επιβεβαιωθεί** από τη μορφή του δεύτερου, εάν αυτές συμφωνούν. Επίσης τα στοιχεία που αφορούν στους συμμετέχοντες είναι περισσότερα, έτσι μπορούν να παράσχουν περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα. Το διάγραμμα που ακολουθεί αφορά δεδομένα συμμετεχόντων για τη χρονική περίοδο 2001-2003 για το σύνολο του αυτοκινητοδρόμου της Αττικής Οδού.



Διάγραμμα 5.2 Σχέση μεταξύ δείκτη συμμετεχόντων και μηνιαίας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας.

Παρατηρείται ότι η μορφή συσχέτισης ακολουθεί τη **ίδια τάση** με αυτή του δείκτη ατυχημάτων. Η μαθηματική σχέση που χρησιμοποιήθηκε ήταν επίσης **πολυωνυμικής μορφής** δευτέρου βαθμού. Ο δείκτης συσχέτισης R^2 προέκυψε ίσος με 0,37, πράγμα που αποδεικνύει καλύτερη εφαρμογή στα δεδομένα από την προηγούμενη περίπτωση. Το παραπάνω διάγραμμα επιβεβαιώνει τη μορφή συσχέτισης που προέκυψε μεταξύ του δείκτη ατυχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου καθώς είναι γνωστό ότι οι δύο αυτές συσχετίσεις έχουν την ίδια μορφή και ερμηνεύονται με τον ίδιο τρόπο.

5.4.6 Μη αποδεκτά πρότυπα συσχέτισης

Προκειμένου οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν να καταλήξουν στα αποδεκτά πρότυπα συσχέτισης που εκφράζουν τη σχετική επιρροή των παραμέτρων στο επίπεδο οδικής ασφάλειας, πραγματοποιήθηκε **μεγάλος αριθμός δοκιμών** πολλές από τις οποίες δεν έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα, είτε επειδή αυτά δεν συμφωνούσαν με τη λογική (οπότε ακολουθούσε η άμεση απόρριψη τους), είτε επειδή κάποιοι στατιστικοί δείκτες δεν λάμβαναν ικανοποιητικές τιμές και συγχρόνως δεν υπήρχαν αρκετά στοιχεία για να τα στηρίξουν πάραυτα. Πολλές από αυτές τις προσεγγίσεις διαδραμάτισαν καθοριστικό ρόλο στην μετέπειτα εξέλιξη της έρευνας καθώς υπέδειξαν ποιες μεθοδολογίες ήταν τελικά ακατάλληλες για τους σκοπούς της Εργασίας και βοήθησαν στην κατανόηση των διαδικασιών που έπρεπε να ακολουθηθούν για να καταλήξει στα επιθυμητά αποτελέσματα.

Τα αποτελέσματα τα οποία **δεν ικανοποιούν όλους τους στατιστικούς ελέγχους** και που θα μπορούσαν υπό διαφορετικές συνθήκες (διαφορετική δημιουργία των μεταβλητών, χρήση πρόσθετων στοιχείων) να παράγουν αξιόπιστα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω χωρίς να αναλυθούν σε βάθος. Αφορούν στη μεθοδολογία της αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης της οποίας υποπερίπτωση αποτελεί η παλινδρόμηση Poisson. Τα αποτελέσματα του προγράμματος Best Fit οδήγησαν στη χρησιμοποίηση των μεθοδολογιών αυτών, καθώς η αρνητική διωνυμική κατανομή παρουσιαζόταν πολλές φορές ως καταλληλότερη από την κατανομή Poisson για τα διαθέσιμα δεδομένα. Ωστόσο τα αποτελέσματα που παρήχθησαν δε μπορούσαν να υποστηριχθούν επαρκώς και κρίθηκαν αναξιόπιστα.

Η **αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση** χρησιμοποιήθηκε για την συγκριτική διερεύνηση των παραμέτρων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα στα τμήματα αυτοκινητόδρομου του **Π.Α.Θ.Ε**. Το πρότυπο που προέκυψε παρείχε ικανοποιητική τιμή για το στατιστικό δείκτη X^2 (ίση με 105, sign X = 0,0000) ενώ τα πρόσημα των συντελεστών β των μεταβλητών συμβαδίζουν με τη λογική και επιβεβαιώνονται όπου αυτό είναι δυνατό από την αποκτηθείσα εμπειρία. Ωστόσο, η τιμή του t test για το συντελεστή που προέβλεπε τη μεταβολή στον αριθμό των παθόντων ανάλογα με την κατηγορία του προσώπου (οδηγός, επιβάτης) ήταν χαμηλή, ίση με 0,959 πράγμα που (για τον αριθμό βαθμών ελευθερίας στη συγκεκριμένη περίπτωση) οδηγεί σε χαμηλό επίπεδο σημαντικότητας, μόλις 67%. Έτσι η συγκεκριμένη πρόβλεψη δεν μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστη, συνεπώς το πρότυπο απορρίπτεται.

Αντίστοιχο πρότυπο **αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης** αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας τα δεδομένα της **Αττικής Οδού**. Ο μικρός αριθμός δεδομένων που ήταν διαθέσιμος, σε συνδυασμό με την αναγκαστική αφαίρεση κάποιων από τον πίνακα συνετέλεσε στην εμφάνιση υπερδιασποράς στα δεδομένα με αποτέλεσμα την κατάδειξη της αρνητικής διωνυμικής κατανομής ως ελαφρώς καταλληλότερη από την κατανομή Poisson για την περιγραφή των δεδομένων. Το αντίστοιχο μαθηματικό πρότυπο που αναπτύχθηκε όμως δεν μπόρεσε να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η τιμή του δείκτη X^2 έλαβε πολύ χαμηλή τιμή με αποτέλεσμα το επίπεδο σηματνικότητας να είναι χαμηλότατο (7%) παρόλο που τα πρόσημα των συντελεστών συμφωνούσαν με τη λογική και την εμπειρία. Ακόμη οι τιμές των στατιστικών δεικτών t κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα, ενώ για λίγες μεταβλητές προέκυψαν επίπεδα σημαντικότητας μεγαλύτερα του 80%. Συνεπώς το πρότυπο αυτό δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Τέλος έγινε προσπάθεια διερεύνησης των επιλεγμένων παραμέτρων με τη χρήση της **αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης** για το σύνολο των διαθέσιμων στοιχείων, δηλαδή για τον **Π.Α.Θ.Ε. και την Αττική οδό** σε ένα κοινό πρότυπο. Η μαθηματική σχέση που παρήχθη ελέγχθηκε ως προς τη λογική των αποτελεσμάτων που παρήγαγε και διαπιστώθηκε ότι συμβαδίζει με την εμπειρία καθώς και με τα αποτελέσματα που παρήχθησαν από το αντίστοιχο πρότυπο Poisson. Η τιμή του δείκτη X^2 ήταν υψηλή, και το αντίστοιχο επίπεδο σημαντικότητας προέκυπτε 100%. Ωστόσο το πρότυπο δεν μπορεί να θεωρηθεί πλήρως αξιόπιστο καθώς η τιμή που λαμβάνει ο στατιστικός δείκτης t για την περίπτωση του συντελεστή της μεταβλητής που δίνει τη μεταβολή των επιβατών παθόντων σε σχέση με τους οδηγούς είναι σχετικά χαμηλή (0,765) και το αντίστοιχο επίπεδο σημαντικότητας είναι της τάξης του 55%.

5.5 Διερεύνηση σχετικών τάσεων – Συγκρίσεις

Στις προηγούμενες ενότητες παρουσιάστηκαν τα μαθηματικά πρότυπα παλινδρόμησης Poisson, αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης καθώς και η διερεύνηση της επιρροής του κυκλοφοριακού φόρτου σε διάφορους δείκτες επικινδυνότητας της οδού. Τα πρότυπα αυτά περιέχουν πολλές **κοινές μεταβλητές γεγονός** που επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων ως προς τη σχετική επιρροή των μεταβλητών στον αριθμό των αναμενόμενων παθόντων στο καθένα. Συγκεκριμένα, το πρότυπο παλινδρόμησης Poisson για την Αττική Οδό και το πρότυπο αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης του Π.Α.Θ.Ε. έχουν αναπτυχθεί με τις ίδιες μεταβλητές έτσι ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των σχετικών τάσεων που παρουσιάζουν. Ακόμη το πρότυπο που αφορά στη διερεύνηση των παραμέτρων για το σύνολο των εξεταζόμενων αυτοκινητοδρόμων, δίνει μια άμεση εικόνα για τη μεταβολή του αναμενόμενου αριθμού των παθόντων σε αυτούς. Στη συνέχεια ακολουθεί **σειρά συγκρίσεων** μεταξύ των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών που παρουσιάζονται στα πρότυπα Poisson της Αττικής Οδού και αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης του Π.Α.Θ.Ε. με την αντίστοιχη ερμηνεία και σχολιασμό των συμπερασμάτων που εξάγονται. Πριν τη σύγκριση αυτή σχολιάζεται το αποτέλεσμα του προτύπου που διερευνά τους δύο αυτοκινητοδρόμους ταυτόχρονα που σχετίζεται με τη μεταβολή στον αριθμό των παθόντων ανάλογα με την εξεταζόμενη οδό.

5.5.1 Σύγκριση με χρήση του κοινού μαθηματικού προτύπου

Το μαθηματικό πρότυπο που αναπτύχθηκε στην παράγραφο 5.4.4 αποτελεί μια **συνολική προσέγγιση** στο θέμα της συγκριτικής διερεύνησης των παραμέτρων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα στους Ελληνικούς αυτοκινητοδρόμους. Ποσοτικοποιεί την επιρροή των επιλεγμένων παραμέτρων στη μεταβολή του αριθμού των παθόντων ανάλογα με το επίπεδο κάθε μεταβλητής που εξετάζεται. Η μεταβλητή που αναφέρεται στον εξεταζόμενο αυτοκινητόδρομο, εκφράζει την αναμενόμενη αύξηση (ή μείωση αναλόγως του πρόσημου) στον απόλυτο αριθμό των παθόντων προσώπων σε ατυχήματα αναλόγως του αυτοκινητοδρόμου στον οποίο συνέβησαν, διατηρώντας όλες τις υπόλοιπες συνθήκες που περιγράφουν το ατύχημα και τον παθόντα σταθερές. Το αποτέλεσμα που αφορά στην παραπάνω σύγκριση φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 5.6 Μεταβολή παθόντων Αττικής Οδού συγκριτικά με τον Π.Α.Θ.Ε.

Παλινδρόμηση Poisson - Αυτοκινητόδρομοι Π.Α.Θ.Ε. και Αττικής Οδού		
Ανεξάρτητη Μεταβλητή	**Συντελεστής β**	**Οριακή επιρροή**
Αττική Οδός	-1.421152757	-4.390

Ο παραπάνω συντελεστής β λαμβάνει αρνητικό πρόσημο πράγμα που σημαίνει ότι ο αναμενόμενος αριθμός παθόντων στην Αττική Οδό αναμένεται μειωμένος σε σχέση με τον αριθμό που αναμένεται να προκύψει στον Π.Α.Θ.Ε. Η αριθμητική τιμή που παρουσιάζεται στον πίνακα δεν απεικονίζει μια άμεσα μετρήσιμη μεταβολή καθώς το μαθηματικό πρότυπο στο οποίο χρησιμοποιείται είναι η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση. Η σχέση στην οποία συμπεριλαμβάνεται η τιμή αυτή είναι εκθετική και έχει παρουσιασθεί και σχολιασθεί αναλυτικά στο θεωρητικό υπόβαθρο, αναγράφεται ως εξής:

$$\lambda = e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_n X_n)}$$

Από την παραπάνω σχέση γίνεται κατανοητό ότι ο συντελεστής -1,4211 αποτελεί την τιμή β_i η οποία αναφέρεται στη μεταβλητή X_i που αφορά την εξεταζόμενη οδό. Η μεταβλητή αυτή απεικονίζει τη μεταβολή που αναμένεται να προκύψει στην εξαρτημένη μεταβλητή αν λάβει την τιμή ένα σε σχέση με την τιμή του λ εάν η μεταβλητή αυτή έπαιρνε την τιμή μηδέν, δηλαδή αναφερόταν στο επίπεδο αναφοράς. Η **μεταβολή αυτή μπορεί να γίνει μετρήσιμη** μόνο με τη χρήση της αντίστοιχης τιμής της **οριακής επιρροής** που τη συνοδεύει. Αυτή υποδηλώνει τη μεταβολή στον αριθμό των παθόντων για την περίπτωση που η μεταβλητή θα λάβει την τιμή ένα σε σχέση με τον αντίστοιχο αριθμό εάν η μεταβλητή ελάμβανε την τιμή μηδέν. Στην περίπτωση που εξετάζεται, η τιμή της οριακής επιρροής είναι περίπου ίση με 4,4 πράγμα που σημαίνει ότι για κάποια ατυχήματα που περιγράφονται από συγκεκριμένα χαρακτηριστικά στα οποία συμμετείχαν παθόντες οι οποίοι περιγράφονται από τις υπόλοιπες μεταβλητές που λαμβάνουν μέρος στο πρότυπο, αναμένονται τέσσερις έως πέντε λιγότεροι παθόντες στην Αττική Οδό σε σχέση με αυτούς που αναμένονται στον Π.Α.Θ.Ε. σε διάστημα τριών ετών.

5.5.2 Σύγκριση εξειδικευμένων προτύπων Π.Α.Θ.Ε. και Αττικής Οδού

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται και **συγκρίνονται οι τιμές των συντελεστών** των κοινών μεταβλητών που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του αναμενόμενου αριθμού των παθόντων προσώπων σε ατυχήματα, ανάμεσα στα δύο μαθηματικά πρότυπα για τον Π.Α.Θ.Ε. και την Αττική Οδό τα οποία έχουν περιγραφεί αναλυτικά στις προηγούμενες παραγράφους. Η σύγκριση των τιμών αυτών έχει σκοπό να **αναδείξει τις παραμέτρους που επηρεάζουν σημαντικότερα** την εμφάνιση οδικών ατυχημάτων σε κάθε ένα από τα εξεταζόμενα οδικά τμήματα.

Η σύγκριση της επιρροής που ασκεί η κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή στον αριθμό των αναμενόμενων παθόντων σε ατυχήματα **δεν είναι δυνατό να γίνει κατά απόλυτο τρόπο** (με τη χρήση των τιμών οριακής επιρροής) αφού ο αριθμός των συνολικών αναμενόμενων ατυχημάτων διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στις δύο οδούς. Για παράδειγμα η τιμή της οριακής επιρροής μιας μεταβλητής που θα λάμβανε την τιμή -10, συγκρινόμενη με την αντίστοιχη τιμή της οριακής επιρροής για την ίδια μεταβλητή του προς σύγκριση προτύπου η οποία λαμβάνει την τιμή -5, δεν θα μπορούσε να υποδηλώσει άμεσα μεγαλύτερη σχετική μείωση στο πρώτο πρότυπο αφού η μείωση αυτή μπορεί να αντιστοιχεί σε μικρότερο ποσοστό επί του συνόλου αναλόγως του αριθμού των συνολικών αναμενόμενων παθόντων. Για το λόγο αυτό οι συγκρίσεις που ακολουθούν έχουν **ποιοτικό χαρακτήρα** και σκοπό έχουν να αναδείξουν τη σπουδαιότητα του κάθε παράγοντα στην εμφάνιση παθόντων σε ατυχήματα σε σχέση με τη σπουδαιότητα του παράγοντα αυτού στο πρότυπο με το οποίο γίνεται η σύγκριση, με τη χρήση των συντελεστών β_i των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Ο τύπος του ατυχήματος αποτελεί βασική ανεξάρτητη μεταβλητή η οποία χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα μαθηματικά πρότυπα που αναπτύχθηκαν. Αποτελεί βασικό επεξηγηματικό παράγοντα για την κατανόηση των πιθανών συνθηκών οι οποίες σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του ατυχήματος μπορούν να οδηγήσουν στην κατανόηση των αιτιών του. Τα μαθηματικά πρότυπα που αναπτύχθηκαν αναδεικνύουν την πιθανότητα εμφάνισης του κάθε τύπου ατυχήματος σε σχέση με αυτόν που αποτελεί επίπεδο αναφοράς. Η σύγκριση των αντίστοιχων τιμών των μαθηματικών σχέσεων καταδεικνύει τον αυτοκινητόδρομο στον οποίο ο λόγος του αριθμού των ατυχημάτων ενός τύπου προς τον αριθμό των ατυχημάτων του τύπου που αποτελεί επίπεδο αναφοράς είναι μεγαλύτερος, με άλλα λόγια τη σπουδαιότητα του κάθε τύπου ατυχήματος στην εξεταζόμενη οδό. Τα

αποτελέσματα για την Αττική Οδό και τον Π.Α.Θ.Ε. φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.7 Τιμές του συντελεστή β για τους τύπους ατυχημάτων σε Αττική Οδό και Π.Α.Θ.Ε.

Ανεξάρτητη Μεταβλητή	**Συντελεστής β_i - Αττική Οδός**	**Συντελεστής β_i - Π.Α.Θ.Ε.**
Ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση	-0.2818	-1.3397
Ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση	-1.0449	-1.4312

Παρατηρείται ότι τα ατυχήματα ενός οχήματος σε σχέση με τα ατυχήματα πολλών οχημάτων είναι μειωμένα και στους δύο αυτοκινητοδρόμους, πράγμα που υποδηλώνεται από τα αρνητικά πρόσημα των συντελεστών. Ωστόσο η **μείωση αυτή φαίνεται να είναι μικρότερη για τον αυτοκινητόδρομο της Αττικής Οδού**. Συγκεκριμένα, ο λόγος του αριθμού των ατυχημάτων ενός οχήματος με κάποια πρόσκρουση προς τον αριθμό των ατυχημάτων πολλών οχημάτων φαίνεται να είναι μικρότερος στον Π.Α.Θ.Ε. από τον αντίστοιχο της Αττικής Οδού. Συνεπώς τα ατυχήματα ενός οχήματος με κάποια πρόσκρουση εμφανίζονται πιο συχνά (σαν ποσοστό του συνόλου τους) στην Αττική Οδό παρά στα τμήματα αυτοκινητοδρόμου του Π.Α.Θ.Ε. Παρόμοια είναι και η τάση που ακολουθείται για τα ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση σε σχέση με τα ατυχήματα πολλών οχημάτων. Το ποσοστό τους επί του συνόλου των ατυχημάτων στην Αττική Οδό σε σχέση με το αντίστοιχο ποσοστό στον Π.Α.Θ.Ε. παρουσιάζεται μεγαλύτερο. Η μεγαλύτερη ομοιομορφία των παρουσιαζόμενων τύπων ατυχημάτων στην Αττική Οδό δείχνει ότι δεν υπάρχει κάποιος μηχανισμός που επηρεάζει τον τρόπο εμφάνισης τους, αντίθετα, η σαφώς αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων πολλών οχημάτων έναντι της πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος ενός οχήματος **στον Π.Α.Θ.Ε.** υποδηλώνει την ύπαρξη παραγόντων που **ευνοούν την εμπλοκή περισσότερων του ενός οχημάτων** κατά την εμφάνιση ενός οδικού ατυχήματος.

Επόμενη μεταβλητή της οποίας η επιρροή διερευνάται στα μαθηματικά πρότυπα των δύο αυτοκινητοδρόμων είναι η σοβαρότητα του ατυχήματος που αφορά τον παθόντα στόχο της εξεταζόμενης περίπτωσης. Η μεταβλητή αυτή παρουσιάζει την πιθανότητα που έχει ένας συμμετέχων σε ατύχημα να αντιμετωπίσει σοβαρό τραυματισμό ή θάνατο σε σχέση με την πιθανότητα να τραυματιστεί ελαφρά. Η πιθανότητα αυτή εκφράζεται μέσα από τους συντελεστές των μεταβλητών «βαριά τραυματίας» και «νεκρός» οι οποίες παρουσιάζουν τη μεταβολή στη συχνότητα εμφάνισης παθόντων ανάλογα με

τη σοβαρότητα του ατυχήματος. Ο παρακάτω πίνακας δίνει τις τιμές των συντελεστών αυτών για την Αττική Οδό και τον Π.Α.Θ.Ε.

Πίνακας 5.8 Τιμές του συντελεστή β για τη σοβαρότητα των ατυχημάτων σε Αττική Οδό και Π.Α.Θ.Ε.

Ανεξάρτητη Μεταβλητή	**Συντελεστής β_i - Αττική Οδός**	**Συντελεστής β_i - Π.Α.Θ.Ε.**
Βαριά τραυματίες	-1.7313	-1.7373
Νεκροί	-2.0130	-1.9161

Όπως έχει αναφερθεί και κατά την παρουσίαση των μαθηματικών προτύπων, ο αναμενόμενος **αριθμός των βαριά τραυματικών και νεκρών συμμετεχόντων αναμένεται μειωμένος σε σχέση με τον αντίστοιχο αριθμό ελαφρά τραυματιών** και στους δύο εξεταζόμενους αυτοκινητοδρόμους. Η μείωση αυτή είναι αναμενόμενη, ωστόσο το ενδιαφέρον εστιάζεται στο ποσοστό εμφάνισης των εξεταζόμενων κατηγοριών σοβαρότητας επί του συνόλου των παθόντων. Ο λόγος των βαριά τραυματιών προς τους ελαφρά τραυματίες παθόντες σε οδικά ατυχήματα φαίνεται **περίπου ίσος** στην Αττική Οδό και τον Π.Α.Θ.Ε. καθώς οι τιμές του συντελεστή β δεν διαφέρουν σημαντικά ανάμεσα στα δύο μαθηματικά πρότυπα. Απαραίτητη κρίνεται η διευκρίνιση ότι ισότητα αυτή δεν συνεπάγεται ίδιο αριθμό βαριά τραυματιών στους δύο εξεταζόμενους αυτοκινητοδρόμους, αλλά ίσα ποσοστά εμφάνισης της κάθε κατηγορίας τραυματισμού επί του συνόλου των περιπτώσεων.

Η τάση αυτή διαφέρει όταν γίνεται αναφορά στην εμφάνιση συμμετεχόντων που απεβίωσαν σε σχέση με τον αριθμό των ελαφρά τραυματιών. Στην περίπτωση αυτή **η μείωση φαίνεται να είναι μεγαλύτερη** στον αυτοκινητόδρομο της Αττικής Οδού αφού ο συντελεστής β λαμβάνει την τιμή -2 σε σχέση με την τιμή -1,9 του Π.Α.Θ.Ε. Δεδομένης της εμφάνισης ενός οδικού ατυχήματος στους δύο αυτοκινητοδρόμους η πιθανότητα αυτό να αποβεί θανατηφόρο είναι μεγαλύτερη στα τμήματα αυτοκινητοδρόμου του Π.Α.Θ.Ε. παρά σε αυτά της Αττικής Οδού. Η διαπίστωση αυτή υποστηρίζει το ενδεχόμενο μειωμένου δείκτη σοβαρότητας των ατυχημάτων για την Αττική Οδό. Η μείωση αυτή μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, ωστόσο σημαντική θεωρείται η συστηματικότερη τήρηση των ορίων ταχύτητας στον εν λόγω αυτοκινητόδρομο (λόγω αυξημένης αστυνόμευσης) η οποία πιθανώς συμβάλλει στη μείωση του δείκτη σοβαρότητας.

Σημαντικός παράγων του οποίου η επιρροή στην εμφάνιση οδικών ατυχημάτων έχει διερευνηθεί ευρύτατα αποτελεί το **φύλο του παθόντα**. Η παρούσα έρευνα παρουσιάζει μέσα από μια μεταβλητή δείκτη που αναφέρεται

στο φύλο και λαμβάνει τις τιμές μηδέν και ένα (0=άρρεν, 1=θήλυ) τη μεταβολή στον αναμενόμενο αριθμό των παθόντων σε ατυχήματα αναλόγως του φύλου τους. Η μεταβολή αυτή διαφέρει ανάμεσα στους δύο εξεταζόμενους αυτοκινητοδρόμους και παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.9 Τιμές του συντελεστή β για το φύλο των παθόντων σε Αττική Οδό και Π.Α.Θ.Ε.

Ανεξάρτητη Μεταβλητή	**Συντελεστής β_i- Αττική Οδός**	**Συντελεστής β_i - Π.Α.Θ.Ε.**
Θήλυ	-0.5306	-0.9877

Η μείωση στον αριθμό των θηλυκών παθούσων σε σχέση με τους άρρενες παρατηρείται και στους δύο εξεταζόμενους αυτοκινητοδρόμους. Συνεπώς, καθώς πιστεύεται ότι ο αριθμός των επιβατοχιλιομέτρων δεν διαφέρει σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων η επικινδυνότητα των αυτοκινητοδρόμων παρουσιάζεται αυξημένη για τους άνδρες. Ακόμη παρατηρείται διαφορά μεταξύ της μεταβολής στον αριθμό των παθόντων ανάμεσα στην Αττική Οδό και τον Π.Α.Θ.Ε. Η μεταβολή αυτή παρουσιάζεται **μειωμένη στον πρώτο αυτοκινητόδρομο ενώ αρκετά πιο αισθητή εμφανίζεται στον δεύτερο**, με άλλα λόγια, το ποσοστό θηλυκών προσώπων παθούσων σε ατυχήματα επί του συνόλου των παθόντων (άρρεν και θήλυ) είναι χαμηλότερο στα τμήματα αυτοκινητοδρόμων του Π.Α.Θ.Ε. σε σχέση με αυτό στον αυτοκινητόδρομο της Αττικής Οδού. Η μικρότερη ομοιομορφία στην κατανομή του φύλου των παθόντων στον **Π.Α.Θ.Ε.** υποδηλώνει ύπαρξη παραγόντων οι οποίοι **ευνοούν την εμφάνιση ατυχημάτων με άνδρες παθόντες**. Πιθανοί παράγοντες μπορεί να είναι η μεγαλύτερη δυνατότητα ανάπτυξης υπερβολικής ταχύτητας (καθώς οι άνδρες οδηγούν πιο «επιθετικά» από τις γυναίκες) η οποία είναι παρατηρείται πιο σπάνια στην Αττική Οδό λόγω εντατικότερης αστυνόμευσης.

Τέλος, σημαντικό χαρακτηριστικό των παθόντων προσώπων του οποίου η επιρροή διερευνάται στην παρούσα εργασία αποτελεί **η ηλικία** τους. Όπως έχει προαναφερθεί πραγματοποιείται διαχωρισμός σε τρεις κατηγορίες (νέοι, μεσαίας ηλικίας, προχωρημένης ηλικίας) των οποίων η επιρροή εξετάζεται μέσα από τη συχνότητα εμφάνισης παθόντων που ανήκουν σε αυτή. Η ηλικία επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο τον αριθμό των αναμενόμενων παθόντων προσώπων σε κάθε εξεταζόμενο αυτοκινητόδρομο. Η διερεύνηση αυτή έχει ως στόχο τη διαπίστωση των ηλικιακών ομάδων που τείνουν να εμπλέκονται περισσότερο σε οδικά ατυχήματα από κάποιες άλλες καθώς και τη σχετική μεταβολή στον αριθμό των παθόντων ανά ηλικιακή ομάδα ανάμεσα στους δύο αυτοκινητοδρόμους. Τα αποτελέσματα των μαθηματικών προτύπων παρουσιάζονται στον πίνακα 5.9.

Πίνακας 5.10 Τιμές του συντελεστή β για την ηλικία των παθόντων σε Αττική Οδό και Π.Α.Θ.Ε.

Ανεξάρτητη Μεταβλητή	**Συντελεστής β_i - Αττική Οδός**	**Συντελεστής β_i - Π.Α.Θ.Ε.**
Νέοι	-0.6941	-0.7654
Προχωρημένης ηλικίας	-0.3781	-0.6387

Ο παραπάνω πίνακας παρουσιάζει την **επιρροή της ηλικιακής ομάδας** στον αναμενόμενο αριθμό των παθόντων. Όπως έχει σημειωθεί και κατά την ερμηνεία των μαθηματικών προτύπων οι μεσαίας ηλικίας παθόντες παρουσιάζονται αυξημένοι σε σχέση με τους νέους και τους προχωρημένης ηλικίας τόσο στην Αττική Οδό όσο και στον Π.Α.Θ.Ε. Ακόμη οι παθόντες προχωρημένης ηλικίας αναμένονται περισσότεροι σε σχέση με αυτούς νεαρής ηλικίας.

Η λόγος των παθόντων **νεαρής ηλικίας προς τους παθόντες της μεσαίας ηλικιακής ομάδας δεν φαίνεται να διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στην Αττική Οδό και τον Π.Α.Θ.Ε.**, ωστόσο φαίνεται ελαφρά μειωμένος για τον πρώτο αυτοκινητόδρομο. Παρόλα αυτά, η διαφορά των αντίστοιχων συντελεστών β είναι μικρή επομένως δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία που υποδηλώνουν ότι το ποσοστό των νέων παθόντων στον ένα αυτοκινητόδρομο είναι μεγαλύτερο (επί του συνόλου των παθόντων ανά περίπτωση) από τον άλλο. Η τάση αυτή φαίνεται να διαφοροποιείται όταν γίνεται αναφορά στους οδηγούς προχωρημένης ηλικίας. Στην περίπτωση αυτή ο λόγος του αριθμού των προσώπων που συμμετείχαν σε ατύχημα, της τρίτης προς τα αντίστοιχα της δεύτερης ηλικιακής ομάδας **παρουσιάζεται μεγαλύτερος στην Αττική Οδό σε σχέση με τον Π.Α.Θ.Ε.**(η μείωση του αριθμού των παθόντων προχωρημένης ηλικίας σε σχέση με τον αριθμό παθόντων μεσαίων ηλικιών είναι μικρότερη). Με άλλα λόγια, οι παθόντες προχωρημένης ηλικίας αποτελούν μεγαλύτερο ποσοστό επί του συνόλου των παθόντων προσώπων στην Αττική Οδό σε σχέση με τον Π.Α.Θ.Ε.

Η τάση μεγαλύτερης **ομοιομορφίας των χαρακτηριστικών** των ατυχημάτων που παρατηρήθηκε και στις προηγούμενες συγκρίσεις για την Αττική οδό σε σχέση με τον Π.Α.Θ.Ε. φαίνεται να ισχύει και στη συγκεκριμένη περίπτωση. **Οι παθόντες ατυχημάτων στην Αττική Οδό δεν παρουσιάζουν τόσο μεγάλη συγκέντρωση στις μεσαίες ηλικίες όσο στον Π.Α.Θ.Ε.**, αφού οι προχωρημένης ηλικίας παθόντες καταλαμβάνουν ένα αρκετά μικρότερο ποσοστό επί του συνόλου των παθόντων από το αντίστοιχο της Αττικής Οδού.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Σύνοψη των αποτελεσμάτων

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναλύθηκαν σε βάθος τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, παρουσιάστηκε η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε και αναπτύχθηκαν τα αποτελέσματα. Στην ενότητα αυτή επιχειρείται η συνολική και συνοπτική συγκέντρωση και παρουσίαση τους.

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι να **διερευνηθούν συγκριτικά διάφορες παράμετροι, οι οποίες θεωρείται ότι επηρεάζουν την επικινδυνότητα των Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων**. Η επιλογή των τμημάτων αυτοκινητοδρόμων ως αντικείμενο μελέτης έγινε συνυπολογίζοντας την μεγάλη σπουδαιότητα τους στη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών, καθώς και τη συνεχή κατασκευή νέων και ανακατασκευή παλαιότερων τμημάτων τους. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την επικινδυνότητα του οδικού δικτύου είναι αρκετές και μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες που αφορούν στο περιβάλλον (οδικό, ατμοσφαιρικό), στο όχημα και στο χρήστη της οδού. Για την ανάπτυξη των μαθηματικών προτύπων εξετάστηκαν οι σπουδαιότεροι παράγοντες που αφορούν ειδικότερα στα ατυχήματα σε αυτοκινητοδρόμους. Δευτερεύων στόχος της εργασίας ήταν η ανάδειξη των σπουδαιότερων από τους παράγοντες αυτούς και η ποσοτικοποίηση της επιρροής τους. Η ανάπτυξη των μαθηματικών προτύπων στοχεύει ακόμη στην παροχή επαρκών στοιχείων για τη **σύγκριση της επιρροής των διαφόρων παραμέτρων** στα διάφορα εξεταζόμενα οδικά τμήματα έτσι ώστε να ποσοτικοποιηθούν οι πιθανές διαφοροποιήσεις στους μηχανισμούς πρόκλησης των οδικών ατυχημάτων σε αυτά.

Ο ορισμός των παραπάνω στόχων και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων δεν είχε εξαρχής σαφή χαρακτήρα αφού στα αρχικά στάδια εκπόνησης της έρευνας βασική επιδίωξη ήταν ο πλήρης καθορισμός του εξεταζόμενου αντικειμένου. Με τη βοήθεια της διεθνούς και Ελληνικής βιβλιογραφίας καθορίστηκαν οι αρχικοί στόχοι, οι οποίοι εξελίχθηκαν και επαναπροσδιορίστηκαν κατά τη διάρκεια των αναλύσεων. Ακολούθησε σειρά προκαταρκτικών αναλύσεων για τη διαπίστωση των καταλληλότερων μεθόδων για την προσέγγιση του εξεταζόμενου αντικειμένου, οι οποίες βοήθησαν εκτός από τον προσδιορισμό της καταλληλότερης μεθοδολογίας και στον καθορισμό της μορφής των ανεξάρτητων μεταβλητών που θα χρησιμοποιούταν στη συνέχεια. Παράλληλα με τις διαδικασίες αυτές προχωρούσε η πιο χρονοβόρα διαδικασία της συλλογής των απαραίτητων

στοιχείων που θα αποτελούσαν το υλικό με το οποίο θα εξαγόταν τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα. Μετά τον πλήρη καθορισμό του αντικειμένου, της μεθοδολογίας και της συλλογής των απαραίτητων στοιχείων ακολούθησε η εκτέλεση των τελικών στατιστικών αναλύσεων των οποίων τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο πέμπτο κεφάλαιο.

Τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν από την Εργασία ήταν **τέσσερα μαθηματικά πρότυπα παλινδρόμησης και δύο πολυωνυμικές συσχετίσεις**. Η ανάπτυξη των μαθηματικών προτύπων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση δύο μη γραμμικών προτύπων παλινδρόμησης. Το πρώτο πρότυπο βασίζεται στην κατανομή Poisson και το δεύτερο στην αρνητική διωνυμική κατανομή. Τα μαθηματικά πρότυπα αυτά δίνουν την πιθανότητα να συμβεί ένας ορισμένος αριθμός γεγονότων (όπως ατυχήματα, ή αριθμός συμμετεχόντων σε αυτά) σε δεδομένη χρονική περίοδο χρησιμοποιώντας τον αναμενόμενο αριθμό γεγονότων λ, ο οποίος προβλέπεται και για τα δύο από μία σχέση λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης, με μικρές διαφορές κατά τον υπολογισμό του (προσθήκη όρου σφάλματος ε στην αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση).

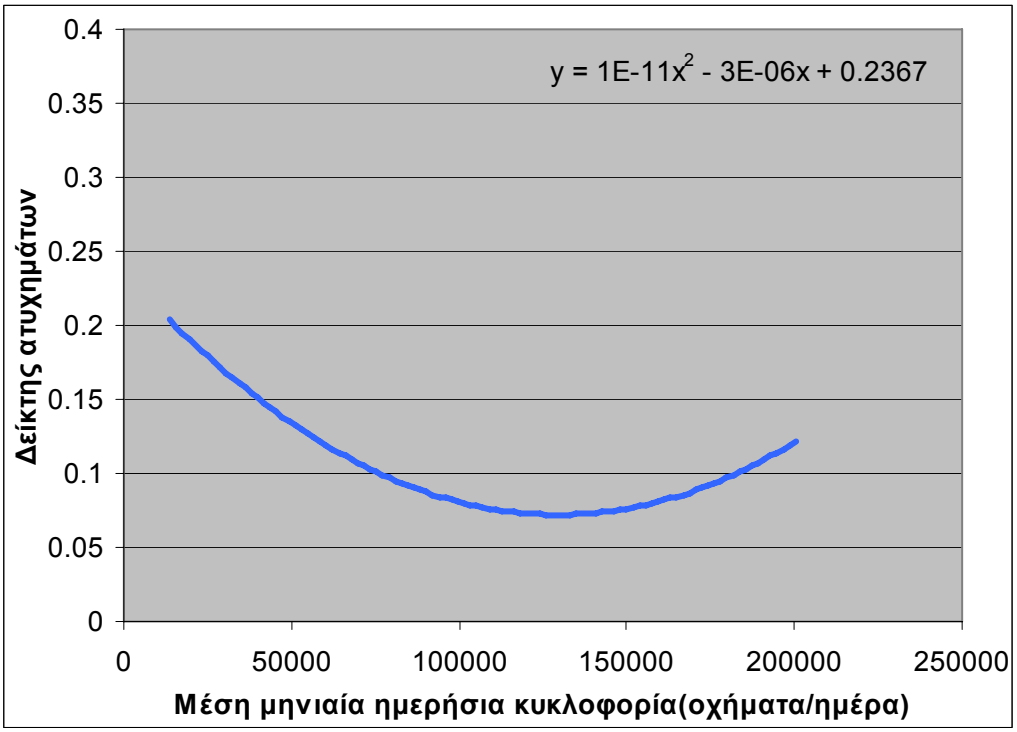
Οι δύο συσχετίσεις που αναπτύχθηκαν αφορούν στη διερεύνηση της συσχέτισης μεταξύ δύο δεικτών επικινδυνότητας (δείκτη ατυχημάτων και δείκτη συμμετεχόντων) με τον κυκλοφοριακό φόρτο, ο οποίος εκφράζεται μέσω της μηνιαίας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας στα οδικά τμήματα που εξετάζονται. Περίοδο αναφοράς αποτελούν τα έτη 2001-2003, ενώ εξεταζόμενη περιοχή το σύνολο της Αττικής Οδού εκτός της Δυτικής Περιφερειακής Λεωφόρου Υμηττού της οποίας τα στοιχεία ατυχημάτων δεν είναι ακόμη διαθέσιμα. Η συσχέτιση αυτή είχε ως στόχο να επιβεβαιώσει τη μορφή που πιστεύεται ότι ακολουθεί η εξέλιξη των δεικτών επικινδυνότητας με τον κυκλοφοριακό φόρτο η οποία παίρνει τη μορφή ενός U σύμφωνα με τη βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, στην Ελλάδα η μορφή αυτή δεν έχει επιβεβαιωθεί από τα τέλη της δεκαετίας του 80 και έπειτα, δίνοντας ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη διαπίστωση των πιθανών αλλαγών στη συσχέτιση αυτή στους Ελληνικούς αυτοκινητοδρόμους με τα σημερινά δεδομένα.

Την ολοκλήρωση της ανάπτυξης και επεξήγησης των μαθηματικών προτύπων ακολούθησε η **συγκριτική διερεύνηση της επιρροής των επιλεγμένων παραμέτρων στους εξεταζόμενους αυτοκινητόδρομους** με στόχο τη διαπίστωση των χαρακτηριστικών των αυτοκινητοδρόμων που οδηγούν στις αυξημένες η μειωμένες επιρροές της κάθε μίας από αυτές. Στη συνέχεια ακολουθεί ένας συνοπτικός και συγκεντρωτικός πίνακας, ο οποίος περιέχει όλες τις μεταβλητές και τους αντίστοιχους συντελεστές β για όλα τα μαθηματικά πρότυπα που αναπτύχθηκαν, καθώς και τα διαγράμματα

διερεύνησης της συσχέτισης των δεικτών επικινδυνότητας με τη μηνιαία μέση ημερήσια κυκλοφορία. **Η ερμηνεία των συντελεστών αυτών** θα πρέπει να γίνεται έχοντας πάντα **γνώση** της μορφής και των ιδιοτήτων της παλινδρόμησης Poisson, της αρνητικής διωνυμικής και της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης (βλ. κεφάλαιο 3).

Πίνακας 6.1 Αποτελέσματα μαθηματικών προτύπων συγκριτικής διερεύνησης επιλεγμένων παραμέτρων στο επίπεδο οδικής ασφάλειας αυτοκινητοδρόμων

Εξαρτημένη Μεταβλητή: Αριθμός παθόντων	**Συντελεστές των μεταβλητών για τα διάφορα πρότυπα παλινδρόμησης**			
Ανεξάρτητη Μεταβλητή	**Παλινδρόμηση Poisson - Π.Α.Θ.Ε.**	**Παλινδρόμηση Poisson - Αττική Οδός**	**Αρνητική Διωνυμική παλινδρόμηση - Π.Α.Θ.Ε.**	**Παλινδρόμηση Poisson - Π.Α.Θ.Ε. & Αττική Οδός**
Σταθερός όρος	3.5684	2.4055	4.7114	3.4513
Αττική Οδός	-	-	-	-1.4212
Ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση	-0.9460	-0.2818	-1.3397	-0.8094
Ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση	-1.1033	-1.0449	-1.4312	-1.0328
Βαρέα οχήματα	-1.2234	-	-	-1.1601
Δίκυκλα	-0.8303	-	-	-0.7088
Επιβάτες	-0.3344	-	-	-0.2774
Βαριά τραυματίες	-1.3762	-1.7313	-1.7373	-1.3259
Νεκροί	-1.6730	-2.0130	-1.9161	-1.6019
Θήλεις	-0.6889	-0.5306	-0.9877	-0.6400
Νέοι	-0.7336	-0.6941	-0.7654	-0.7340
Προχωρημένης ηλικίας	-0.4210	-0.3781	-0.6387	-0.4161



Διάγραμμα 6.1 Σχέση μεταξύ δείκτη ατυχημάτων και μηνιαίας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας στην Αττική Οδό.

6.2 Συνολικά συμπεράσματα

Με γνώμονα τα σημαντικότερα αποτελέσματα της Εργασίας, τα οποία έχουν διατυπωθεί αναλυτικά στο πέμπτο κεφάλαιο, την ερμηνεία τους σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της χρησιμοποιούμενης μεθοδολογίας και την αποκτηθείσα εμπειρία, είναι δυνατή η εξαγωγή των βασικών συμπερασμάτων, στα οποία κατέληξε η παρούσα έρευνα. Τα βασικότερα αυτά σημεία παρουσιάζονται παρακάτω.

1. Επιβεβαιώνεται η αυξημένη συσχέτιση του **δείκτη επικινδυνότητας** των Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων με τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού και συγκεκριμένα με τη μέση ημερήσια κυκλοφορία. Η μεταβολή αυτή είναι φθίνουσα για χαμηλές τιμές κυκλοφοριακών φόρτων ενώ ελαφρά αυξητική τάση λαμβάνει όσο η κυκλοφορία αυξάνεται. Η συσχέτιση (μορφής U) έχει επαληθευθεί από πολυάριθμες διεθνείς έρευνες και φαίνεται να ισχύει εξίσου στους Ελληνικούς αυτοκινητοδρόμους.

2. Παρότι ο απόλυτος αριθμός των παθόντων σε ατυχήματα διαφέρει αρκετά στα εξεταζόμενα τμήματα του Π.Α.Θ.Ε. και στην Αττική Οδό, παρατηρείται διαφορά ανάμεσα στο ποσοστό των αναμενόμενων νεκρών επί του συνόλου των παθόντων, ανάμεσα στους δύο αυτοκινητόδρομους. Στον Π.Α.Θ.Ε. η μείωση του αριθμού των νεκρών συμμετεχόντων σε σχέση με τον αντίστοιχο αριθμό των ελαφρά τραυματιών είναι μικρότερη από τη μείωση που παρατηρείται στην Αττική Οδό. Το αποτέλεσμα αυτό πιθανώς οδηγεί σε **μειωμένη σοβαρότητα** των ατυχημάτων στην Αττική Οδό. Η μειωμένη σοβαρότητα των ατυχημάτων στην Αττική Οδό καταδεικνύει τη θετική επιρροή της καλύτερης μελέτης και κατασκευής του αυτοκινητοδρόμου στο επίπεδο οδικής ασφάλειας.

3. Ο συνηθέστερος τύπος ατυχήματος στα οδικά τμήματα των Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων είναι τα **ατυχήματα πολλών οχημάτων**, αφού ο αριθμός τους προκύπτει αυξημένος σε σχέση με τα ατυχήματα ενός οχήματος. Ωστόσο **το ποσοστό** των ατυχημάτων πολλών οχημάτων επί του συνόλου είναι υψηλότερο στον Π.Α.Θ.Ε. από το αντίστοιχο της Αττικής Οδού. Επιπλέον, στους δύο αυτοκινητοδρόμους τα μαθηματικά πρότυπα προβλέπουν λιγότερα ατυχήματα ενός οχήματος χωρίς κάποια πρόσκρουση , ιδιαίτερα στην Αττική Οδό, σε σχέση με τα ατυχήματα ενός οχήματος με πρόσκρουση .

4. Από τα αποτελέσματα της Εργασίας προκύπτει ότι το ποσοστό των γυναικών παθούσων επί του συνόλου των παθόντων είναι **υψηλότερο στην Αττική Οδό από το αντίστοιχο του Π.Α.Θ.Ε.** Συνεπώς η κατανομή των παθόντων σε ατυχήματα στην Αττική Οδό ανάλογα με το φύλο τους παρουσιάζει μεγαλύτερη ομοιομορφία. Η καλύτερη χάραξη και το ασφαλέστερο οδικό περιβάλλον στην Αττική Οδό ευνοεί σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με τον Π.Α.Θ.Ε. την εμφάνιση ατυχημάτων λόγων της περισσότερο επικίνδυνης οδήγησης των ανδρών σε σχέση με τις γυναίκες, συνεπώς οδηγεί σε μεγαλύτερη ισοκατανομή των ατυχημάτων ανάλογα με το φύλο του παθόντος.

5. **Η ηλικιακή κατανομή των παθόντων σε ατυχήματα** στην Αττική Οδό παρουσιάζει μικρότερη διακύμανση από την αντίστοιχη στον Π.Α.Θ.Ε. Η αναμενόμενη μεταβολή στον αριθμό των παθόντων προσώπων προχωρημένης ηλικίας σε σχέση με τους παθόντες μεσαίων ηλικιών παρουσιάζεται υψηλότερη στον αυτοκινητόδρομο του Π.Α.Θ.Ε. από την αντίστοιχη μεταβολή που παρατηρείται για την Αττική Οδό. Συνεπώς ο αριθμός των παθόντων προσώπων στον αυτοκινητόδρομο της Αττικής Οδού φαίνεται να επηρεάζεται λιγότερο από την ηλικιακή ομάδα στην οποία ανήκουν. Πιθανή αιτία για αυτό αποτελεί η καλύτερη σήμανση και χάραξη του αυτοκινητοδρόμου της Αττικής οδού η οποία γίνεται πιο εύκολα αντιληπτή από όλες τις ομάδες χρηστών ανεξαρτήτως ηλικίας.

6. Η **αρνητική διωνυμική και η κατανομή Poisson** αποτελούν τις δύο καταλληλότερες στατιστικές κατανομές για την περιγραφή φαινομένων τυχηματικού χαρακτήρα όπως είναι τα οδικά ατυχήματα που προκύπτουν σε ένα οδικό τμήμα για μια εξεταζόμενη περίοδο, όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα των δοκιμών στα δεδομένα της Εργασίας. Όταν επίσης η εξαρτημένη μεταβλητή που περιγράφει τα φαινόμενα αυτά μέσω των μαθηματικών προτύπων που αναπτύσσονται, είναι διακριτή, είναι ενδεδειγμένη η χρήση των μη γραμμικών προτύπων της παλινδρόμησης Poisson ή της αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης σύμφωνα με τη βέλτιστη εφαρμογή των δεδομένων σε κάποια από τις αντίστοιχες κατανομές.

7. Η Εργασία αυτή οδήγησε σε αναλυτικά αποτελέσματα ως προς τις παραμέτρους που επηρεάζουν την επικινδυνότητα σε επιλεγμένους Ελληνικούς αυτοκινητοδρόμους**. Η γενίκευση των αποτελεσμάτων** αυτών θα πρέπει να γίνεται με προσοχή καθώς ενδέχεται να υπάρχει πιθανή διαφοροποίηση στα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την εμφάνιση ενός οδικού ατυχήματος σε μια οδό που δεν πληροί τα κριτήρια ώστε να χαρακτηριστεί αυτοκινητόδρομος. Διαφορές μπορούν να εμφανίζονται

ανάλογα με την κύρια χρήση (μετακινήσεις αναψυχής – καθημερινές αστικές μετακινήσεις) ή την τοποθεσία του αυτοκινητοδρόμου. Τα αποτελέσματα παρήχθησαν από δεδομένα ενός αστικού και ενός υπεραστικού αυτοκινητόδρομου γενικεύοντας έτσι την επιρροή των συγκεκριμένων παραμέτρων σε αυτούς.

6.3 Προτάσεις – Περαιτέρω έρευνα

Με βάση τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας είναι δυνατό να διατυπωθούν ορισμένες προτάσεις που αφορούν σε παρατηρήσεις και πιθανές δράσεις για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας των Ελληνικών αυτοκινητοδρόμων.

Η **κατασκευή σύγχρονων αυτοκινητοδρόμων** και η βελτίωση των υφιστάμενων τμημάτων μπορεί να μειώσει την επικινδυνότητα του υπεραστικού και του αστικού οδικού δικτύου καθώς φαίνεται ότι ένα μικρό μόνο ποσοστό του συνόλου των ατυχημάτων συμβαίνει σε αυτούς. Συνεπώς η ενίσχυση των μετακινήσεων σε τμήματα αυτοκινητοδρόμων μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του αριθμού των ατυχημάτων. Το ήδη μικρό ποσοστό των ατυχημάτων που συμβαίνουν σε αυτοκινητόδρομους μπορεί να μειωθεί περαιτέρω με τη λήψη μέτρων που αφορούν στις παραμέτρους που επηρεάζουν την επικινδυνότητα σε μεγαλύτερο βαθμό σε αυτούς.

Τα ατυχήματα πολλών οχημάτων αποτελούν τον συχνότερα εμφανιζόμενο τύπο στα τμήματα αυτοκινητοδρόμων ενώ πιστεύεται ότι αυξάνονται με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου. Συνεπώς η μείωση του κυριότερου τύπου ατυχήματος θα πρέπει να αποτελέσει προτεραιότητα στην επεξεργασία των σχετικών μέτρων αντιμετώπισης των οδικών ατυχημάτων.

Κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκαν διάφορες μεθοδολογίες ενώ εξετάστηκαν διάφορες εναλλακτικές λύσεις για την αντιμετώπιση του αντικειμένου. Πολλές από τις προσεγγίσεις αυτές δεν απέδωσαν τα αναμενόμενα λόγω μειωμένης καταλληλότητας, ενώ άλλες δεν μπόρεσαν τελικά να ολοκληρωθούν λόγω έλλειψης ή κακής ποιότητας των απαραίτητων στοιχείων. Ωστόσο θεωρείται ότι η αποκτηθείσα από την Εργασία εμπειρία μπορεί να φανεί χρήσιμη σε μελλοντικές έρευνες καθώς και να αποτελέσει τη βάση για επέκταση και περαιτέρω διερεύνηση του αντικειμένου.

Συγκεκριμένα, χρήσιμη θεωρείται η συγκριτική διερεύνηση των παραμέτρων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα του οδικού δικτύου χρησιμοποιώντας αντί του απολύτου αριθμού των συμμετεχόντων, κάποιο **δείκτη επικινδυνότητας**. Η έρευνα αυτή μπορεί πιθανώς να δώσει πιο άμεσα συγκρίσιμα αποτελέσματα και να επιτρέψει την εξαγωγή ευρύτερων συμπερασμάτων. Η πραγματοποίηση της έρευνας αυτής θα μπορούσε να γίνει με τη χρήση του προτύπου της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης αφού η εξαρτημένη μεταβλητή θα αφορά σε κάποιο δείκτη ο οποίος θα μπορεί να λάβει και δεκαδικές τιμές.

Με τη συγκέντρωση των παραπάνω επιπρόσθετων στοιχείων θα γίνει δυνατή η κατασκευή των διαγραμμάτων συσχέτισης του κυκλοφοριακού φόρτου με τους δείκτες επικινδυνότητας ή σοβαρότητας των εξεταζόμενων οδών. Με τον τρόπο αυτό η συσχέτιση που παρήχθη στην παρούσα εργασία για την Αττική Οδό θα μπορέσει να επιβεβαιωθεί και να συγκριθεί με τη μορφή των διαγραμμάτων που θα παραχθούν για άλλους αυτοκινητοδρόμους επιτρέποντας έτσι τη διεξαγωγή επιπρόσθετων συγκρίσεων.

Τα οδικά τμήματα αυτοκινητοδρόμων της **Εγνατίας Οδού** είναι κατασκευασμένα τμηματικά και συνεπώς οι κυκλοφοριακές συνθήκες αλλά και οι παράμετροι που επηρεάζουν την επικινδυνότητα αλλάζουν με την παράδοση κάθε νέου τμήματος. Η παράδοση μεγάλων συνεχόμενων τμημάτων στην κυκλοφορία θα επιτρέψει τη διεξαγωγή πιο ολοκληρωμένων ερευνών και μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο μιας μελλοντικής Διπλωματικής Εργασίας καθώς το μεγάλο συνολικό μήκος του αυτοκινητόδρομου αυτού προσφέρει ποικιλία δυνατών θεμάτων προς εξέταση. Τα στοιχεία ατυχημάτων και προσώπων για τον αυτοκινητόδρομο αυτό είναι ακόμη συγκεχυμένα, η οργάνωση και ομαδοποίηση τους με συστηματικότερο τρόπο μπορεί να βοηθήσει στην πραγματοποίηση ενδιαφερουσών ερευνών.

Η μελλοντική διερεύνηση των παραμέτρων οδικής ασφάλειας της Αττικής Οδού μπορεί να πραγματοποιηθεί πιο αποτελεσματικά μετά τη διέλευση λίγων ετών. Ο αυτοκινητόδρομος αυτός λειτουργεί για μικρή χρονική περίοδο, συνεπώς τα διαθέσιμα στοιχεία που αφορούν στα δύο πρώτα χρόνια λειτουργίας του περιλαμβάνουν τη συνεχή παράδοση νέων τμημάτων που επιφέρουν ριζικές αλλαγές στις κυκλοφοριακές συνθήκες (σύνθεση κυκλοφορίας, μέση διανυόμενη απόσταση, κυκλοφοριακοί φόρτοι) και συνακόλουθα στις παραμέτρους που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια. Ο αυτοκινητόδρομος αυτός αποτελεί ένα από τους κυριότερους οδικούς άξονες της Αττικής και μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο έρευνας μελλοντικών Εργασιών.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία αυτή παρήγαγε συγκριτικά αποτελέσματα μεταξύ παραμέτρων που επηρεάζουν μια εξαρτημένη μεταβλητή. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και άλλες εναλλακτικές μεθοδολογίες (odds ratio, relative risks) με μεγάλο ενδιαφέρον που χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε διεθνείς έρευνες και μπορούν να αποτελέσουν επιτυχημένους τρόπους προσέγγισης παρόμοιων ερευνών στο μέλλον.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- A. WESTERGEN Information Point: Odds Ratio. Journal of Clinical Nursing. Blackwell Science Ltd. 2001

- ALAN ROSS. Road Accidents: A Global Problem Requiring Urgent Action. The World Bank Group, Roads and Highways Topic Note (www.worldbank.org/html/fpd/transport/topnotes/rh-2.htm) 1999.

- AL – BALBISSI AH. Role of Gender on Road Accidents. Civil Engineering Department, Jordan University, Amman, Jordan 2003

- DOMINIQUE LORD, SIMON P. WASHINGTON, JOHN N. IVAN. Poisson, Poisson – gamma and zero – inflated regression models of motor vehicle crashes: balancing statistical fit and theory. Journal of Safety Research (Internet Database). Elsevier's Science Direct (www.sciencedirect.com). 2004

- Excerpts from the 1998 study by Dynamic Research Inc. USA. www.motorcyclephilippines.com. 1998.

- GEORGE DARREN. SPSS FOR WINDOWS Step by Step, reference 11. Κεντρική Βιβλιοθήκη Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου. 2003

- HIGHWAYS, HIGH ON TOLL INDIA. World Health Organization – Lifeline. 2004

- HARVEY MOTULSKY, ARTHUR CHRISTOPOULOS. Fitting Models to Biological Data using Linear and Nonlinear Regression. GraphPad software Inc. San Diego 2003.

- INGELA LIND, LENNART LJUNG. Regressor Selection with the Analysis Of Variance (ANOVA) Method. Department of Electrical Engineering, Division of Automatic Control, Linköpings Universitet, SE-581 83 Linköping, Sweden 2005.

- K.M. BAUER. D.W. HARDWOOD. Statistical Models Of Accidents on Interchange Ramps and Speed-Change Lanes. FHWA-RD-97-106 Midwest Research Institute. Kansas City 1997.

- L. LAFLAMME, M. VAEZ, M. HASSELBERG, A. KULLGREN. Car safety and social differences in traffic injuries among young adult drivers: a study of two – car injury – generating crashes in Sweden. Journal of Safety Research

(Internet Database). Elsevier's Science Direct (www.sciencedirect.com). 2004

- LISA AULTMANN HALL, PATRYCJA PADLO. Factors affecting young driver safety. University Of Connecticut. Connecticut 2004

- M. BILBAN. The Influence of Gender on Traffic Accidents – The case of the Republic of Slovenia. Institute of Occupational Safety. Ljubljana 2002

- M. BILBAN. Drivers of advanced age in traffic accidents. ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d. Ljubljana 2002

- NANCY L. LEECH, KARREN C. BARRETT, GEORGE A. MORGAN. SPSS for Intermediate Statistics – Use and Interpretation. Lawrence – Erlbaum. Mahwah, New Jersey, London. 2005

- ROAD DESIGN FACTORS AFFECTING DEATH AND SERIOUS INJURY. EuroRAP (European Road Assessment Programme) 2002.

- SIMON P. WASHINGTON, MATTHEW G. KARLAFTIS, FRED L. MANNERING. Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis. Chapman & Hall/CRC. London New York Washington D.C. 2003

- THOMAS F. GOLOB, WILFRED W. RECKER, VERONICA M. ALVAREZ. Freeway Safety as a function of Traffic Flow. Journal of Safety Research (Internet Database). Elsevier's Science Direct (www.sciencedirect.com). 2003.

- YOUNG DRIVER ACCIDENTS 2000. National Roads Authority. Dublin, Ireland. 2000

- ΑΓΑΠΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΥΓΙΑΚΗ ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ. Μακροσκοπική διερεύνηση της επιρροής της αστυνόμευσης στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής. Αθήνα 2003.

- ΑΛΕΦΑΝΤΙΝΟΣ – ΛΑΪΣ ΙΩΑΝΝΗΣ. Η μεταβολή της Συμπεριφοράς των Ελλήνων Οδηγών απέναντι στην Πιθανότητα Εμπλοκής σε Οδικό Ατύχημα. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής. Αθήνα 2003.

- ΕΥΑΓΓΕΛΙΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ. Αξιολόγηση της επιρροής της κατασκευής αυτοκινητοδρόμων στην οδική ασφάλεια με τις μεθόδους «πριν» και «μετά».

Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής. Αθήνα 2003.

- ΚΑΠΟΤΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ. Συσχέτιση σχετικής επικινδυνότητας οδού, δεξιάς στροφής και κατά μήκος κλίσης με τη χρήση Γραμμικής Παλινδρόμησης. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής. Αθήνα 2002.

- ΚΟΚΟΛΑΚΗΣ Γ. ΣΠΗΛΙΩΤΗΣ Ι. Εισαγωγή στη Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική. Εκδόσεις Συμεών. Αθήνα 1999.

- ΜΙΜΙΚΟΥ Α. ΜΑΡΙΑ. Τεχνολογία Υδατικών Πόρων. Παπασωτηρίου. Αθήνα 1994.

- ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Ζ. ΘΕΩΔΟΡΟΣ. Μακροσκοπική συσχέτιση καιρικών συνθηκών, Επικινδυνότητας και Σοβαρότητας των ατυχημάτων στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής. Αθήνα 2004.

- ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗΣ Ι.Μ., Ι.Κ. ΓΚΟΛΙΑΣ. Οδική Ασφάλεια. Παπασωτηρίου. Αθήνα 1994.

- ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗΣ Ι.Μ. ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ Γ.Α. Σχεδιασμός των Μεταφορών και Κυκλοφοριακή Τεχνική. Παρατηρητής. Θεσσαλονίκη 1986.