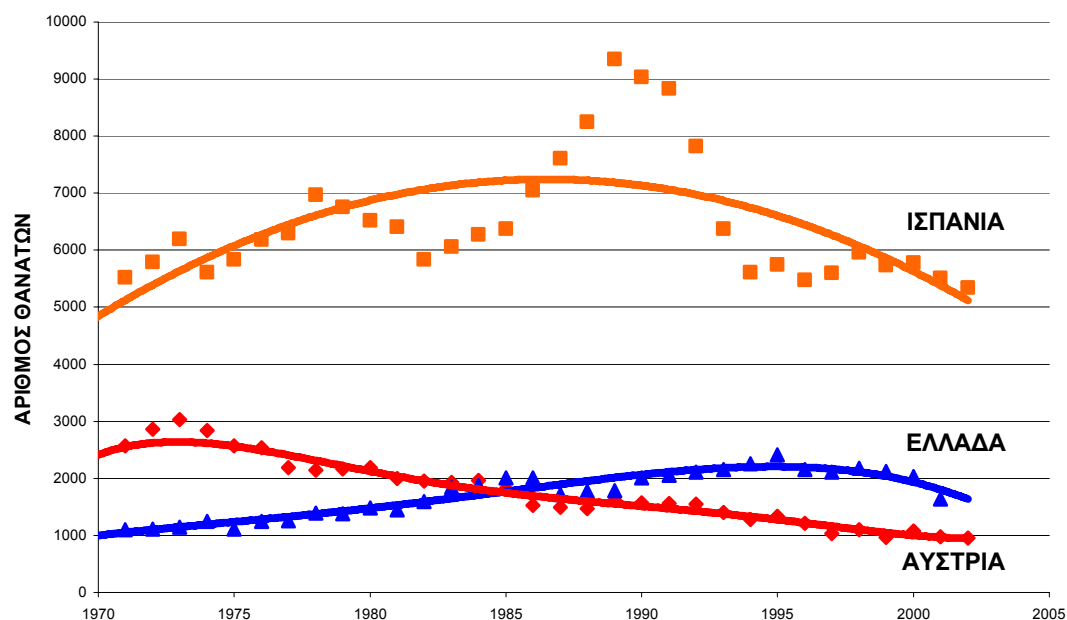




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Άννα Τσουμάνη

Επιβλέπων: Γ. Γιαννής, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2006

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επίκουρο Καθηγητή του Ε.Μ.Π. κ. Γιώργο Γιαννή τόσο για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας όσο και για την πολύτιμη του καθοδήγησή του και τις χρήσιμες συμβουλές του κατά την εκπόνησή της.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή του Ε.Μ.Π., κ. Ματθαίο Καρλαύτη και τον κ. Κώστα Αντωνίου για τη σημαντική βοήθειά του κατά τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων. Θερμές ευχαριστίες οφείλονται και στην Ναταλία Τσελέντη για την συνεισφορά της κατά τη συλλογή των στοιχείων.

Τσουμάνη Άννα
Αθήνα, Νοέμβριος 2006

ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

Άννα Τσουμάνη

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

ΣΥΝΟΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της συσχέτισης μακροσκοπικών παραμέτρων οδικής ασφάλειας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε βάση δεδομένων που περιελάμβανε στοιχεία δημογραφικά, κυκλοφοριακά και ατυχημάτων, για τα 25 κράτη-μέλη της Ε.Ε., για τη χρονική περίοδο 1970-2003. Αναπτύχθηκαν γραμμικά και μη γραμμικά πρότυπα παλινδρόμησης, από τα οποία προέκυψε και ποσοτικοποιήθηκε η επιρροή κάθε μεταβλητής στον αριθμό των θανάτων στα οδικά ατυχήματα. Τα αποτελέσματα οδηγούν σε δύο βασικά συμπεράσματα. Πρώτον, ότι ο λόγος του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των οχημάτων μειώνεται με την αύξηση του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό και δεύτερον ότι η καμπύλη της διαχρονικής εξέλιξης των θανάτων παρουσιάζει διαφορετική κλίση (αύξουσα, σταθερή ή φθίνουσα) ανάλογα με την τιμή του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό.

Λέξεις κλειδιά: Ανάλυση χρονοσειρών, Οδική ασφάλεια, Οδικά ατυχήματα, Γραμμικά πρότυπα παλινδρόμησης, μη γραμμικά πρότυπα παλινδρόμησης.

CORRELATING MACROSCOPIC ROAD SAFETY PARAMETERS IN THE EUROPEAN UNION

Anna Tsoumani

Supervisor: George Yannis, Assistant Professor.

ABSTRACT

The objective of this diploma thesis is the investigation of time series of macroscopic road safety parameters in European countries. For this analysis a database containing road accident, demographic and traffic data for the 25 EU member states for the period 1970-2003 was used. Linear and non-linear regression models were developed and resulted in quantification of the impact of each variable to the number of fatalities in road accidents. The results led to two basic conclusions. Firstly, the ratio of the number of road fatalities to the number of vehicles reduces by the increase of the ratio of the number of vehicles to population and secondly, the shape of the fatalities curve (ascending, stable and descending) depends on the ratio of the number of vehicles to population.

Key Words: Time series analysis, Road safety, Road accidents, linear regression models, non linear regression models.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της συσχέτισης μεταξύ μακροσκοπικών στοιχείων οδικής ασφάλειας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης με τη χρήση γραμμικών και μη γραμμικών μαθηματικών προτύπων.

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, ξεκίνησε η βιβλιογραφική αναζήτηση μελετών συναφών με το αντικείμενο της οδικής ασφάλειας όχι μόνο σε χώρες της Ε.Ε. αλλά και παγκοσμίως καθώς και στοιχείων που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμα στην επιλογή μεθοδολογίας. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η συλλογή των αναγκαίων στοιχείων από διάφορες διεθνείς πηγές συλλογής στοιχείων ατυχημάτων, όπως η βάση δεδομένων της CARE και οι βάσεις δεδομένων των οργανισμών Ο.Ο.Σ.Α. (IRTAD), EUROSTAT και WHO. Εκτός από τις διεθνείς βάσεις δεδομένων σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτήθηκε η αναζήτηση στοιχείων σε εθνικές στατιστικές υπηρεσίες. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν περιελάμβαναν τον αριθμό των θανάτων από οδικά ατυχήματα, τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων, τον πληθυσμό και το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Α.Ε.Π.) των 25 κρατών-μελών της Ε.Ε. για τη χρονική περίοδο 1970-2003.

Τη συλλογή των δεδομένων ακολούθησε η ανάλυσή τους με τη χρήση ειδικού στατιστικού λογισμικού το οποίο προϋπόθετε την κατάλληλη κωδικοποίηση τους. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε τρεις ξεχωριστές φάσεις. Στην πρώτη φάση, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της λογαριθμικής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή τον λόγο του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των οχημάτων και ανεξάρτητη μεταβλητή τον λόγο του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό. Στην δεύτερη φάση, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή και σε αυτή την περίπτωση, τον λόγο του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των οχημάτων και ανεξάρτητες μεταβλητές τον λόγο του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό και το Α.Ε.Π. ανά κάτοικο. Στην τρίτη και τελευταία φάση, έπειτα από εξέταση της μορφής της καμπύλης του αριθμού των θανάτων διαχρονικά, διαπιστώθηκε ότι αρχικά ο αριθμός των θανάτων αυξάνεται, στη συνέχεια διατηρείται σχεδόν σταθερός για λίγα έτη και έπειτα αποκτά μια διαρκώς φθίνουσα κλίση. Απαιτήθηκε λόγω της ιδιαιτερότητας αυτής η χρήση τριών ξεχωριστών προτύπων παλινδρόμησης. Με βάση την τιμή του λόγου των οχημάτων προς τον πληθυσμό, τα δεδομένα χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες, για την ανάλυση των οποίων χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά πρότυπα, με εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των θανάτων και ανεξάρτητες μεταβλητές τον αριθμό των οχημάτων και τον πληθυσμό. Σε όλες τις φάσεις η επιλογή των τελικών προτύπων έγινε αφού πρώτα ελέγχθηκε κατά πόσον αυτά πληρούν τους απαραίτητους στατιστικούς ελέγχους.

Από τα αναπτυχθέντα πρότυπα, προέκυψε καταρχήν, όσον αφορά στην επιρροή που έχει ο λόγος του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς

τον πληθυσμό, στον λόγο του αριθμού των θανάτων από οδικά ατυχήματα προς τον αριθμό των οχημάτων, ότι η συνεχής αύξηση του λόγου των οχημάτων προς τον πληθυσμό κατά την τελευταία τριακονταετία στην Ευρώπη οδηγεί σε συνεχή μείωση του λόγου των θανάτων προς τα οχήματα. Στη συνέχεια, επιδιώκοντας τη διερεύνηση της επίδρασης στον λόγο του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των οχημάτων και άλλων μεταβλητών εκτός του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό, χρησιμοποιήθηκε ως ανεξάρτητη μεταβλητή στη διαδικασία της παλινδρόμησης το Α.Ε.Π. ανά κάτοικο. Αποτέλεσμα της ανάλυσης αυτής ήταν η μη δυνατότητα χρήσης της μεταβλητής αυτής, λόγω της ύπαρξης στατιστικά σημαντικής συσχέτισης μεταξύ του αριθμού των οχημάτων ανά κάτοικο και του Α.Ε.Π. ανά κάτοικο.

Επιπλέον, στην παρούσα διπλωματική εργασία, αναπτύχθηκε μία μεθοδολογία προσδιορισμού των επιδόσεων οδικής ασφάλειας των Ευρωπαϊκών χωρών. Η μεθοδολογία αυτή επέτρεψε την προκαταρκτική μακροσκοπική σύγκριση του αριθμού των θανάτων σε οδικά ατυχήματα με τον μέσο εκτιμώμενο αντίστοιχο αριθμό. Από τη σύγκριση αυτή προέκυψε ότι ο κλασικός διαχωρισμός σε ανεπτυγμένα και μη κράτη από άποψη οδικής ασφάλειας δεν επαληθεύεται πλήρως, αφού καλές επιδόσεις (σε σχέση με τον μέσο εκτιμώμενο αριθμό νεκρών) εμφανίζουν κράτη και από τα ανεπτυγμένα (από άποψη οδικής ασφάλειας) βορειοδυτικά κράτη και από τα λιγότερα ανεπτυγμένα νότια και ανατολικά κράτη. Πιο συγκεκριμένα, προσδιορίστηκαν τα κράτη τα οποία κατά τη διάρκεια όλης της εξεταζόμενης περιόδου εμφάνιζαν επιδόσεις χαμηλότερες του μέσου εκτιμώμενου επιπέδου. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι οι περισσότερες χώρες τα πρώτα έτη της εξεταζόμενης περιόδου εμφάνιζαν επιδόσεις υψηλότερες του μέσου εκτιμώμενου επιπέδου, τις οποίες όμως βελτίωσαν στη συνέχεια.

Αναφέρθηκε ήδη ότι η μορφή της καμπύλης του αριθμού των θανάτων διαχρονικά, αρχικά έχει αύξουσα κλίση, στη συνέχεια διατηρείται σχεδόν σταθερή για λίγα έτη και έπειτα αποκτά μια διαρκώς φθίνουσα κλίση. Τα σημεία αλλαγής της μορφής της καμπύλης συνδέονται με την τιμή που λαμβάνει ο λόγος του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό που σχετίζεται άμεσα με το χρόνο. Το σημείο της κάμψης της αυξητικής πορείας κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 300 και 350, ενώ το σημείο εκκίνησης της μείωσης βρίσκεται μεταξύ των τιμών 450 και 500.

Όσον αφορά στην επιρροή του αριθμού των οχημάτων και του πληθυσμού στον αριθμό των θανάτων από οδικά ατυχήματα παρατηρήθηκε ότι τόσο το είδος όσο και το μέγεθος της επιρροής εξαρτώνται από τη φάση της καμπύλης της διαχρονικής εξέλιξης των θανάτων στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο έτος. Συγκεκριμένα, στην αυξητική τάση της καμπύλης, ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων επιδρά θετικά στον αριθμό των θανάτων ενώ ο πληθυσμός αρνητικά. Στη φάση αυτή σημαντικότερη στατιστικά μεταβλητή είναι ο αριθμός των θανάτων. Στη φάση της σταθεροποίησης του αριθμού των θανάτων, ο αριθμός των οχημάτων επιδρά

αρνητικά στον αριθμό τους, ενώ ο πληθυσμός, που είναι και η σημαντικότερη στατιστικά μεταβλητή, επιδρά θετικά. Στην τρίτη και τελευταία φάση, της μείωσης των θανάτων, ο αριθμός των οχημάτων επιδρά θετικά ενώ ο πληθυσμός αρνητικά. Στην περίπτωση αυτή, στατιστικά σημαντικότερη μεταβλητή είναι και πάλι ο πληθυσμός.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι με στόχο τη μείωση του αριθμού των θανάτων που παρουσιάζονται στα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, πρέπει να πραγματοποιηθεί μία ανάλυση των συνολικών τάσεων της εξέλιξης του επιπέδου της οδικής τους ασφάλειας, σε σχέση πάντα με τις πρόσφατες εξελίξεις και τις ιδιαιτερότητες κάθε χώρας. Συγκεκριμένα, με βάση το εκτιμώμενο μέσο επίπεδο οδικής ασφάλειας για τα υφιστάμενα στοιχεία είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί πρόβλεψη του μελλοντικού μέσου επιπέδου. Επομένως, οι στόχοι για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στα εξεταζόμενα κράτη θα πρέπει να τίθενται κάτω του εκτιμώμενου επιπέδου, ώστε η οδική ασφάλεια όχι απλά να βελτιωθεί αλλά να βελτιωθεί περισσότερο από το αναμενόμενο.

Πολύ χρήσιμη θα ήταν η επέκταση της συγκεκριμένης έρευνας με επιπλέον μεταβλητές ή η διεξαγωγή της ίδιας ανάλυσης σε μεγαλύτερο αριθμό χωρών και εκτός Ε.Ε., με στόχο να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις τόσο του επιπέδου οδικής ασφάλειας όσο και των μέτρων που λαμβάνονται για τη βελτίωσή του σε παγκόσμια κλίμακα. Ακόμη, σε επόμενη φάση θα μπορούσε να γίνει διερεύνηση της συσχέτισης των παραμέτρων που επηρεάζουν τον αριθμό των θανάτων με χρήση άλλων στατιστικών μεθόδων, είτε μεθόδων παλινδρόμησης (Poisson, αρνητική διωνυμική), είτε οικονομετρικών μεθόδων.

Τέλος, η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα μπορούσε να επαναληφθεί μετά από λίγα χρόνια, προκειμένου να εξεταστεί εάν ισχύουν ακόμα τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Με τον τρόπο αυτό θα δοθεί η δυνατότητα να παρατηρηθεί μία ενδεχόμενη βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας σε κάθε χώρα και να αποτιμηθούν οι επεμβάσεις που εφαρμόστηκαν στις χώρες αυτές.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική Ανασκόπηση.....	7
1.2 Στόχος της διπλωματικής εργασίας.....	14
1.3 Μεθοδολογία.....	15
1.4 Δομή της διπλωματικής εργασίας.....	17

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Έρευνες με αντικείμενο την οδική ασφάλεια.....	19
2.2 Μεθοδολογίες ανάλυσης οδικών ατυχημάτων.....	25
2.3 Ανακεφαλαίωση βιβλιογραφικής ανασκόπησης.....	27

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 Βασικές στατιστικές έννοιες.....	29
3.2 Μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης.....	33
3.2.1 Γραμμικά και μη γραμμικά πρότυπα.....	33
3.2.2 Ελαστικότητα.....	36
3.2.3 Βασικά κριτήρια αποδοχής προτύπων.....	37

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Εισαγωγή.....	40
4.2 Συλλογή στοιχείων.....	40
4.2.1 Βάσεις δεδομένων.....	40
4.2.2 Προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά τη συλλογή των στοιχείων και επίλυσή τους.....	43

4.3 Επεξεργασία στοιχείων.....	43
5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	
5.1 Εισαγωγή.....	47
5.2 Ανάπτυξη βασικού προτύπου του λόγου των θανάτων προς τα οχήματα...47	
5.2.1 Δημιουργία βάσης δεδομένων.....	47
5.2.2 Ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων.....	48
5.2.3 Αποτελέσματα παλινδρόμησης.....	48
5.2.4 Περιγραφή και επεξήγηση προτύπου.....	49
5.3 Επέκταση του βασικού προτύπου του λόγου των θανάτων προς τα οχήματα.....	64
5.3.1 Δημιουργία βάσης δεδομένων.....	61
5.3.2 Ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων.....	62
5.3.3 Αποτελέσματα παλινδρόμησης.....	62
5.3.4 Περιγραφή και επεξήγηση προτύπου.....	63
5.3.5 Διερεύνηση της ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών.....	64
5.4 Ανάπτυξη προτύπου θανάτων.....	69
5.4.1 Δημιουργία βάσης δεδομένων.....	69
5.4.2 Ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων.....	70
5.4.3 Αποτελέσματα παλινδρόμησης.....	72
5.4.4 Περιγραφή και επεξήγηση προτύπου.....	75
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων.....	77

6.2 Συμπεράσματα.....	79
6.3 Προτάσεις.....	81
6.4 Περαιτέρω έρευνα.....	82
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	83

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Αποτελέσματα ειδικού στατιστικού λογισμικού.

ΠΙΝΑΚΕΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Απόλυτος αριθμός νεκρών από οδικά ατυχήματα και μέση ετήσια μείωση την τετραετία 2000-2004 για χώρες της Ε.Ε. (ECMT, 2006).....	12
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 Εκτιμήσεις ελαστικότητας για διάφορους τύπους συναρτήσεων (Washington et al, 2003).....	36
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 Τιμές της κατανομής t για διάφορα επίπεδα πιθανότητας και βαθμούς ελευθερίας (Φραντζεσκάκης Ι., Γιαννόπουλος Γ., 1986).....	39
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 Αντιστοιχία χωρών με αριθμούς για την εισαγωγή στο ειδικό στατιστικό λογισμικό.....	44
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 Αρχική βάση δεδομένων της πρώτης φάσης.....	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 Τελική μορφή βάσης δεδομένων της πρώτης φάσης.....	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 Τιμές συντελεστή t του σταθερού όρου και της ανεξάρτητης μεταβλητής του προτύπου της πρώτης φάσης.....	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4 Η αρχική βάση δεδομένων της δεύτερης φάσης.....	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 Η τελική βάση δεδομένων της δεύτερης φάσης.....	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6 Τιμές συντελεστή t του σταθερού όρου και των ανεξάρτητων μεταβλητών του προτύπου της δεύτερης φάσης.....	65
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7 Τα αποτελέσματα της συσχέτισης με τις μεθόδους Pearson Kendall και Spearman.....	67
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8 Η αρχική βάση δεδομένων της τρίτης φάσης.....	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9 Η τελική βάση δεδομένων της τρίτης φάσης.....	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10 Οι τιμές του δείκτη t για τον σταθερό όρο και τις ανεξάρτητες μεταβλητές του προτύπου της πρώτης ομάδας δεδομένων.....	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11 Οι τιμές του δείκτη t για τον σταθερό όρο και τις ανεξάρτητες μεταβλητές του προτύπου της δεύτερης ομάδας δεδομένων.....	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.12 Οι τιμές του δείκτη t για τον σταθερό όρο και τις ανεξάρτητες μεταβλητές του προτύπου της τρίτης ομάδας δεδομένων.....	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξαγόμενων προτύπων.....	78

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1 Διαχρονική εξέλιξη του απόλυτου αριθμού νεκρών από οδικά ατυχήματα στην Ε.Ε. (ECMT, 2002).....	8
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2 Εξέλιξη στοιχείων οδικών ατυχημάτων στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης (θεωρείται αρχή το έτος 1970 με τιμή 100, με μπλε χρώμα παρουσιάζεται ο αριθμός των ατυχημάτων, με κόκκινο το σύνολο του αριθμού των θανάτων και του αριθμού των τραυματιών και με πράσινο ο αριθμός των θανάτων), (ECMT, 2002).....	8
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.3 Εξέλιξη στοιχείων οδικών ατυχημάτων στις χώρες της Ανατολικής Ευρώπης (ECMT, 2002).....	9
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.4 Συνολικός αριθμός θανάτων ανά εκατομμύριο πληθυσμού για το έτος 2000 (ECMT, 2002).....	10
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.5 Συνολικός αριθμός θανάτων ανά εκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα για το έτος 2000 (ECMT, 2002).....	11
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.6 Διάγραμμα ροής των σταδίων της διπλωματικής εργασίας...	16
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1 Τα διαγράμματα των χωρών: Μεγάλη Βρετανία, Σουηδία, Μάλτα, Κύπρος, Ιταλία, Σλοβακία.....	54
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2 Τα διαγράμματα των χωρών: Δανία, Ισπανία, Ιρλανδία, Φιλανδία.....	57
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3 Τα διαγράμματα των χωρών: Ελλάδα, Ουγγαρία, Πολωνία, Γερμανία, Ολλανδία, Αυστρία, Βέλγιο, Γαλλία, Λουξεμβούργο και Σλοβενία.....	62
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.4 Τα διαγράμματα συσχέτισης των χωρών που χρησιμοποιήθηκαν στη διαδικασία της παλινδρόμησης.....	69
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.5 Η διαχρονική εξέλιξη του αριθμού των θανάτων στις χώρες Αυστρία, Ισπανία και Ελλάδα.....	72

ΕΙΚΟΝΕΣ

ΕΙΚΟΝΑ 4.1 Αρχική βάση δεδομένων	45
ΕΙΚΟΝΑ 4.2 Τελική βάση δεδομένων.....	46
ΕΙΚΟΝΑ 4.3 Παράδειγμα διαδικασίας εισαγωγής προτύπων γραμμικής παλινδρόμησης.....	46

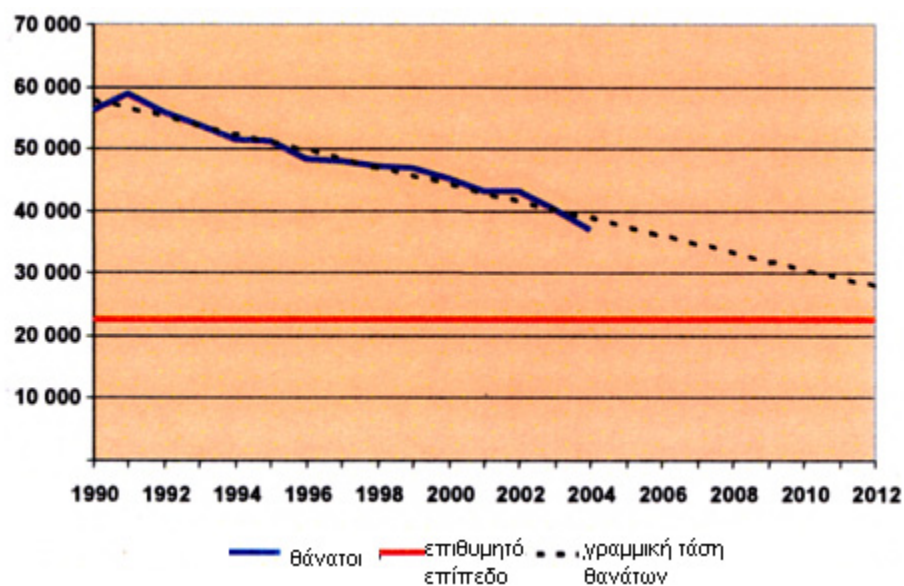
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα των σύγχρονων κοινωνιών σε παγκόσμια κλίμακα είναι η οδική ασφάλεια. Η διαρκώς αυξανόμενη κυκλοφορία οχημάτων, σε συνδυασμό με την απαίτηση για γρήγορη μετακίνηση είναι χαρακτηριστικά ανάπτυξης της σύγχρονης κοινωνίας, για τα οποία το τίμημα που καταβάλλεται είναι ιδιαίτερα υψηλό. Το οδυνηρότερο μέρος του τιμήματος αυτού αποτελούν τα **οδικά ατυχήματα**. Τα οδικά ατυχήματα οδηγούν σε σημαντικό αριθμό θανάτων και συνιστούν παγκοσμίως την πρώτη αιτία θανάτου για άτομα ηλικίας κάτω των 45 ετών. Ένα θανατηφόρο οδικό ατύχημα αντιπροσωπεύει μία μέση απώλεια 40 χρόνων συγκρινόμενο με την αναμενόμενη διάρκεια ζωής. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) το μεγαλύτερο ποσοστό ατυχημάτων στις μεταφορές συμβαίνει στις οδικές μεταφορές σε ποσοστό 97 % (Eurostat, 2000).

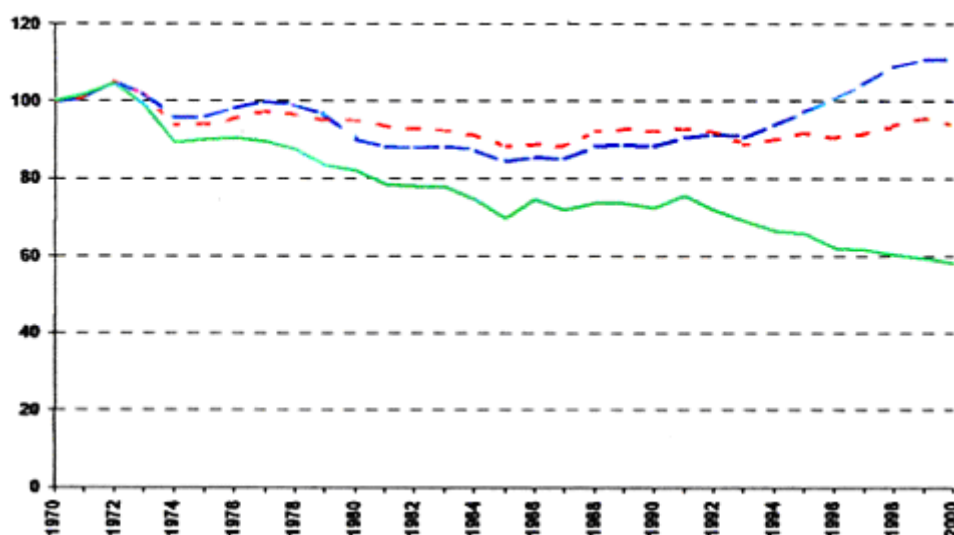
Στις αρχές της παρούσας δεκαετίας, στις χώρες της Ε.Ε. (στα 15 κράτη-μέλη) καταγράφονταν, **σε ετήσια βάση 1,300,000 ατυχήματα με παθόντα πρόσωπα**, με περισσότερους από 40,000 νεκρούς και 1,700,000 τραυματίες. Από τους θανόντες το 58% ήταν οδηγοί και επιβάτες των οχημάτων, το 21% μοτοσικλετιστές και το 15% πεζοί (Eurostat, 2000). Στην Ελλάδα καταγράφονται κάθε χρόνο περί τα 20,000 οδικά ατυχήματα με θύματα, που προκαλούν περί τους 1,700 νεκρούς και 30,000 τραυματίες, καθώς και σημαντικές υλικές ζημίες. Σε αυτά πρέπει να προστεθούν περί τα 80,000 ατυχήματα με υλικές μόνο ζημίες που δηλώνονται στις ασφαλιστικές εταιρίες. Το άμεσο ή έμμεσο κόστος στην Ε.Ε. έχει υπολογιστεί σε 160 δις ευρώ ετησίως, δηλαδή σε ποσοστό 2% του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (Α.Ε.Π.) της και στην Ελλάδα σε 3 δις ευρώ ετησίως (Τ.Ε.Ε., 2006-2).

Από τις αρχές της δεκαετίας του '70, οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες είχαν ξεκινήσει συντονισμένες προσπάθειες βελτίωσης της οδικής ασφάλειας τόσο σε εθνικό όσο και σε τοπικό επίπεδο. Αποτέλεσμα αυτών των προσπαθειών ήταν μια **γενική τάση μείωση** του αριθμού των νεκρών στις χώρες της Ε.Ε., με εξαίρεση τις χώρες: Ελλάδα, Ισπανία και Πορτογαλία λόγω της μεγάλης αύξησης του αριθμού των οχημάτων και στις οποίες η πτωτική τάση ακολούθησε αργότερα (Eurostat, 2000). Η διαχρονική εξέλιξη του απόλυτου αριθμού των νεκρών από οδικά ατυχήματα για το σύνολο των χωρών της Ε.Ε. καθώς και το επιθυμητό επίπεδο παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



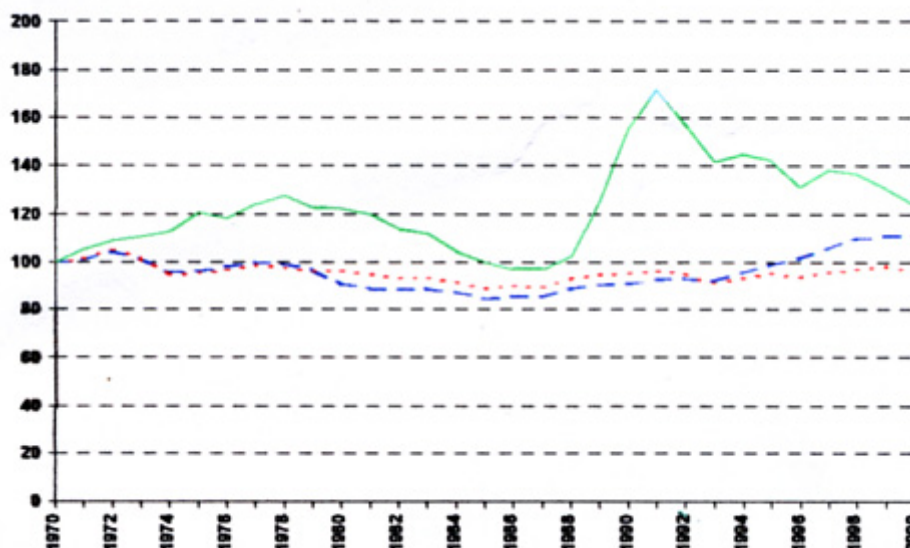
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1 Διαχρονική εξέλιξη του απόλυτου αριθμού νεκρών από οδικά ατυχήματα στην Ε.Ε. (ECMT, 2002).

Το επίπεδο οδικής ασφάλειας στα Ευρωπαϊκά κράτη όμως **δεν είναι ομοιόμορφο** και επηρεάζεται καθοριστικά από φαινόμενα μακροκλίμακας (οικονομική ευημερία, ιδιοκτησία οχημάτων) αλλά και από φαινόμενα μικροκλίμακας, πρόληψης και αντιμετώπισης οδικών ατυχημάτων (1^ο πανελλήνιο συνέδριο οδοποιίας Λάρισα, 1995). Συγκεκριμένα, παρατηρείται διαφορετικό επίπεδο οδικής ασφάλειας ανάμεσα στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης και αυτές της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης. Ακολουθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα:



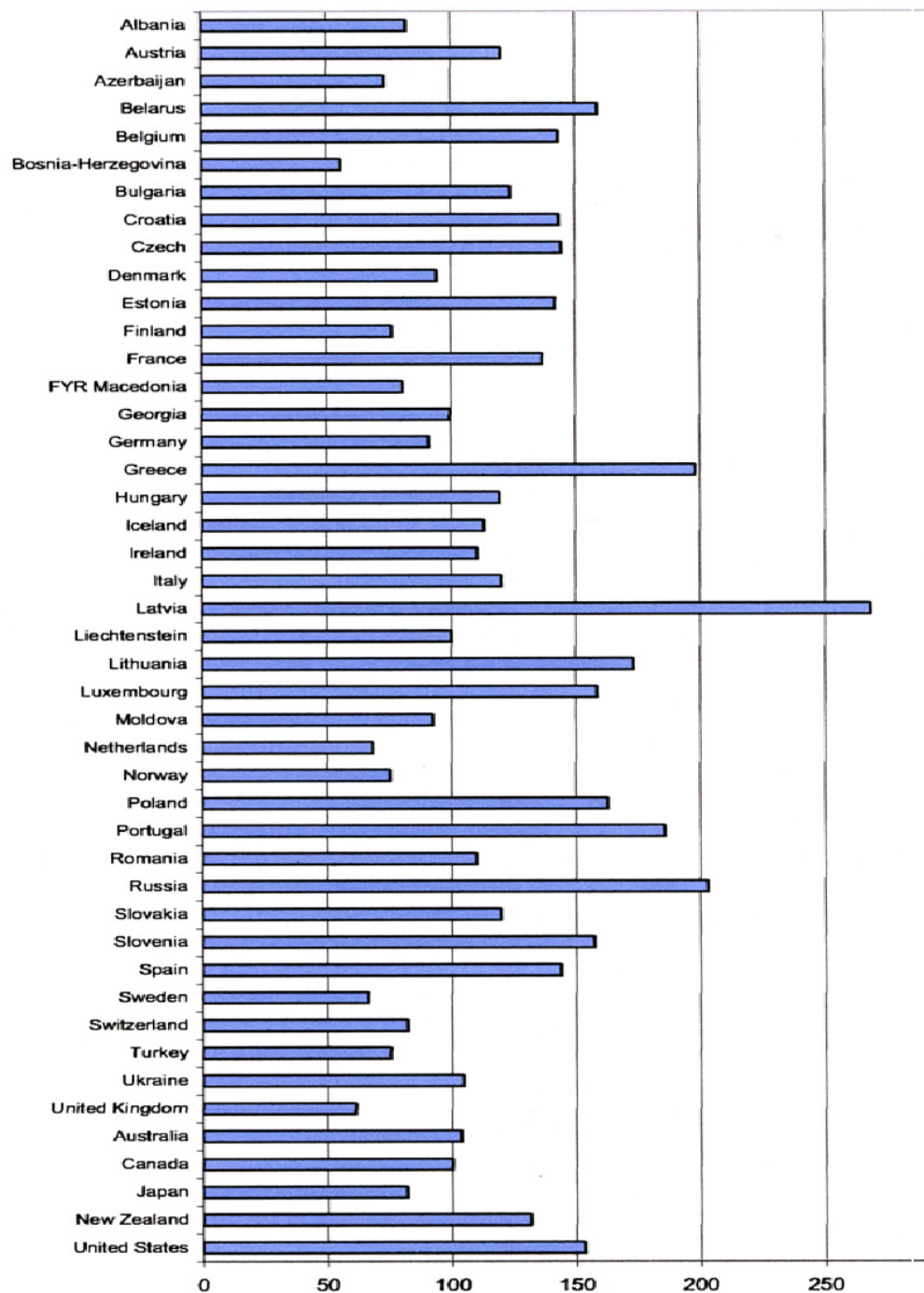
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2 Εξέλιξη στοιχείων οδικών ατυχημάτων στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης (θεωρείται αρχή το έτος 1970 με τιμή 100, με μπλε χρώμα παρουσιάζεται ο αριθμός των ατυχημάτων, με κόκκινο το σύνολο του αριθμού

των θανάτων και του αριθμού των τραυματιών και με πράσινο ο αριθμός των θανάτων), (ECMT, 2002).

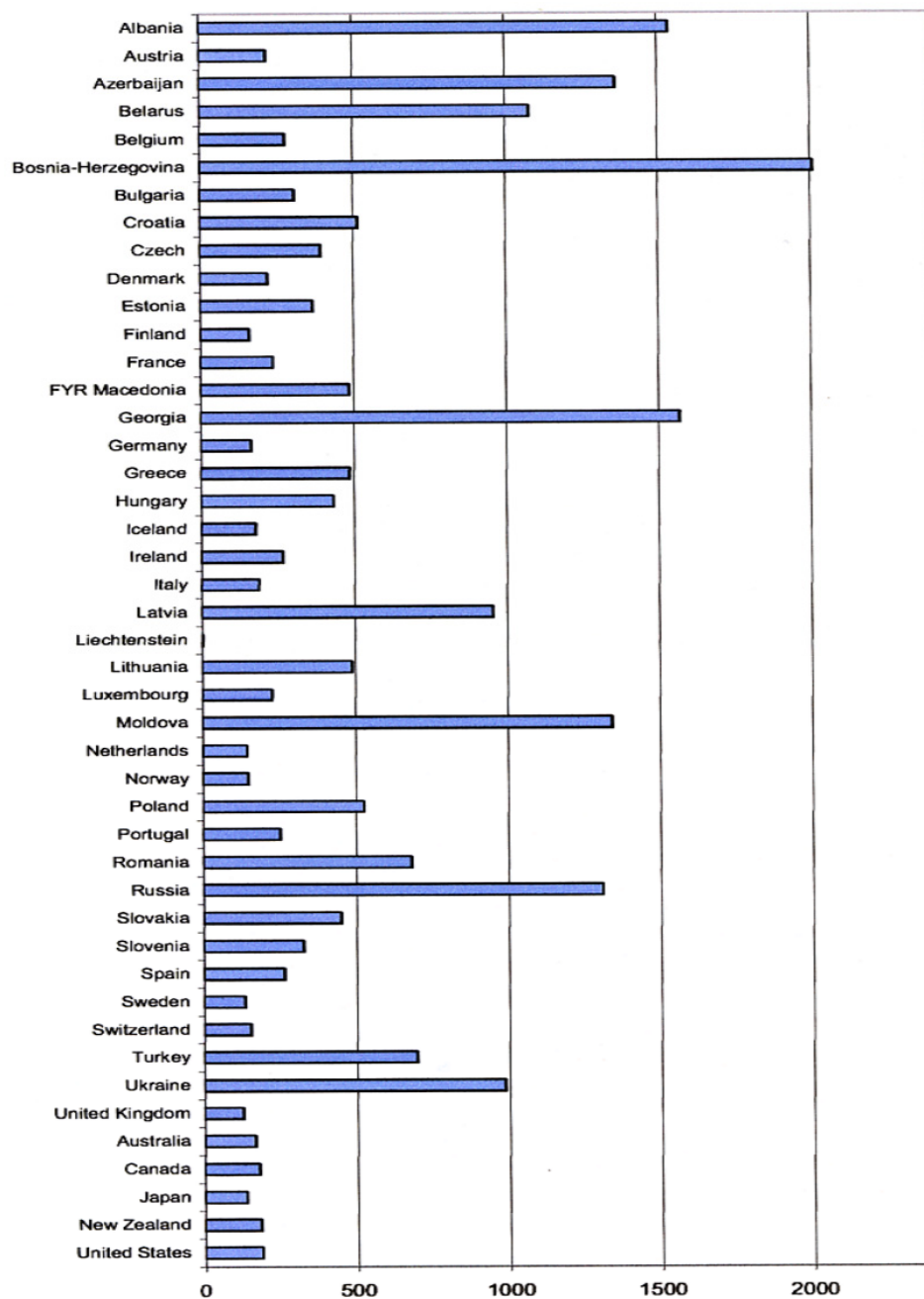


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.3 Εξέλιξη στοιχείων οδικών ατυχημάτων στις χώρες της Ανατολικής Ευρώπης (ECMT, 2002).

Για να είναι σωστή η σύγκριση των διαφόρων μεγεθών των ατυχημάτων χρησιμοποιούνται διάφοροι **δείκτες ατυχημάτων** που ανάγουν τον αριθμό ή τα αποτελέσματα των ατυχημάτων (νεκροί, τραυματίες, συνολικό κόστος ή κόστος υλικών ζημιών) ως προς κάποιο μέγεθος που εκφράζει το οδικό έργο στο οποίο αντιστοιχούν (Ι.Μ.Φραντεσκάκης, Ι.Κ. Γκόλιας, 1994). Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται δύο από τους δείκτες αυτούς (νεκροί ανά εκατομμύριο πληθυσμού και νεκροί ανά εκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα) που χρησιμοποιούνται διεθνώς (ECMT, 2002).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.4 Συνολικός αριθμός θανάτων ανά εκατομμύριο πληθυσμού για το έτος 2000 (ECMT, 2002).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.5 Συνολικός αριθμός θανάτων ανά εκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα για το έτος 2000 (ECMT, 2002).

Ενδεικτικά παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα για τα έτη 2000 και 2004 ο **απόλυτος αριθμός των νεκρών** από οδικά ατυχήματα για χώρες της Ε.Ε. και η **μέση ετήσια μείωση** που παρουσιάστηκε την τετραετία αυτή.

ΧΩΡΑ	ΘΑΝΑΤΟΙ ΤΟ ΕΤΟΣ 2000	ΘΑΝΑΤΟΙ ΤΟ ΕΤΟΣ 2004	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ 2000-2004
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	641	752	4,1%
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	1,200	1,296	1,9%
ΣΛΟΒΑΚΙΑ	628	608	-0,8%
ΦΙΛΑΝΔΙΑ	396	375	-1,4%
ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΕΤΑΝΙΑ	3,409	3,221	-1,4%
ΤΣΕΧΙΑ	1,486	1,382	-1,8%
ΠΟΛΩΝΙΑ	6,294	5,712	-2,4%
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	415	374	-2,6%
ΑΥΣΤΡΙΑ	976	878	-2,6%
ΛΕΤΟΝΙΑ	588	516	-3,2%
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	313	274	-3,3%
ΙΤΑΛΙΑ	6,649	5,625	-4,1%
ΕΣΘΟΝΙΑ	204	170	-4,5%
ΙΣΠΑΝΙΑ	5,776	4,741	-4,8%
ΣΟΥΗΔΙΑ	591	480	-5,1%
ΒΕΛΓΙΟ	1,470	1,163	-5,7%
ΕΛΛΑΔΑ	2,037	1,619	-5,6%
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	7,503	5,842	-6,1%
ΟΛΛΑΝΔΙΑ	1,082	804	-7,2%
ΔΑΝΙΑ	498	369	-7,2%
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	1,860	1,294	-8,7%
ΒΕΛΓΙΟ	1,470	1,009	-9,0%
ΓΑΛΛΙΑ	8,079	5,530	-9,0%
ΛΟΥΞΕΜΒΟΥΡΓΟ	76	49	-10,4%
ΜΑΛΤΑ	15	13	Μη στατιστικά σημαντική

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Απόλυτος αριθμός νεκρών από οδικά ατυχήματα και μέση ετήσια μείωση την τετραετία 2000-2004 για χώρες της Ε.Ε (ECMT, 2006).

Η μείωση που παρατηρείται στην Ε.Ε. οφείλεται στη συνειδητοποίηση της έκτασης και των συνεπειών του προβλήματος της οδικής ανασφάλειας και των μέτρων περιορισμού των ατυχημάτων που ελήφθησαν και αποτελεί γνώμονα για περαιτέρω εντατικοποίηση των δράσεων για τη μείωση των οδικών ατυχημάτων και των συνεπειών τους. Η **βελτίωση** αυτή, όμως, **δεν επιτρέπει** κανένα **εφησυχασμό**, διότι το κοινωνικό και οικονομικό κόστος των οδικών ατυχημάτων παραμένει απαράδεκτα υψηλό και επομένως τα μέτρα που

μέχρι τώρα είχαν ληφθεί χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση και νέα στοχοθέτηση. Για τη περαιτέρω βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας απαιτείται μια συστηματική προσέγγιση που αναδεικνύει την οδική ασφάλεια σε στόχο των πολιτικών για το περιβάλλον, τις υποδομές, τον αστικό χώρο, την κοινωνική πολιτική και τις εργασιακές σχέσεις, την ερευνά και ανάπτυξη (Τ.Ε.Ε., 2006).

Σε αντίθεση με τους περισσότερους ευρωπαίους, οι Έλληνες πολίτες δεν έχουν αντιληφθεί ότι μέσα στην πολυπλοκότητα της κυκλοφορίας πεζών και οχημάτων, **ταχύτητα και ασφάλεια δεν είναι δυνατόν να συνυπάρξουν**, με εξαίρεση μόνο τα μέσα μαζικής μεταφοράς. Ομοίως και η Πολιτεία εφαρμόζει αλληλοαναιρούμενες επεμβάσεις με αντικρουόμενους στόχους, την γρήγορη εξυπηρέτηση και την ασφαλή μετακίνηση.

Για την εξάλειψη των αντιθέσεων αυτών, αναπτύχθηκε το **πρώτο** πενταετές **Στρατηγικό Σχέδιο** για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα από τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Ε.Μ.Π., που υιοθετήθηκε από την Πολιτεία και τέθηκε σε ισχύ τον Ιούνιο του 2001. Ο στόχος που τέθηκε αφορούσε στη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα κατά 20% έως το έτος 2005. Με βάση τη διεθνή εμπειρία και τις ελληνικές ιδιαιτερότητες, το Στρατηγικό Σχέδιο Οδικής Ασφάλειας αφορούσε σε τέσσερα επιμέρους Προγράμματα Οδικής Ασφάλειας: το ασφαλές οδικό περιβάλλον, την ασφάλεια του χρήστη της οδού και τα ασφαλή οχήματα, την αποτελεσματική αστυνόμευση για την οδική ασφάλεια και την αποτελεσματική αντιμετώπιση μετά το ατύχημα.

Παρά την εφαρμογή του πρώτου Στρατηγικού Σχεδίου Οδικής Ασφάλειας, μετά το τέλος του 2005 η Ελλάδα εξακολουθούσε να παρουσιάζει τον χειρότερο δείκτη αριθμού νεκρών προς κυκλοφορούντα οχήματα όχι μόνο μεταξύ των χωρών της Ε.Ε. των 15, αλλά δυστυχώς χειρότερο και από αρκετά από τα 10 νέα κράτη μέλη, όπως η Σλοβενία, η Τσεχία, η Κύπρος και η Μάλτα ενώ ήταν οριακά πιο ασφαλής σε σχέση με την Ουγγαρία και την Πολωνία. Ήταν αναγκαία επομένως η ανάπτυξη του **δεύτερου Στρατηγικού Σχεδίου** Οδικής Ασφάλειας. Το νέο αυτό Στρατηγικό Σχέδιο ορίστηκε να είναι πενταετές (2005-2009) και έχει ως στόχο τη μείωση κατά 50% των ατυχημάτων του 2010 σε σχέση με το 2000. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην παρακολούθηση των αποτελεσμάτων των προτεινόμενων δράσεων, που αφορούν στον οδηγό (αναδιοργάνωση του συστήματος χορήγησης αδειών οδήγησης και ενημέρωση του κοινού), το όχημα (τεχνικός έλεγχος), την υποδομή (εντοπισμός επικίνδυνων θέσεων του οδικού δικτύου και συντήρησή του), τον έλεγχο του συστήματος (για την καλύτερη εφαρμογή του Σχεδίου και την εξασφάλιση των απαραίτητων οικονομικών μέσων) και στην αντιμετώπιση των συνεπειών των ατυχημάτων (μετακίνηση τραυματιών και βελτίωση του συστήματος στήριξης παθόντων), (Σ.Ε.Σ., 2005).

Η ορθή συλλογή και ταξινόμηση των στοιχείων για τα ατυχήματα και η δημιουργία ενός συνεχώς ενημερωνόμενου αρχείου στοιχείων, αποτελεί τη βασική προϋπόθεση για την ανάλυση και μελέτη των οδικών ατυχημάτων και για τον εντοπισμό των αιτιών και την λήψη αποτελεσματικών μέτρων (Ι.Μ.Φραντζεσκάκης, Ι.Κ. Γκόλιας, 1994). Γι' αυτό το λόγο όλα τα κράτη έχουν αναπτύξει, ήδη από δεκαετίες, **συστήματα καταγραφής και ανάλυσης των στοιχείων οδικών ατυχημάτων**. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις από κράτος σε κράτος για λόγους ιστορικούς, οικονομικούς και κοινωνικούς (Γιαννής Γ., 1994), γι' αυτό απαιτείται η χρήση διορθωτικών συντελεστών για να είναι συγκρίσιμα τα στοιχεία.

Σε όλες τις χώρες της Ε.Ε. υπάρχει πλήθος αρμόδιων φορέων που ασχολείται άμεσα ή έμμεσα με την οδική ασφάλεια. Παράλληλα διενεργούνται **έρευνες**, με τη χρήση στατιστικών μεθόδων, σε πανευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο για την ανάλυση και συσχέτιση ορισμένων κυκλοφοριακών και δημογραφικών στοιχείων με τα οδικά ατυχήματα. Μία ανάλογη προσπάθεια γίνεται και στην παρούσα διπλωματική εργασία.

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να **διερευνηθεί η συσχέτιση βασικών μακροσκοπικών στοιχείων οδικής ασφάλειας** σε χώρες της Ε.Ε., με τη χρήση γραμμικών και μη γραμμικών μαθηματικών προτύπων.

Αναλυτικότερα, έγινε προσπάθεια εξαγωγής ενός μαθηματικού προτύπου που να συσχετίζει βασικές **παραμέτρους** όπως, ο ετήσιος αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων, ο πληθυσμός και το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (Α.Ε.Π.) με τον αριθμό των θανάτων από οδικά ατυχήματα κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου 1970-2003, σε χώρες της Ε.Ε.. Παράλληλα επιδιώκεται να προσδιοριστεί το μέγεθος και το είδος της επιρροής κάθε παραμέτρου χωριστά στην πρόκληση των θανάτων.

Λόγω των διαφοροποιήσεων που υπάρχουν μεταξύ των χωρών το μαθηματικό πρότυπο που εξάγεται, παρέχει τη δυνατότητα μακροσκοπικού διαχωρισμού των κρατών βάσει του επιπέδου οδικής ασφάλειας καθώς επίσης και τη πραγματοποίηση συγκρίσεων μεταξύ των κρατών. Κατά συνέπεια είναι δυνατός ο προσδιορισμός μέτρων βελτίωσης στα κράτη με χαμηλότερο του μέσου όρου επίπεδο οδικής ασφάλειας, μέσω της ανταλλαγής εμπειριών σε μέτρα μείωσης των οδικών ατυχημάτων.

Σε κάθε περίπτωση επισημαίνεται ότι η εξέλιξη του αριθμού οδικών ατυχημάτων και νεκρών σε κάθε κράτος εξαρτάται και από σειρά άλλων παραγόντων (μέτρα οδικής ασφάλειας, αποτελεσματικότητα φορέων, οδηγική συμπεριφορά, κτλ) πέραν των βασικών μακροσκοπικών παραμέτρων που εξετάζονται στην παρούσα διπλωματική εργασία.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας ακολουθήθηκε μεθοδολογία που περιλάμβανε τα στάδια, τα οποία παρουσιάζονται στο διάγραμμα 1.6.

Στο πρώτο στάδιο πραγματοποιήθηκε η **βιβλιογραφική ανασκόπηση**. Αναζητήθηκαν έρευνες και μεθοδολογίες σε συναφή με το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αντικείμενα, πραγματοποιηθείσες στην Ελλάδα και στο εξωτερικό. Η σχετική βιβλιογραφία αναζητήθηκε σε βιβλία, επιστημονικά περιοδικά και πρακτικά συνεδρίων, με τη χρήση του διαδικτύου και με την αναζήτηση σε ακαδημαϊκές βιβλιοθήκες, την Κεντρική Βιβλιοθήκη του Ε.Μ.Π. και τη Βιβλιοθήκη του Τ.Ε.Ε.. Σκοπός της βιβλιογραφικής ανασκόπησης ήταν ο καθορισμός του **αντικειμένου** της διπλωματικής εργασίας και η επιλογή της καταλληλότερης **μεθοδολογίας** για την επεξεργασία του.

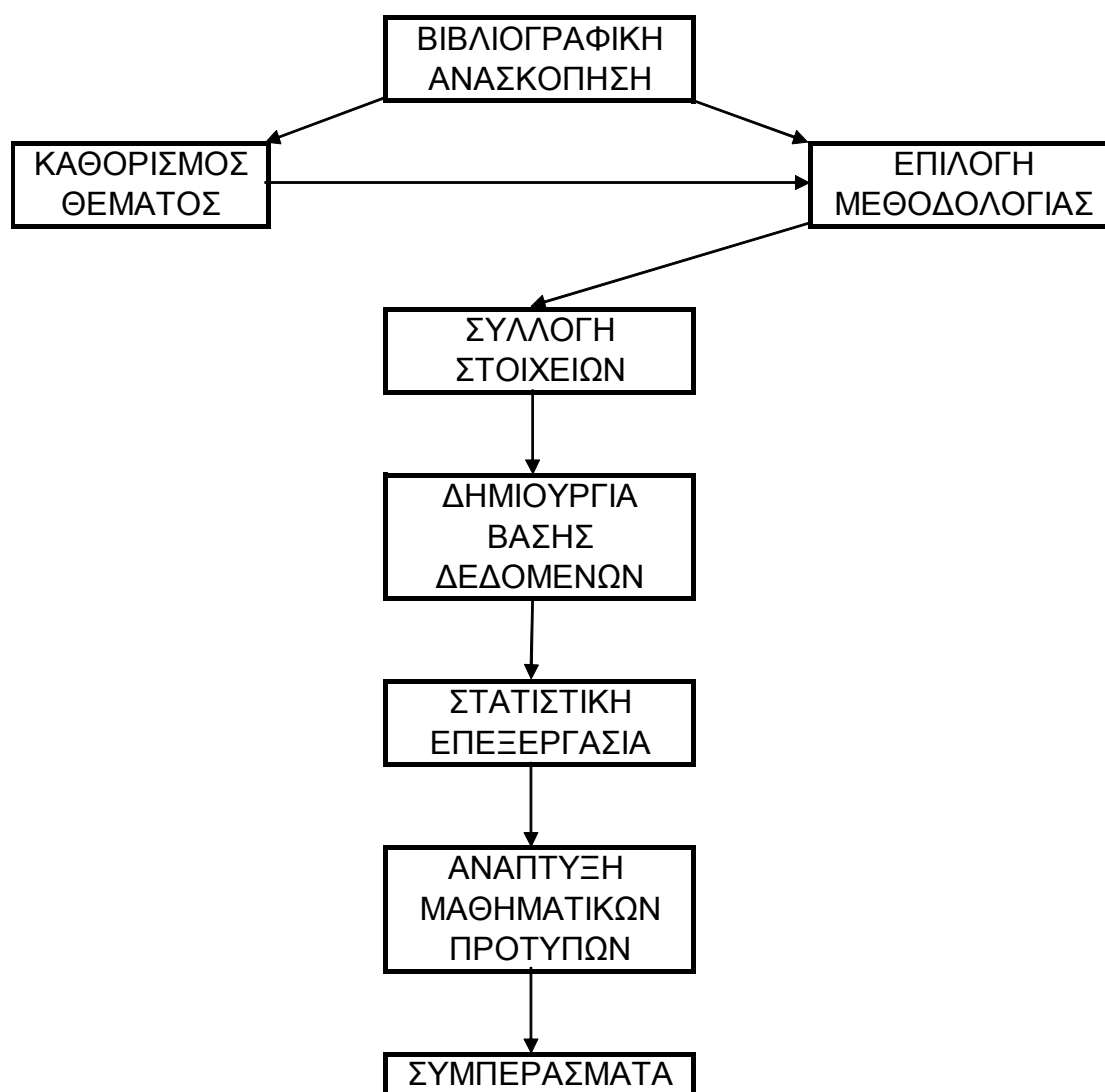
Στο επόμενο στάδιο, πραγματοποιήθηκε η **συλλογή των στοιχείων** που απαιτούνταν για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν ήταν, για κάθε χώρα μέλος της Ε.Ε. και για τη χρονική περίοδο 1970 έως 2003, ο πληθυσμός, ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων, ο αριθμός των θανάτων που προκλήθηκαν από οδικά ατυχήματα και το Α.Ε.Π.. Τα στοιχεία αυτά λήφθηκαν από τις βάσεις δεδομένων WHO, IRTAD, CARE και EUROSTAT. Αξίζει να σημειωθεί ότι στα στοιχεία είχε προηγηθεί η χρήση των απαραίτητων διορθωτικών συντελεστών και ο σχετικός έλεγχος της αξιοπιστίας τους έτσι ώστε να είναι ομοιόμορφα και συγκρίσιμα.

Στο επόμενο στάδιο, ταξινομήθηκαν τα συλλεχθέντα στοιχεία σε μια ενιαία **βάση δεδομένων**, στην οποία για κάθε χώρα και για συγκεκριμένο έτος να αντιστοιχούν τα κατάλληλα δεδομένα. Σε περιορισμένο αριθμό χωρών και ετών τα δεδομένα ήταν ελλιπή, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή του μαθηματικού προτύπου. Παράλληλα, τα στοιχεία επεξεργάστηκαν κατάλληλα για την χρησιμοποίησή τους στο επόμενο στάδιο.

Την επεξεργασία των δεδομένων στοιχείων, ακολούθησε η **στατιστική τους ανάλυση**, με τη χρήση του ειδικού στατιστικού λογισμικού. Η στατιστική αυτή ανάλυση εκτελέστηκε σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση συσχετίστηκαν ο λόγος των θανάτων από οδικά ατυχήματα προς τα κυκλοφορούντα οχήματα με το λόγο των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό, με εξαρτημένη μεταβλητή το λόγο των θανάτων προς τα κυκλοφορούντα οχήματα. Στη δεύτερη φάση, συσχετίστηκαν ο λόγος των θανάτων από οδικά ατυχήματα προς τα κυκλοφορούντα οχήματα με το λόγο των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό και το λόγο του Α.Ε.Π. προς τον πληθυσμό. Πάλι η εξαρτημένη μεταβλητή ήταν οι θάνατοι ανά όχημα. Στην τρίτη φάση της ανάλυσης, η εξαρτημένη μεταβλητή, θάνατοι από οδικά ατυχήματα,

συσχετίστηκαν με τον πληθυσμό και τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων.

Από τις συσχετίσεις αυτές προέκυψαν ενδιαφέροντα **αποτελέσματα** για τις σχέσεις που συνδέουν τις προαναφερθείσες μεταβλητές. Με τη χρήση των σχέσεων αυτών ήταν τελικά δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων για το επίπεδο οδικής ασφάλειας κάθε χώρας και η πραγματοποίηση συγκρίσεων μεταξύ των χωρών της Ε.Ε..



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.6 Διάγραμμα ροής των σταδίων της διπλωματικής εργασίας

1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Το κεφάλαιο αυτό αποτελεί την εισαγωγή της διπλωματικής εργασίας και έχει σκοπό **να παρουσιάσει το γενικότερο πλαίσιο** αυτής. Ξεκινά με μια αναφορά στο γενικότερο πρόβλημα της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα και στην Ευρώπη και έπειτα επικεντρώνεται στο αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας. Παρουσιάζεται ο επιδιωκόμενος **στόχος** της συγκεκριμένης **έρευνας** και η **μεθοδολογία** που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή των συμπερασμάτων. Ολοκληρώνεται με την παρούσα αναφορά στη δομή της διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Το κεφάλαιο της **βιβλιογραφικής ανασκόπησης** έχει σκοπό την αναζήτηση και καταγραφή ερευνών με αντικείμενό τους την οδική ασφάλεια και τις παραμέτρους που την επηρεάζουν. Αυτή η αναζήτηση είναι απαραίτητη για τον καλύτερο καθορισμό του αντικειμένου της παρούσας διπλωματικής εργασίας, βάσει του εντοπισμού των παραμέτρων οι οποίοι δεν έχουν ήδη εξεταστεί. Παράλληλα με την σύγκριση διαφορετικών μεθοδολογιών ανάλυσης ως προς τη δυνατότητα προσαρμογής τους στα δεδομένα και την ακρίβειά τους για μελλοντικές προβλέψεις, δίνεται η δυνατότητα επιλογής της καταλληλότερης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Το κεφάλαιο αυτό αποτελεί το **θεωρητικό υπόβαθρο** της διπλωματικής εργασίας. Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζονται αρχικά ορισμένα βασικά στατιστικά στοιχεία και στη συνέχεια τα μη γραμμικά πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση παλινδρόμησης. Τέλος παρουσιάζονται τα κριτήρια βάση των οποίων έγινε η επιλογή του βέλτιστου προτύπου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η **διαδικασία με την οποία συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν τα στοιχεία**, στα οποία στηρίχθηκε η διπλωματική εργασία και η ποιότητά τους. Περιγράφονται αναλυτικά οι διεθνείς βάσεις δεδομένων, στις οποίες αναζητήθηκαν τα απαιτούμενα στοιχεία. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στα προβλήματα διαθεσιμότητας και ασυμβατότητας των στοιχείων καθώς και στον τρόπο αντιμετώπισής τους στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας. Στη συνέχεια αναλύεται ο τρόπος κωδικοποίησης των στοιχείων ώστε να είναι συμβατά με τις απαιτήσεις του ειδικού στατιστικού λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία τους. Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζονται εικόνες από τα διάφορα στάδια της επεξεργασίας των δεδομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η διαδικασία **ανάπτυξης και εφαρμογής των τελικών μαθηματικών προτύπων**. Παράλληλα παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν τελικά με τη μορφή διαγραμμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Στο κεφάλαιο αυτό έπειτα από σύνοψη των αποτελεσμάτων, παρατίθενται τα **συμπεράσματα** που προέκυψαν από την ερμηνεία των

εξαγόμενων προτύπων. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στη χρησιμότητα των βασικών αποτελεσμάτων της διπλωματικής εργασίας, ενώ παρατίθενται **προτάσεις** για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στον τομέα αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Στο τελευταίο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας, παρατίθενται αναλυτικά και με αλφαβητική σειρά, οι **βιβλιογραφικές αναφορές** που χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΕΡΕΥΝΕΣ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΝ ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Η μελέτη των ατυχημάτων σε εθνική ή περιφερειακή κλίμακα περιλαμβάνει μεταξύ άλλων, τη μακροσκοπική εξέταση της χρονικής εξέλιξης των ατυχημάτων σε μια χώρα ή σε μεγάλες γεωγραφικές υποδιαιρέσεις της, με στόχο αφενός να επισημανθούν και να εξηγηθούν διαφορές μεταξύ χωρών και περιοχών και αφετέρου να επιχειρηθεί η διατύπωση προτύπων πρόβλεψης.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών έχουν πραγματοποιηθεί σε διάφορες χώρες της Ευρώπης, αλλά και σε ολόκληρο τον κόσμο, έρευνες με αντικείμενο την οδική ασφάλεια. Στις έρευνες αυτές χρησιμοποιούνται **στοιχεία οδικών ατυχημάτων**, όπως ο απόλυτος αριθμός τους, ο αριθμός των προκαλούμενων θανάτων και τραυματισμών, ο αριθμός των συμμετεχόντων πεζών και δείκτες ατυχημάτων, όπως ο αριθμός ατυχημάτων ανά πληθυσμό, ανά κυκλοφορούντα οχήματα, ή ανά διανυθέντα χιλιόμετρα.

Οι δείκτες και οι αριθμοί αυτοί συσχετίζονται με τις βασικές παραμέτρους από τις οποίες συνήθως εξαρτώνται. Οι παράμετροι αυτές μπορεί να είναι οικονομικές ή κοινωνικές όπως ο πληθυσμός, ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων, το μήκος του οδικού δικτύου, τα διανυθέντα οχηματοχιλιόμετρα και το είδος του οδικού δικτύου. Η συσχέτιση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση χρονοσειρών που εξετάζουν την ετήσια εξέλιξη των επιλεχθέντων μεταβλητών.

Κατά τη φάση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης αναζητήθηκαν έρευνες με αντικείμενο συναφές με εκείνο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ορισμένες από αυτές αναλύονται στη συνέχεια.

Μία από τις παλαιότερες έρευνες είναι εκείνη που πραγματοποίησε το 1949 ο καθηγητής **Smeed R.J.** χρησιμοποιώντας στατιστικές θανάτων από οδικά ατυχήματα, πληθυσμό και αριθμό κυκλοφορούντων οχημάτων από 20 χώρες για το έτος 1938 (Smeed R.J., 1949). Από την έρευνα προέκυψε το παρακάτω πρότυπο σύγκρισης σε εθνική κλίμακα:

$$F=0.0003*(V*P^2)^{1/3}$$

Όπου: F: ο αριθμός νεκρών από οδικά ατυχήματα

V: ο αριθμός κυκλοφορούντων οχημάτων

P: ο πληθυσμός της χώρας

Το πρότυπο αυτό εφαρμόστηκε στην Ελλάδα για την περίοδο 1963-1976, με αποτέλεσμα λίγο μεγαλύτερο αριθμό θανάτων από τον πραγματικό. Τα αποτελέσματα πλησιάζουν περισσότερο τις ελληνικές στατιστικές θανάτων από τροχαία ατυχήματα μετά από διόρθωση του συντελεστή από 0,0003 σε

0,000279. Ο μικρότερος αριθμός θανάτων που παρουσιάζεται στην Ελλάδα πιθανόν να οφείλεται στον διαφορετικό ορισμό του θανάτου στις διάφορες χώρες. Στην Ελλάδα, κατά την περίοδο που αναφέρεται παραπάνω, ο θάνατος καταγραφόταν μόνο αν συνέβαινε στον τόπο του ατυχήματος (Pitsiava-Latinopoulou M. et al, 1982).

Ο τύπος του Smeed R.J. προσαρμόστηκε μεταγενέστερα, με δεδομένα 16 χωρών (κυρίως ευρωπαϊκών) για την περίοδο 1957-1966 και 68 χωρών (σε ολόκληρο τον κόσμο) για την περίοδο 1960-1967 στις παρακάτω δύο σχέσεις:

$$F/V = 0.0003 \cdot (V \cdot P)^{-2/3}$$

$$F/P = 0.0003 \cdot (V \cdot P)^{1/3}$$

Σύμφωνα με τις σχέσεις αυτές, διατυπώθηκε η πρόβλεψη ότι ο διπλασιασμός του δείκτη ιδιοκτησίας οχημάτων (οχήματα ανά άτομο) θα προκαλούσε αύξηση του αριθμού των θανάτων από οδικά ατυχήματα ανά κάτοικο κατά 26% και μείωση ανά όχημα κατά 37% (Adams J., 1987).

Η έρευνα του Smeed R.J. επέτρεψε σε πολλούς ερευνητές να αναπτύξουν πολύ ενδιαφέρουσες στατιστικές μελέτες σχετικά με την οδική ασφάλεια. Όμως το πρότυπο του Smeed R.J. απέτυχε στο να προβλέψει τον αριθμό των θανάτων σε πολλές αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτό έδωσε κίνητρο σε αρκετούς ερευνητές να προτείνουν μοντέλα και να συμπεριλάβουν σε αυτά και άλλες παραμέτρους για τη βελτίωση της δυνατότητας και ακρίβειας πρόβλεψης του πρότυπου.

Ένα πρότυπο βασιζόμενο στο αρχικό πρότυπο του Smeed R.J. αναπτύχθηκε στην Ελλάδα (Κ. Αντωνίου, 2005). Στην έρευνα αυτή, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα θανάτων από οδικά ατυχήματα, πληθυσμού και οχημάτων από ευρωπαϊκές χώρες για την περίοδο 1970-2002 για την ανάπτυξη μη γραμμικών προτύπων πρόβλεψης του αριθμού των οδικών ατυχημάτων. Από τις εικοσιπέντε χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης μόνο για τις δεκαέξι τα στοιχεία ήταν επαρκή και μόνο αυτά χρησιμοποιήθηκαν. Η μαθηματική σχέση του προτύπου είναι:

$$F_n/V_n = a \cdot (V_n/P_n)^b + Z_n$$

Όπου : F είναι οι θάνατοι, V ο αριθμός των οχημάτων (σε χιλιάδες), P ο πληθυσμός (σε χιλιάδες), n η χώρα, a και b οι παράμετροι του πρότυπου που πρέπει να εκτιμηθούν και Z_n οι διακυμάνσεις.

Βάσει των εκτιμώμενων τιμών των παραμέτρων a και b καθορίζεται το **επίπεδο οδικής ασφάλειας** της κάθε χώρας. Η παράμετρος a είναι ένας δείκτης του επιπέδου οδικής ασφάλειας της χώρας και η παράμετρος b επηρεάζει τον ρυθμό των θανάτων. Η παράμετρος b παίρνει τιμές μικρότερες

της μονάδας και όσο μικρότερη τιμή έχει τόσο ασφαλέστερη είναι η χώρα από άποψη οδικής ασφάλειας.

Μία ακόμα έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Ελλάδα πρόσφατα είναι των Β. Προφυλλίδη και Γ. Μποτζώρη (2005), με σκοπό την αιτιοκρατική συσχέτιση ανάμεσα στις συνέπειες της οδικής ασφάλειας και στο επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης μιας χώρας, χρησιμοποιώντας ως μέτρο του επιπέδου ανάπτυξης το **Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν** (Α.Ε.Π.). Μελετήθηκαν δεκατέσσερις χώρες της Ε.Ε. συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας και προέκυψε το πρότυπο:

$$Y = -0,206905 \cdot \log(\text{Α.Ε.Π.}) + 2,3356$$

Όπου: Y ο αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα ανά 1000 οχήματα, με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,770$, που δηλώνει ότι το πρότυπο περιγράφει ικανοποιητικά τα δεδομένα.

Βάσει του προτύπου αυτού οι ερευνητές οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι οι συνέπειες των τροχαίων ατυχημάτων σε διάφορες χώρες είναι αντιστρόφως ανάλογες προς το επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης μιας χώρας δηλαδή: **όσο πιο αναπτυγμένη οικονομικά είναι μια χώρα τόσο μικρότερος συγκριτικά είναι ο αριθμός νεκρών (Y).**

Το 1991 ο J. Broughton χρησιμοποιώντας εθνικά στοιχεία της Μεγάλης Βρετανίας για την περίοδο 1949–1989 επιδίωξε να μελετήσει τον ρυθμό μεταβολής του αριθμού των τραυματιών και θανάτων από οδικά ατυχήματα.

Για πολλές δεκαετίες στη Μεγάλη Βρετανία η αναλογία των θανάτων προς εκατομμύρια διανυθέντα οχηματοχιλιόμετρα μειωνόταν κατά ένα σχεδόν σταθερό ρυθμό κάθε χρόνο. Ο Broughton έδειξε τη θετική επίδραση της υποχρεωτικής χρήσης ζώνης ασφαλείας από το 1983, χρησιμοποιώντας το ακόλουθο πρότυπο:

$$\text{Log}(C/T) = a + b \cdot y + s$$

Όπου:

C=σύνολο νεκρών, νεκρών και σοβαρά τραυματισμένων, τραυματιών ή ατυχημάτων με τραυματίες το έτος y (θεωρώντας y=0 το 1985)

T= σύνολο κυκλοφορίας το έτος y

s = 0,0 πριν το 1983 και s' μετά το 1983

a και b εκτιμώμενοι συντελεστές

s'= η επίδραση της υποχρεωτικής ζώνης ασφαλείας.

Το πρότυπο αυτό προσαρμόστηκε με τη χρήση μεθόδων γραμμικής παλινδρόμησης. Αναπτύχθηκαν τέσσερα πρότυπα: με τον αριθμό των νεκρών, των νεκρών και σοβαρά τραυματισμένων, των τραυματιών και των

ατυχημάτων με τραυματίες. Από αυτά μόνο εκείνο του αριθμού των νεκρών δεν επηρεαζόταν από αυτοσυσχέτιση και επομένως μόνο τα δικά του αποτελέσματα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Στην έρευνα αυτή αποδείχθηκε ότι το πρότυπο είναι πιο σύνθετο από ότι αναγνωρίζεται γενικά με μια αυξητική τάση μείωσης από τις αρχές του 1980. Με τη χρήση του προτύπου αυτού υπήρξε η δυνατότητα πρόβλεψης στοιχείων ατυχημάτων έως το έτος 2005.

Ένα πρότυπο για την επιτυχή πρόβλεψη και τον έλεγχο της εξέλιξης του αριθμού των θανάτων από οδικά ατυχήματα αναπτύχθηκε το 1994 από τον Brude U. για τη Σουηδία. Το πρότυπο δημιουργήθηκε με ανάλυση χρονοσειρών για τα έτη 1977-1991, είναι απλό και έχει εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των θανάτων και ανεξάρτητες μεταβλητές τον χρόνο και τον κυκλοφοριακό φόρτο. Η μαθηματική σχέση του είναι:

$$\text{Fatalities} = 0.2091 * 0.9562^{\text{year}} * \text{traffic}^{1.851}$$

Όπου: year= 1 για το 1977, 2 για το 1978,... και 15 για το 1991.

traffic = δείκτης κυκλοφοριακού φόρτου με το έτος 1977 ως έτος βάσης (δείκτης έτους 1977= 100).

Η τιμή 0,9562 δηλώνει ότι και χωρίς μείωση της κυκλοφορίας, ο αριθμός των θανάτων αναμένεται να μειωθεί κατά 5% στην εξεταζόμενη περίοδο. Ενώ η τιμή 1,851 δηλώνει ότι ο αριθμός των θανάτων αναμένεται να αυξηθεί κατά 1,5%, σε περίπτωση αύξησης της κυκλοφορίας κατά 1%.

Βάσει του προτύπου αποδεικνύεται ότι **ο κίνδυνος θανάτου έχει μια αναλογική σχέση με τον κυκλοφοριακό φόρτο**. Μετά τη διαπίστωση ότι η προσαρμογή των δεδομένων για την περίοδο 1977-1991 ήταν πολύ καλή, έγινε χρήση του προτύπου για πρόβλεψη στοιχείων των ετών 1992 και 1993, η οποία αποδείχθηκε πολύ ακριβής.

Το 1995 πραγματοποιήθηκε από μια ομάδα ερευνητών, έρευνα με στόχο τον εντοπισμό της επίδρασης που έχει ο τυχαίος έλεγχος αλκοτέστ στη μείωση του αριθμού των ατυχημάτων. Η ομάδα αυτή αποτελούνταν από τους Homel R., McKay P. και Henstridge J.. Η έρευνα διεξάχθηκε στη Νέα Νότια Ουαλία της Αυστραλίας για στοιχεία της περιόδου 1982-1992.

Για την εξαγωγή πιο έγκυρων αποτελεσμάτων θεωρήθηκε απαραίτητος ο ταυτόχρονος έλεγχος άλλων παραγόντων, που είναι γνωστό ότι επηρεάζουν τους ρυθμούς των ατυχημάτων σε μια ανάλυση χρονοσειρών. Τέτοιες είναι οι: καιρικές συνθήκες (ιδίως βροχόπτωση), ημέρα της εβδομάδας, οικονομικοί παράγοντες (Α.Ε.Π. κ.τ.λ.), κατανάλωση αλκοόλ, επίπεδα ανεργίας και επίπεδα δημοσιότητας της οδικής ασφάλειας. Με δεδομένο ότι τα στοιχεία των ατυχημάτων, τα οποία λήφθηκαν υπόψη είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ως κατάλληλο ένα πρότυπο κατανομής Poisson.

Από την έρευνα αυτή προέκυψε ότι **η επιβολή των ελέγχων αλκοτέστ** οδηγεί σε: μείωση στο σύνολο των θανατηφόρων ατυχημάτων κατά 48%, επίδραση που περιορίστηκε σε διάρκεια δύο μηνών, μείωση των ατυχημάτων ενός οχήματος κατά τη διάρκεια της νύχτας κατά 24%, που διατηρήθηκε για σχεδόν πέντε έτη, και τέλος όπως αναμενόταν δεν υπήρξε επιρροή στα μη σχετιζόμενα με το αλκοόλ οδικά ατυχήματα.

Ο Brannas K. (1995) δημοσίευσε μια εργασία, η οποία αποτελούσε μια εφαρμογή ενός παλαιότερου προτύπου, του προτύπου του Zeger, σε μια κομητεία της Σουηδίας. Ο Zeger (1988) χρησιμοποίησε μια προσαρμογή του πρότυπου παλινδρόμησης Poisson. Το πρότυπο αυτό επέτρεπε την τμηματική συσχέτιση ανάμεσα σε διαδοχικές παρατηρήσεις χρονοσειρών. Στο πρότυπο του Zeger η εξάρτηση μεταξύ διαδοχικών παρατηρήσεων απορρέει από μια διαδικασία όχι εύκολα αντιληπτή και όχι ευθέως από την άποψη ευδιάκριτων μεταβλητών. Επομένως, οι συμβατικές τεχνικές για την πρόβλεψη και τον έλεγχο δυναμικών προτύπων δεν είναι άμεσα εφαρμόσιμες.

Το πρότυπο αυτό είχε χρησιμοποιηθεί από τους Brannas και Johansson (1994) για τις χώρες Δανία, Φιλανδία, Νορβηγία και Σουηδία με σκοπό τη συσχέτιση της έκθεσης σε κίνδυνο ατυχήματος και των καιρικών συνθηκών. Παρατηρήθηκε ισχυρή εξάρτηση μεταξύ τους.

Ανάλογες παράμετροι χρησιμοποιούνται και από τον Brannas. Εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται ο αριθμός των οχημάτων που εμπλέκονται σε κάποιο ατύχημα ανά μήνα. Ανεξάρτητες είναι οι: πωλήσεις βενζίνης, με αυξητική επίδραση και η βροχόπτωση που επίσης έχει αυξητική επίδραση στα ατυχήματα.

Τα περισσότερα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για τη μακροχρόνια πρόβλεψη του αριθμού των θανάτων σε οδικά ατυχήματα βασίζονται σε μία **φθίνουσα εκθετική σχέση της αναλογίας θανάτων προς διανυθέντα οχηματοχιλιόμετρα**. Ο Lassarre S. (2000) ερεύνησε την επέκταση αυτού του απλού πρότυπου με την ενσωμάτωση παρεμβαλλόμενων συναρτήσεων.

Βάσει του πρότυπου του Harvey, που είναι γνωστό ως τοπικό γραμμικής τάσης πρότυπο και εφαρμόστηκε σε δέκα ευρωπαϊκές χώρες, εκτιμήθηκαν διαφορετικά πρότυπα για κάθε χώρα. Οι εξεταζόμενες χώρες ήταν οι: Δανία, Φιλανδία, Γαλλία, Δ. Γερμανία, Ιταλία, Ολλανδία, Νορβηγία, Ισπανία, Σουηδία και Μεγάλη Βρετανία.

Αντικείμενο της μελέτης ήταν να προτείνει έναν δείκτη που θα δίνει τη δυνατότητα σύγκρισης του μακροχρόνιου ρυθμού προόδου της οδικής ασφάλειας. Ορίζεται λοιπόν ένα επίπεδο οδικής ασφάλειας που αποτελεί το **επίπεδο ισορροπίας**. Μόνο εάν μία χώρα έχει επίπεδο οδικής ασφάλειας χαμηλότερο του επιπέδου ισορροπίας έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την τάση αύξησης διανυθέντων οχηματοχιλιομέτρων και κατά συνέπεια το επίπεδο οδικής της ασφάλειας, αφού είναι ανάλογα μεγέθη. Ένα ακόμη αποτέλεσμα

της σύγκρισης είναι ότι τα ευρωπαϊκά οδικά δίκτυα μπορούν να απορροφήσουν μια αύξηση κατά 6% στην κυκλοφορία το χρόνο, διατηρώντας σταθερό τον αριθμό των νεκρών από οδικά ατυχήματα.

Με σκοπό τη σύγκριση των επιπέδων οδικής ασφάλειας και των τάσεων εξέλιξης αυτής, σε χώρες του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Ο.Ο.Σ.Α., Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) την περίοδο 1980-1994 και την προώθηση διεθνούς συζήτησης και περαιτέρω έρευνας για διεθνείς συγκρίσεις, ο Page Y. (2000) ανέπτυξε ένα στατιστικό πρότυπο. Το πρότυπο είχε τη μορφή:

$$F_{it} = e^{\beta_0} \prod_{j=1}^k X_{jit}^{\beta_j} e^{u_{it}}$$

Όπου: i ο δείκτης της χώρας, t ο δείκτης του χρόνου και X_j η ανεξάρτητη μεταβλητή. Το πρότυπο μπορεί να μετασχηματιστεί λογαριθμικά ως εξής:

$$\ln(F_{it}) = \beta_0 + \sum \beta_j \ln(X_{jit}) + v_i + e_t + \varepsilon_{it}$$

Στο πρότυπο αυτό λήφθηκαν υπόψη οι ακόλουθες εξωγενείς ανεξάρτητες μεταβλητές: πληθυσμός, οχήματα ανά κάτοικο, ποσοστό αστικού πληθυσμού, ποσοστό ατόμων ηλικίας 15-24 ετών στον πληθυσμό, ποσοστό ενεργού και εργαζομένου πληθυσμού, κατανάλωση αλκοόλ ανά κάτοικο και ποσοστό λεωφορείων και πούλμαν στον κυκλοφοριακό φόρτο.

Το πρότυπο θεωρεί ότι η επίδραση της κάθε μεταβλητής είναι ανεξάρτητη από το αρχικό επίπεδο της μεταβλητής και δείχνει τη μακροσκοπική επίδραση της κάθε μεταβλητής στον αριθμό των θανάτων. Χρησιμοποιεί σε **ταξινόμηση των κρατών**, παρέχοντας τους δείκτες και δίνει τη δυνατότητα στα κράτη να κάνουν συγκρίσεις μεταξύ τους. Έτσι τα κράτη με υψηλούς δείκτες μπορούν να ελέγξουν την αποτελεσματικότητα των μέτρων τους, ενώ εκείνα με χαμηλό δείκτη μπορούν με τη βοήθεια των άλλων κρατών να βρουν λύσεις στα προβλήματά τους.

Μία έρευνα που αφορούσε επίσης, στις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α., πραγματοποιήθηκε από τον Koornstra M. (2002). Στην έρευνα αυτή συσχετίζεται το Α.Ε.Π. συγκεκριμένων χωρών με τους καταγεγραμμένους σε αυτές θανάτους και τραυματισμούς από οδικά ατυχήματα. Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν εκθετικά μοντέλα με ανεξάρτητη μεταβλητή το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. και εξαρτημένη τον αριθμό είτε των θανάτων είτε των τραυματιών, εκ των οποίων προέκυψαν ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

Συγκεκριμένα, **όσο υψηλότερο είναι το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π., τόσο υψηλότερος ο δείκτης ιδιοκτησίας οχημάτων της χώρας**, ενώ η αναλογία

θανάτων ανά όχημα τείνει να μειωθεί με την πάροδο του χρόνου και την παράλληλη αύξηση του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π.. Άρα οι θάνατοι από οδικά ατυχήματα θα μειωθούν μόνο στις χώρες υψηλού εισοδήματος και στις χώρες με ενδιάμεσες τιμές του δείκτη ιδιοκτησίας και με Α.Ε.Π. άνω του μέσου όρου, ενώ ο παγκόσμιος αριθμός θανάτων αυξάνεται τις δύο τελευταίες δεκαετίες. Η τάση αυτή είναι χειρότερη για τους τραυματισμούς, στον αριθμό των οποίων παρουσιάζεται μείωση μόνο στις χώρες υψηλού εισοδήματος.

Έρευνες με αντικείμενο την οδική ασφάλεια διεξάγονται σε ολόκληρο τον κόσμο. Μία από αυτές είναι η εργασία των Ameen J. και Naji J. (2000). Σκοπός της εργασίας αυτής αποτελούσε η εύρεση ενός προτύπου για την ανάλυση και την πρόβλεψη των θανάτων από οδικά ατυχήματα στην Υεμένη. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα οδικών ατυχημάτων από τα έτη 1978 έως 1993 για την εξαγωγή του προτύπου και από τα έτη 1994, 1995 για την αξιολόγησή του.

Το πρότυπο αποσκοπούσε στην κατανόηση της φύσης και της έκτασης των αιτιών των θανάτων από οδικά ατυχήματα. Η μέθοδος της πολλαπλής παλινδρόμησης με ανεξάρτητες μεταβλητές τον πληθυσμό, το Α.Ε.Π. και τα οχήματα, οδήγησε στην εξαγωγή του αποτελέσματος ότι **μείωση των θανάτων απαιτεί μείωση του πληθυσμού ή του Α.Ε.Π. ή και των δύο παραμέτρων ταυτόχρονα.**

2.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Μέχρι πρόσφατα, οι γραμμικές προσεγγίσεις κυριαρχούσαν στο πεδίο της διαμόρφωσης χρονοσειρών. Η **γραμμική παλινδρόμηση** είναι μία από τις πιο ευρέως μελετημένες και χρησιμοποιημένες στατιστικές τεχνικές στον τομέα αυτό. Υπάρχουν πολλοί λόγοι για αυτό. Καταρχήν, η γραμμική παλινδρόμηση είναι κατάλληλη για τη διαμόρφωση μιας μεγάλης ποικιλίας σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών. Επιπλέον, οι υποθέσεις των προτύπων γραμμικής παλινδρόμησης συχνά ικανοποιούνται κατάλληλα σε πολλές πρακτικές εφαρμογές. Τα αποτελέσματα των προτύπων γραμμικής παλινδρόμησης είναι πιο εύκολο να ερμηνευτούν και να συσχετιστούν με άλλα αποτελέσματα και η αριθμητική εκτίμηση των προτύπων παλινδρόμησης είναι απλή.

Η γραμμική παλινδρόμηση μπορεί μερικές φορές να χρησιμοποιηθεί με λανθασμένο τρόπο. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι υποθέσεις της δεν είναι αυστηρά καθορισμένες ή οι σωστές εναλλακτικές μεθοδολογίες δεν είναι γνωστές, κατανοητές ή χρησιμοποιούμενες. Η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης αποτελεί μια καλή αρχή για τον καθορισμό διαδικασιών για την εκτίμηση στατιστικών προτύπων. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις τόσο η θεωρία όσο και τα δεδομένα υποστηρίζουν μια μη γραμμική δομή πρότυπου. Όταν υπάρχουν καταλληλότερες μέθοδοι, η γραμμική παλινδρόμηση δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται. Υπάρχουν αρκετές αποδείξεις ότι πολλές κλασικές

σειρές στοιχείων όπως οικονομικές χρονοσειρές (Engel, 1982) και δεδομένα για τις μεταφορές προκύπτουν από μη γραμμικές διαδικασίες (Dougherty, 1992).

Από την παρουσίαση συναφών ερευνών, συμπεραίνεται ότι στις περισσότερες έρευνες χρησιμοποιούνται ως μεθοδολογία ανάλυσης μη γραμμικά πρότυπα χρονοσειρών, κυρίως **μέθοδοι μη γραμμικής παλινδρόμησης**. Όπως αναφέρεται χαρακτηριστικά γίνεται χρήση μη γραμμικής συσχέτισης διότι έτσι επιτρέπεται η πραγματοποίηση περισσότερο ευέλικτων, μη γραμμικών συσχετίσεων, ενώ παράλληλα διατηρούνται οι προϋποθέσεις της γραμμικής παλινδρόμησης.

Η μη γραμμική παλινδρόμηση χρησιμοποιήθηκε σε σειρά ερευνών όπως εκείνες παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Ο Hauer E. (1988) ανέπτυξε ένα πρότυπο μη γραμμικής παλινδρόμησης για να εκφράσει τη σχέση μεταξύ οδικής ασφάλειας, κυκλοφοριακών φόρτων και ποιότητας της προσφοράς και της ζήτησης των μεταφορών στις αστικές περιοχές. Σε μία έρευνα (Mountain et al., 1988) παρουσιάστηκε ένα πρότυπο για την πρόβλεψη της τάσης των ατυχημάτων μέσα στον χρόνο, που περιγράφει τη μη γραμμική σχέση μεταξύ ατυχημάτων και έκθεσης σε κίνδυνο. Οι Zhou και Sisioriku, (1997) έδειξαν ότι η σχέση μεταξύ των ατυχημάτων και της αναλογίας κυκλοφοριακού φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα είναι ένα ευδιάκριτο «U». Σε μία άλλη έρευνα (Qin et al, 2004) αποδείχθηκε ότι η σχέση μεταξύ ατυχημάτων και ημερήσιου φόρτου είναι μη γραμμική και ποικίλει ανά τύπο ατυχήματος.

Παρά τα πλεονεκτήματα της μη γραμμικής συσχέτισης, κάποιοι ερευνητές χρησιμοποίησαν άλλες μεθοδολογίες. **Οικονομετρικές μέθοδοι** χρησιμοποιήθηκαν από τους Johansson O. και Martinsson P. (2000) με βασικό συμπέρασμα ότι ο κίνδυνος οδικού ατυχήματος αυξάνεται με τον κυκλοφοριακό φόρτο, αφού ο αριθμός των συγκρούσεων αυξάνεται με την αύξηση του αριθμού των διασταυρώσεων μεταξύ των οχημάτων. Στην εργασία των A. Garcia- Ferrer, A. de Juan και P. Poncela (2005) με τη χρήση μηνιαίων στοιχείων ατυχημάτων στην Ισπανία, παρουσιάζεται μια μεθοδολογία ανάλυσης για την πρόβλεψη των ατυχημάτων με χρήση ενός μεγάλου αριθμού οικονομετρικών μεθόδων.

Αναπτύχθηκαν επίσης πρότυπα βασισμένα σε **γενικευμένα γραμμικά πρότυπα**. Ένα από αυτά αναπτύχθηκε από τους Mountain L., Fawaz B. και Jarrett D. (1996) με σκοπό την ανάπτυξη και επικύρωση μιας μεθόδου για την πρόβλεψη αναμενόμενων ατυχημάτων σε διασταυρώσεις κεντρικών δρόμων με δευτερεύουσες οδούς με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Γενικευμένα γραμμικά πρότυπα για την ανάλυση των σχέσεων μεταξύ ατυχημάτων, κυκλοφοριακών φόρτων και τη γεωμετρία των οδών ή των συμβολών των οδών χρησιμοποιήθηκαν από τους Maher M. και Summersgill J. (1995). Τα πρότυπα

αυτά χρησιμοποιήθηκαν με επιτυχία σε σειρές μελετών για σοβαρά ατυχήματα συμβολής οδών στην Μεγάλη Βρετανία τις τελευταίες δεκαετίες.

2.3 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που έγινε για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση των ερευνών που έχουν διεξαχθεί σε χώρες της Ε.Ε. και παγκοσμίως, με αντικείμενο τον εντοπισμό των κοινωνικών, οικονομικών ή σχετικών με το οδικό δίκτυο και τους χρήστες του παραγόντων, που επιδρούν στο επίπεδο οδικής ασφάλειας μιας εξεταζόμενης περιοχής.

Η πλειοψηφία των αναφερόμενων ερευνών παρατηρήθηκε ότι βασίζεται σε περιορισμένο στατιστικό δείγμα. Συγκεκριμένα, πρόκειται για επιμέρους έρευνες, που αφορούν στη συσχέτιση στοιχείων μιας περιορισμένης χρονικής περιόδου, συνήθως για περιοχές μιας χώρας ή για μία μόνο χώρα. Λίγες φορές, η έρευνα αφορά έναν μικρό αριθμό χωρών για περιορισμένα όμως δεδομένα. Αυτό έχει ως πιθανό αποτέλεσμα τη δυσχερή γενίκευση των αποτελεσμάτων τους παγκοσμίως αν και σε γενικές γραμμές τα εξαγόμενα συμπεράσματα συμβαδίζουν με τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Στις έρευνες αυτές πραγματοποιήθηκε η **ανάλυση παραμέτρων μικροκλίμακας** όπως η χρήση της ζώνης ασφαλείας, η κατανάλωση αλκοόλ και οι καιρικές συνθήκες, οι οποίες μπορούν να εξεταστούν σε μικρό μέγεθος δείγματος και δεν εξετάζουν το πρόβλημα της οδικής ασφάλειας μακροσκοπικά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μέχρι σήμερα δεν υπήρχαν επαρκείς διεθνείς βάσεις δεδομένων για την καταγραφή στοιχείων οδικών ατυχημάτων και οι εθνικές βάσεις δεδομένων χρησιμοποιούσαν μη κοινά συστήματα καταγραφής που δυσχέραιναν τη συνδυαστική χρήση τους.

Παράλληλα με την ανάλυση των συναφών ερευνών, δόθηκε προσοχή στη μεθοδολογία που ακολούθησε κάθε ερευνητής. Στο είδος των χρησιμοποιηθέντων προτύπων παρουσιάζεται μεγάλη ποικιλομορφία. Γίνεται χρήση τόσο γραμμικών όσο και μη γραμμικών προτύπων παλινδρόμησης και χρησιμοποιούνται και οικονομετρικές μέθοδοι. Σημαντικό **ρόλο στην επιλογή του καταλληλότερου προτύπου** έχουν σε συνδυασμό, το μέγεθος του εξεταζόμενου δείγματος και το είδος των χρησιμοποιούμενων μεταβλητών. Εν τέλει, πραγματοποιείται μια σύγκριση μεταξύ των προτύπων, με ιδιαίτερη έμφαση στη δυνατότητα ακρίβειας της προσαρμογής του προτύπου στα δεδομένα και στην αξιοπιστία της πρόβλεψης μελλοντικών στοιχείων.

Συνέπεια των παραπάνω ήταν η ανάγκη πραγματοποίησης μιας έρευνας που να αφορά στη διαχρονική εξέλιξη της οδικής ασφάλειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στην επιρροή σε αυτή κοινωνικών και οικονομικών παραγόντων. Την ανάγκη αυτή επιχείρησε να καλύψει η διεξαγωγή της παρούσας

διπλωματικής εργασίας. Χάρη στην αναζήτηση στοιχείων για τις εφαρμοσθείσες μεθοδολογίες σε συναφείς έρευνες, δόθηκε η δυνατότητα επιλογής της καταλληλότερης μεθοδολογίας ανάλυσης.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο, δηλαδή η θεωρία πάνω στην οποία στηρίχτηκε η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Αρχικά, παρουσιάζονται στατιστικές και μαθηματικές θεωρίες πάνω στις οποίες βασίζεται η επιλεγθείσα μεθοδολογία και στη συνέχεια αναπτύσσονται οι βασικές αρχές και προϋποθέσεις της μεθοδολογίας αυτής.

Παρακάτω αναλύονται κάποιες βασικές έννοιες της στατιστικής:

- **Πληθυσμός:** Ο όρος πληθυσμός εκφράζει το σύνολο των δυνατών απαριθμήσεων ή μετρήσεων που αφορούν τις επιμέρους μονάδες ενός καλά ορισμένου πλήθους διακεκριμένων όντων ή αντικειμένων, τα οποία έχουν ένα ή περισσότερα κοινά χαρακτηριστικά. Με άλλα λόγια, ο πληθυσμός δεν αναφέρεται στις ίδιες τις μονάδες του πλήθους των όντων ή των πραγμάτων που είναι αντικείμενο στατιστικής μελέτης, αλλά στις μετρήσεις ή τις εν γένει παρατηρήσεις τις σχετικές με κάποιο χαρακτηριστικό ή κάποια ιδιότητα των μονάδων αυτών. Για παράδειγμα, τα οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα μπορούν να θεωρηθούν ως ένας πληθυσμός. Οι μονάδες αναφοράς έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά που τις καθιστούν μέλη του υπό μελέτη πληθυσμού. Μια βασική διάκριση των στατιστικών πληθυσμών είναι σε πεπερασμένους και σε άπειρους, ανάλογα αν το πλήθος των μετρήσεων που περιλαμβάνουν είναι πεπερασμένο ή άπειρο. Άλλη σημαντική διάκριση είναι σε μονομεταβλητούς και πολυμεταβλητούς, με κριτήριο τον αριθμό των μεταβλητών που εξετάζονται κάθε φορά.
- **Δείγμα:** Τα δεδομένα (μετρήσεις ή παρατηρήσεις) που χρησιμοποιούνται στις στατιστικές έρευνες σπάνια καλύπτουν το σύνολο των μονάδων ενός πεπερασμένου πολυπληθούς πληθυσμού. Οι λόγοι ανάγονται κυρίως στις υψηλές δαπάνες και στο χρόνο που απαιτούνται για τη συγκέντρωση παρατηρήσεων που να αναφέρονται σε όλες τις μονάδες ενός πληθυσμού. Για τους λόγους αυτούς η εφαρμοσμένη έρευνα, κατά κανόνα, περιορίζεται σε ένα υποσύνολο του συνόλου των μονάδων που αποτελούν τον πληθυσμό. Το υποσύνολο αυτό αποτελεί το δείγμα και αντιπροσωπεύει συνήθως μικρό ποσοστό του αρχικού συνόλου (10%, 5%, ή μικρότερα). Με βάση τις πληροφορίες που περιέχονται στο δείγμα επιχειρείται να εξαχθούν συμπεράσματα για το σύνολο του πληθυσμού. Επειδή οι παρατηρήσεις του δείγματος αποτελούν τη μόνη πληροφόρηση που διαθέτει ο ερευνητής για τον πληθυσμό, το δείγμα πρέπει να είναι καλά σχεδιασμένο και αντιπροσωπευτικό. Η αντιπροσωπευτικότητα και το μέγεθος του δείγματος παίζουν κρίσιμο ρόλο στην εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων για τον πληθυσμό.

- **Μεταβλητές:** Οποιοδήποτε μετρήσιμο ή απαριθμήσιμο μέγεθος για το οποίο μπορούμε να έχουμε περισσότερες από μία μετρήσεις ή απαριθμήσεις αποκαλείται μεταβλητή, ενώ οι επιμέρους αριθμητικές ή άλλες συμβολικές εκφράσεις αυτής ονομάζονται τιμές της μεταβλητής.

Με κριτήριο το επίπεδο μέτρησης, οι μεταβλητές διακρίνονται σε κατηγορικές, σε ποιοτικές και σε ποσοτικές. Οι **κατηγορικές** μεταβλητές επιδέχονται υποτυπώδη μέτρηση. Οι τιμές τους εκφράζονται με λέξεις ή σύμβολα και επιτρέπουν απλή κατάταξη των επιμέρους μονάδων του συνόλου σε διακεκριμένες μεταξύ τους κατηγορίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων μεταβλητών είναι η κατάταξη του πληθυσμού κατά φύλο: άνδρες=1, γυναίκες=2. Η πληροφόρηση που έχουμε για κάθε τέτοια μεταβλητή συνίσταται στην απαρίθμηση των μονάδων των επιμέρους κατηγοριών. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ψευδοτιμές των κατηγορικών μεταβλητών δεν βρίσκονται σε καμία σχέση μεταξύ τους. Η λειτουργία τους περιορίζεται μόνο στο έργο της ομαδοποίησης των μονάδων του πληθυσμού σε κατηγορίες.

Σε σύγκριση με τις κατηγορικές, οι **ποιοτικές** μεταβλητές επιδέχονται ανώτερο επίπεδο μέτρησης δεδομένου ότι, εκτός από την ομαδοποίηση των μονάδων του πληθυσμού σε κατηγορίες, επιτρέπουν και την ιεράρχησή τους σύμφωνα με κάποιο κριτήριο. Για την ιεράρχηση ή διάταξη χρησιμοποιούνται συνήθως οι έννοιες «μεγαλύτερο», «μικρότερο», «κατώτερο», «καλύτερο», «χειρότερο» κ.λ.π. Για παράδειγμα, η κατάσταση υγείας μπορεί να ιεραρχηθεί ως εξής: κακή (1), μέτρια (2), καλή (3), λίαν καλή (4), άριστη (5).

Την τρίτη κατηγορία αποτελούν οι **ποσοτικές** μεταβλητές, οι οποίες επιδέχονται ανώτερο επίπεδο μέτρησης, με την έννοια ότι οι τιμές τους εκφράζονται αποκλειστικά με αριθμούς και σε συγκεκριμένες μονάδες. Οι τιμές που παίρνει μια ποσοτική μεταβλητή μας επιτρέπουν, εκτός από την ομαδοποίηση και ιεράρχηση των μονάδων του πληθυσμού που ερευνούμε, να μετρήσουμε και τις αποστάσεις ή τις διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στις μονάδες.

Οι ποσοτικές μεταβλητές διακρίνονται σε συνεχείς και ασυνεχείς. **Συνεχείς** ονομάζονται αυτές που μπορούν (θεωρητικά) να πάρουν οποιαδήποτε τιμή στο διάστημα (α,β), όπου α και β πραγματικοί αριθμοί. Το εισόδημα, οι τιμές, οι δαπάνες, το βάρος, το ύψος αποτελούν τυπικά παραδείγματα συνεχών μεταβλητών. **Ασυνεχείς** λέγονται οι μεταβλητές που λαμβάνουν πεπερασμένο πλήθος τιμών, οι οποίες κατά κανόνα εκφράζονται με ακέραιους αριθμούς. Για παράδειγμα, ο αριθμός παιδιών μιας οικογένειας.

Κατά την επεξεργασία των διάφορων στατιστικών μεγεθών ενδιαφέρουν όχι μόνο οι τιμές που παίρνουν οι διάφορες μεταβλητές αλλά και

η μορφή της κατανομής που ακολουθούν οι τιμές αυτές. Όταν έχουμε ασυνεχείς μεταβλητές, μπορούμε να καθορίσουμε την πιθανότητα, με την οποία η τυχαία μεταβλητή παίρνει μια δεδομένη τιμή. Η συνάρτηση που δίνει την αντίστοιχη πιθανότητα για κάθε τιμή που παίρνει η μεταβλητή ονομάζεται **συνάρτηση πιθανότητας** (probability function). Πολλές φορές ενδιαφερόμαστε για την πιθανότητα ότι η μεταβλητή παίρνει τιμή μικρότερη ή ίση από μια δεδομένη τιμή. Τότε απαιτείται μία άλλη συνάρτηση, η **συνάρτηση κατανομής** (distribution function).

Για τη διερεύνηση του πολύπλοκου κόσμου των στοχαστικών φαινομένων, στην επιστήμη της στατιστικής αναζητούνται πρότυπα για τη συνάρτηση πιθανότητας και τη συνάρτηση κατανομής που να έχουν γενικότερη ισχύ και εφαρμογή. Με άλλα λόγια έχουν αναζητηθεί και διατυπωθεί αλγεβρικές μορφές για τη συνάρτηση πιθανότητας, οι οποίες χρησιμεύουν ως πρότυπα και έχουν εφαρμογή σε ευρύτερο φάσμα ομοίων ή περίπου ομοίων φαινομένων και προβλημάτων. Οι συναρτήσεις αυτές είναι γνωστές στη βιβλιογραφία ως **θεωρητικές κατανομές τυχαίων μεταβλητών**.

Ανάλογα με τη φύση της τυχαίας μεταβλητής (διακριτή ή συνεχή), οι θεωρητικές κατανομές διακρίνονται σε ασυνεχείς ή διακριτές και σε συνεχείς. Άλλη διάκριση είναι σε μονομεταβλητές και σε πολυμεταβλητές κατανομές, ανάλογα αν μελετούνται ταυτόχρονα ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά του φαινομένου (Α.Α. Κίντης, 1999).

Στην κατηγορία των ασυνεχών κατανομών ανήκουν οι:

- **Διωνυμική Κατανομή** (Bionomial distribution): χρησιμοποιείται σε πειράματα τύχης, για τα οποία ισχύουν τα εξής: υπάρχουν δύο δυνατά αποτελέσματα «επιτυχία» και «αποτυχία», το πείραμα επαναλαμβάνεται n φορές, που είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους και τέλος, η πιθανότητα της επιτυχίας (p) παραμένει σταθερή σε όλες τις επαναλήψεις του πειράματος. Η πιθανότητα x επιτυχιών σε n επαναλήψεις δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

$$\text{με } x = 0, 1, 2, \dots, n \quad \text{και} \quad 0 \leq p \leq 1.$$

- **Υπεργεωμετρική Κατανομή** (Hypergeometric distribution): Αν οι διαδοχικές επαναλήψεις του πειράματος δεν είναι ανεξάρτητες, τότε οι πιθανότητες υπολογίζονται με την υπεργεωμετρική κατανομή. Αν υποθέσουμε ότι έχουμε ένα σύνολο από N αντικείμενα, από τα οποία a είναι οι επιτυχίες και $N-a$ αποτυχίες. Η πιθανότητα να πάρουμε x επιτυχίες σε n επαναλήψεις δίνεται από τη σχέση:

$$f(x) = \frac{\binom{a}{x} \binom{N-a}{n-X}}{\binom{N}{n}}$$

- **Κατανομή Poisson** (Poisson Distribution): Η κατανομή αυτή μπορεί να εξεταστεί ως η οριακή μορφή της διωνυμικής κατανομής, όταν το n τείνει στο άπειρο, το p τείνει στο μηδέν και $np=\lambda$ να παραμένει σταθερό, οπότε:

$$f(x) = \frac{\lambda^x}{x!} e^{-\lambda}$$

Στην κατηγορία των συνεχών κατανομών ανήκουν οι:

- **Εκθετική Κατανομή** (Exponential distribution): Για την οποία ισχύει:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-x/\beta} \quad \text{για } x \geq 0$$

$$f(x) = 0 \quad \text{για } x \leq 0$$

όπου β είναι μια θετική σταθερά.

- **Κατανομή Γάμμα** (Gamma Distribution):

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad \text{για } x \geq 0$$

$$f(x) = 0 \quad \text{για } x \leq 0$$

όπου $\alpha > 0$ και $\beta > 0$ δύο παράμετροι της συνάρτησης. $\Gamma(\alpha)$ η συνάρτηση Γάμμα, που ορίζεται ως:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy$$

Αν α είναι θετικός ακέραιος, τότε:

$$\Gamma(\alpha) = (\alpha - 1)!$$

- **Κανονική Κατανομή** (Normal distribution): Η κανονική κατανομή ή κατανομή των Gauss-Laplace έχει την ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Όπου τα μ και σ^2 είναι παράμετροι που ονομάζονται αντίστοιχα μέση τιμή και διασπορά του δείγματος (Γ. Κ. Χρήστου, 2002).

3.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

3.2.1 ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

Ανάλογα με τη φύση και τη χρονική στιγμή που αναφέρονται τα στατιστικά δεδομένα διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες. Μία από τις κατηγορίες αυτές είναι οι **χρονολογικές σειρές** (time-series data) που περιγράφουν την εξέλιξη των διαφόρων φαινομένων (μεταβλητών) διαχρονικά. Τα δεδομένα αυτά εκφράζουν τις τιμές μιας μεταβλητής κατά τη διάρκεια ίσων διαδοχικών χρονικών περιόδων. Χαρακτηριστικό των χρονολογικών σειρών είναι ότι παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη διαχρονική εξέλιξη των φαινομένων που περιγράφουν.

Για τη μελέτη των χρονολογικών σειρών χρησιμοποιούνται διάφορες μεθοδολογίες. Η **γραμμική παλινδρόμηση** (linear regression) είναι μία από τις πιο ευρέως μελετημένες και χρησιμοποιημένες στατιστικές τεχνικές στον τομέα αυτό. Στη γραμμική παλινδρόμηση χρησιμοποιείται ένα πρότυπο για τον καθορισμό της γραμμικής σχέσης μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής και μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. **Εξαρτημένη μεταβλητή** (dependent variable) είναι εκείνη, οι τιμές της οποίας επιδιώκεται να προβλεφτούν με τη χρήση γνωστών ή παρατηρηθέντων τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών. **Ανεξάρτητες μεταβλητές** (independent variables) είναι εκείνες που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης. Η εξαρτημένη μεταβλητή πρέπει να είναι συνεχής. Σε διαφορετική περίπτωση τα αποτελέσματα μπορεί να είναι ανακριβή, ένα λάθος που συναντάται συχνά. Σε αυτή την περίπτωση είναι καταλληλότερη η χρήση μοντέλων κατανομής Poisson ή διωνυμικής κατανομής.

Η απλούστερη μορφή γραμμικής παλινδρόμησης είναι η **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (simple linear regression) κατά την οποία υπάρχει μία μόνο ανεξάρτητη μεταβλητή X_i και η εξαρτημένη μεταβλητή Y_i , η οποία μπορεί να προσεγγιστεί από μια γραμμική συνάρτηση του X_i , της μορφής:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_i + \varepsilon_i$$

Όπου: ε_i ο διαταρακτικός όρος (disturbance term), β_0 και β_1 σταθερές που δηλώνουν την επίδραση στην εξαρτημένη μεταβλητή παραγόντων που δεν λήφθηκαν υπόψη και της ανεξάρτητης μεταβλητής αντίστοιχα.

Απόρροια του γεγονότος ότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής, είναι ότι ο συντελεστής β_1 δηλώνει την κατεύθυνση της επιρροής της ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Δηλαδή, αν ο συντελεστής έχει θετικό πρόσημο, η αύξηση της τιμής της ανεξάρτητης μεταβλητής προκαλεί αύξηση στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής (το αντίστροφο ισχύει για αρνητικό πρόσημο). Ακόμη πρέπει να αναφερθεί ότι η τιμή του συντελεστή β_1 έχει φυσική σημασία. Δηλαδή, αν ο συντελεστής μιας ανεξάρτητης μεταβλητής έχει την τιμή +4,1 αυτό σημαίνει ότι για κάθε μία μονάδα αύξησης της τιμής της ανεξάρτητης προκαλεί στην εξαρτημένη μεταβλητή αύξηση κατά 4,1 μονάδες.

Μία άλλη μορφή γραμμικής παλινδρόμησης αποτελεί το πρότυπο **πολλαπλής παλινδρόμησης** (multiple regression). Το πρότυπο αυτό λειτουργεί αντίστοιχα με αυτό της απλής παλινδρόμησης με τη διαφορά ότι σε αυτή την περίπτωση η εξαρτημένη μεταβλητή συσχετίζεται με περισσότερες της μίας ανεξάρτητες μεταβλητές. Στο πρότυπο αυτό αντιστοιχεί η ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \beta_3 * X_3 + \beta_4 * X_4 + \dots + \varepsilon_i$$

ενώ η ερμηνεία των συντελεστών είναι αντίστοιχη του απλού γραμμικού μοντέλου. Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα διπλωματική εργασία με στόχο την αναζήτηση ενός προτύπου παλινδρόμησης.

Μία ακόμη μεθοδολογία που αρχικά χρησιμοποιήθηκε είναι το πρότυπο παλινδρόμησης **πολυωνυμικής μορφής** (polynomial) που αποτελεί γενίκευση του πολυωνύμου δευτέρου βαθμού και έχει την ακόλουθη μαθηματική μορφή:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \dots + \beta_k x_i^k + \varepsilon_i$$

Το πρότυπο αυτό με τους κατάλληλους μετασχηματισμούς μπορεί να μετασχηματιστεί σε γραμμικό και επομένως για να εκτιμηθούν οι συντελεστές του μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι εκτίμησης όμοιοι με αυτές της γραμμικής παλινδρόμησης.

Μέχρι πρόσφατα, οι γραμμικές προσεγγίσεις και οι τυχόν επεκτάσεις τους κυριαρχούσαν στο πεδίο της διαμόρφωσης χρονοσειρών. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις τόσο η θεωρία όσο και τα δεδομένα μπορεί να επιτάσσουν μια πολυπλοκότερη μη γραμμική δομή μοντέλου. Στην πορεία αναζήτησης ενός καταλληλότερου προτύπου εξετάστηκαν κάποιες επεκτάσεις του απλού γραμμικού προτύπου παλινδρόμησης. Τα πρότυπα τα οποία εξετάστηκαν ήταν τα ακόλουθα:

- Μια πρώτη επέκταση του γραμμικού προτύπου είναι η αντίστροφη μορφή (reciprocal), δηλαδή η **υπερβολή** (hyperbola), με μαθηματική μορφή την ακόλουθη:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 (1/x_i) + \varepsilon_i$$

- Μια άλλη επέκταση είναι η εφαρμογή του γραμμικού προτύπου, στην περίπτωση που το αρχικό πρότυπο είναι της μορφής:

$$Y_i = \beta_0 x_{1i}^{\beta_1} \dots x_{ki}^{\beta_k} \varepsilon_i$$

Η αρχική αυτή μορφή είναι μη γραμμική και ως προς τις μεταβλητές και ως προς τις παραμέτρους. Λογαριθμίζοντάς την προκύπτει μία νέα μορφή:

$$Y_i^* = \beta_0^* + \beta_1 x_{1i}^* + \dots + \beta_k x_{ki}^* + \varepsilon_i^*$$

όπου $Y_i^* = \ln(Y_i)$, $x_{1i}^* = \ln(x_{1i})$, $x_{ki}^* = \ln(x_{ki})$, $\beta_0^* = \ln(\beta_0)$, και $\varepsilon_i^* = \ln(\varepsilon_i)$. Το μετασχηματισμένο πρότυπο ονομάζεται **διπλά λογαριθμικό** (log-log ή double-log model) και είναι γραμμικό ως προς τους λογάριθμους των μεταβλητών και όλων των σταθερών εκτός του β_0 .

- Μια τρίτη επέκταση του γραμμικού προτύπου έχουμε όταν το αρχικό πρότυπο είναι της μορφής :

$$Y_i = e^{\beta_0 + \beta_1 (1/x_i) + \varepsilon_i}$$

από την οποία προκύπτει η εξίσωση :

$$Y_i^* = \beta_0 + \beta_1 x_i^* + \varepsilon_i$$

όπου $Y_i^* = \ln(Y_i)$, $x_i^* = 1/x_i$. Η συνάρτηση ονομάζεται **λογαριθμική αντίστροφη** (log-inverse), γιατί στο αριστερό σκέλος έχουμε το λογάριθμο της Y, ενώ στο δεξιό έχουμε μια αντίστροφη συνάρτηση της X.

- Μια ακόμη επέκταση αναφέρεται στην ημιλογαριθμική (semi-log) ή **γραμμική λογαριθμική** (linear-log) μορφή:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln(x_i) + \varepsilon_i$$

- Τέλος, το γραμμικό πρότυπο χρησιμοποιείται και στην περίπτωση που το αρχικό πρότυπο είναι μια εκθετική συνάρτηση (exponential function) δηλαδή της μορφής :

$$Y_i = e^{\beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i}$$

Λογαριθμίζοντας προκύπτει η ακόλουθη εξίσωση:

$$Y_i^* = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

όπου $Y_i^* = \ln(Y_i)$, η οποία ονομάζεται **λογαριθμική γραμμική** (log-linear), (Δ. Χατζηνικολάου, 2002).

Παρά την εξέταση των παραπάνω προτύπων κανένα από αυτά δεν πληρούσε τις απαιτούμενες προϋποθέσεις όπως αυτές περιγράφονται αναλυτικά σε επόμενο υποκεφάλαιο. Το πρότυπο το οποίο τελικά θεωρήθηκε καταλληλότερο για την επίτευξη του στόχου της παρούσας έρευνας ήταν η **λογαριθμική παλινδρόμηση** (logistic regression). Η μέθοδος αυτή οδηγεί στην ανάπτυξη ενός προτύπου μέσω του οποίου συνδέονται δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Η σχέση που συνδέει την εξαρτημένη μεταβλητή με τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι όπως και στη γραμμική παλινδρόμηση γραμμική με τη διαφορά ότι στη λογαριθμική παλινδρόμηση μελετάται ο φυσικός λογάριθμος της εξαρτημένης μεταβλητής.

Η διατύπωση της λογαριθμικής παλινδρόμησης σε μαθηματική μορφή δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\log y = \beta_0 + \beta_1 \cdot \chi_1 + \beta_2 \cdot \chi_2 + \dots + \beta_v \cdot \chi_v$$

όπου:

y : είναι η εξαρτημένη μεταβλητή

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_v$: οι συντελεστές μερικής παλινδρόμησης.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι σε όλες της φάσης της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε ως εξαρτημένη μεταβλητή ο αριθμός των θανάτων ή ο αριθμός των θανάτων ανά όχημα. Αναφέρεται ακόμα ότι η μέθοδος της λογαριθμικής παλινδρόμησης δεν ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για τη εξαγωγή χρήσιμων και αξιόπιστων συμπερασμάτων και για στις τρεις φάσεις ανάλυσης. Αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτήθηκε η χρήση απλούστερων μεθόδων όπως τα πρότυπα πολλαπλής και πολυωνυμικής παλινδρόμησης.

3.2.2 ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ

Είναι συχνά χρήσιμο να εκτιμηθούν η ανταπόκριση και η ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής Y στις αλλαγές της μίας ή των περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών X . Παρόλο που το μέγεθος των παραμέτρων της παλινδρόμησης αποδίδουν αυτή την πληροφορία από την άποψη μονάδων μέτρησης, είναι μερικές φορές πιο σωστό να εκφράζεται η ευαισθησία ως μία επί τις εκατό μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής ως αποτέλεσμα μιας 1% μεταβολής στην ανεξάρτητη μεταβλητή. Το μέτρο αυτό είναι η **ελαστικότητα** (elasticity) και είναι χρήσιμη επειδή είναι μέγεθος αδιάστατο, αντίθετα με τις υπολογισμένες παραμέτρους παλινδρόμησης, που εξαρτώνται από τις μονάδες

μέτρησης. Η ελαστικότητα μιας εξαρτημένης μεταβλητής Y ως προς την ανεξάρτητη μεταβλητή X είναι:

$$e_i = \beta_i \frac{X_i}{Y_i} = \frac{\partial Y_i}{\partial X_i} \frac{X_i}{Y_i}$$

Όταν έχουμε ελαστικότητα $e_i = 2,7$ για παράδειγμα, σημαίνει ότι μια 1% αύξηση στην τιμή της X_i οδηγεί σε μία 2,7% αύξηση στην Y .

Στον πίνακα 3.1 συνοψίζονται εκτιμήσεις ελαστικοτήτων για τέσσερις συχνά χρησιμοποιούμενους τύπους συναρτήσεων προτύπων παλινδρόμησης.

ΠΡΟΤΥΠΟ	ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΓΡΑΜΜΙΚΟ	$e_i = \beta_i \frac{X_i}{Y_i} = \frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} \frac{X_i}{Y_i}$
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΟ ΓΡΑΜΜΙΚΟ	$e_i = \beta_i (X_i) = \frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} \frac{X_i}{Y_i}$
ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΟ	$e_i = \beta_i \frac{1}{Y_i} = \frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} \frac{X_i}{Y_i}$
ΔΙΠΛΑ ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΟ	$e_i = \beta_i = \frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} \frac{X_i}{Y_i}$

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 Εκτιμήσεις ελαστικοτήτων για διάφορους τύπους συναρτήσεων (Washington et al, 2003).

3.2.3 ΒΑΣΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

Τα πρότυπα γραμμικής και μη παλινδρόμησης που περιγράφηκαν στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, χρησιμοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία με σκοπό την αναζήτηση της σχέσης μεταξύ των χρησιμοποιούμενων εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών. Η επιλογή του καταλληλότερου από τα πρότυπα που εξετάστηκαν βασίστηκε στα παρακάτω κριτήρια:

- Το πρώτο κριτήριο ήταν η τιμή του **συντελεστή συσχέτισης R^2** . Ο συντελεστής συσχέτισης είναι ένα μέτρο της ικανότητας προσαρμογής του προτύπου και ανεξάρτητα από τον αριθμό των ερμηνευτικών μεταβλητών, ορίζεται ως η αναλογία της μεταβλητικότητας της εξαρτημένης μεταβλητής Y που οφείλεται στις μεταβολές της ανεξάρτητης μεταβλητής X . (Γ. Κ. Χρήστου, 2002). Στην περίπτωση που η παλινδρόμηση περιλαμβάνει σταθερό όρο, ισχύει:

$$0 < R^2 < 1$$

Όταν η τιμή του R^2 είναι μηδενική, σημαίνει ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Ενώ όταν είναι μονάδα σημαίνει

ότι η προσαρμογή του προτύπου στα δεδομένα είναι τέλεια. Για μια καλή προσαρμογή του προτύπου στα δεδομένα, η τιμή του R^2 πρέπει να πλησιάζει τη μονάδα. Ωστόσο, χαμηλές τιμές του R^2 δεν πρέπει να μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η παλινδρόμηση δεν είναι χρήσιμη (Δ. Χατζηνικολάου, 2002). Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 συνίσταται στην παλινδρόμηση όλων των τύπων συμπεριλαμβανομένης τόσο της γραμμικής όσο και της λογαριθμικής παλινδρόμησης (McCarthy P.S., 2001).

- Το δεύτερο κριτήριο αφορά στο **σταθερό όρο** του προτύπου. Ο όρος αυτός εκφράζει την επίδραση στην εξαρτημένη μεταβλητή όλων εκείνων των παραγόντων, που δεν λήφθηκαν υπόψη στην εξαγωγή του προτύπου. Πρέπει λοιπόν ο όρος αυτός να μην έχει μεγάλη τιμή, συγκρινόμενος με τους υπόλοιπους όρους.
- Το τρίτο κριτήριο είναι η τιμή του **δείκτη t** ή δείκτη κατανομής student. Ο δείκτης αυτός εκφράζει εάν οι ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιούνται είναι στατιστικά σημαντικές και πρέπει να ληφθούν ή όχι υπόψη στην εξαγωγή του προτύπου. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής. Βάσει του επιπέδου εμπιστοσύνης και των βαθμών ελευθερίας προσδιορίζεται το κάτω όριο των τιμών του δείκτη. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα 3.2. Στη διπλωματική εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε ως κριτήριο το επίπεδο εμπιστοσύνης 0,95 και άπειροι βαθμοί ελευθερίας δηλαδή η τιμή 1,645. Άρα, για να θεωρηθούν οι μεταβλητές σημαντικές πρέπει να έχουν δείκτη t μεγαλύτερο ή ίσο με 1,645.

Βαθμοί Ελευθερίας ν	Επίπεδο Εμπιστοσύνης α				
	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
80	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
άπειρο	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 Τιμές της κατανομής t για διάφορα επίπεδα πιθανότητας και βαθμούς ελευθερίας (Φραντζεσκάκης Ι., Γιαννόπουλος Γ., 1986).

- Ένα ακόμα κριτήριο θεωρήθηκε η **έλλειψη συσχέτισης** μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές έπρεπε να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους, με άλλα λόγια δηλαδή, μεταβολή στις τιμές μίας από αυτές να μην προκαλεί μεταβολή σε κάποια από τις υπόλοιπες.
- Το τελευταίο κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε αφορούσε στο κατά πόσο τα πρόσημα και γενικότερα τα αποτελέσματα των προτύπων,

συμβάδιζαν με τη λογική καθώς και τις επικρατούσες συνθήκες και αντιλήψεις.

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό της τη διερεύνηση της συσχέτισης μακροσκοπικών στοιχείων της οδικής ασφάλειας στα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μετά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας και την επιλογή της καταλληλότερης μεθοδολογίας, ήταν απαραίτητη η συλλογή των δεδομένων στοιχείων και η κατάλληλη επεξεργασία τους.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η **διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων**, έτσι ώστε να δοθεί μια πλήρης εικόνα για την ποιότητα και την αξιοπιστία των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν. Παράλληλα, γίνεται αναφορά στα **προβλήματα διαθεσιμότητας** που παρουσιάστηκαν κατά τη συλλογή τους και στους τρόπους με τους οποίους αντιμετωπίστηκαν. Στο στάδιο της επεξεργασίας παρουσιάζεται ο τρόπος κωδικοποίησης των στοιχείων και εισαγωγής τους στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Δίνονται ακόμη χαρακτηριστικά παραδείγματα του τρόπου επεξεργασίας, με διαδοχικές εικόνες εκτέλεσης επεξεργασίας των στοιχείων με τη χρήση του ειδικού στατιστικού λογισμικού.

4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για την επίτευξη του σκοπού της διπλωματικής εργασίας απαιτήθηκε η **συλλογή στοιχείων** που αφορούσαν στον πληθυσμό, στον ετήσιο αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων, στον ετήσιο αριθμό θανάτων που προκλήθηκαν από οδικά ατυχήματα και στο Α.Ε.Π. των 25 κρατών- μελών της Ε.Ε. για την χρονική περίοδο 1970-2003. Η συλλογή των παραπάνω στοιχείων από μία μόνο βάση δεδομένων δεν ήταν δυνατή και κατά συνέπεια αναζητήθηκαν περισσότερες βάσεις δεδομένων. Οι χρησιμοποιηθείσες βάσεις αναλύονται παρακάτω.

4.2.1 ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Μία από τις βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη συλλογή των στοιχείων ήταν η **Ευρωπαϊκή Βάση Οδικών Ατυχημάτων, CARE** (CARE- Community database on Accidents on the Roads in Europe). Η βάση αυτή αποτελεί μια πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, προκειμένου να δημιουργηθεί μία βάση δεδομένων εξατομικευμένων στοιχείων οδικών ατυχημάτων. Περιέχονται αναλυτικά στοιχεία για κάθε ένα ατύχημα, όπως αυτά συγκεντρώνονται από τα κράτη μέλη της Ε.Ε.. Η δομή του συστήματος CARE εξασφαλίζει μεγάλη ευελιξία και δυνατότητες πολλαπλής επεξεργασίας των πληροφοριών που εισάγονται, ανοίγοντας νέες προοπτικές στον τομέα ανάλυσης των ατυχημάτων.

Μεταξύ εκείνων που συμμετέχουν στην οργάνωση και τη λειτουργία της βάσης είναι και ο Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Ε.Μ.Π., με τη συμμετοχή του στις σχετικές επιτροπές και τις αντίστοιχες ερευνητικές προσπάθειες. Παράλληλα, τα στοιχεία για τα οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα αποστέλλονται χωρίς σημαντικές καθυστερήσεις, με αποτέλεσμα σήμερα η CARE να περιέχει πλήρη και επίκαιρα στοιχεία για τη χώρα μας.

Οι διαφορές στα εθνικά συστήματα συλλογής στοιχείων των ατυχημάτων, οι διαφορές στη δομή των εθνικών αρχείων, οι διαφορετικές πληροφορίες που συλλέγονται και οι διαφορετικοί ορισμοί που χρησιμοποιούνται ήταν τα βασικά προβλήματα τα οποία είχε να αντιμετωπίσει η ανάπτυξη της βάσης δεδομένων CARE ώστε να καταστεί λειτουργική και χρήσιμη. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκαν **ειδικοί αλγόριθμοι μετατροπής** των εθνικών στοιχείων σε στοιχεία με κοινό ορισμό, με στόχο την αύξηση της συμβατότητας των στοιχείων και επομένως, τη βελτίωση της χρησιμότητας της βάσης.

Ορισμένα από τα προβλήματα στον ορισμό των δεδομένων έχουν ήδη λυθεί και υπάρχουν σήμερα μεταβλητές ατυχημάτων που περιέχουν άμεσα συγκρίσιμες τιμές. Από τις μεταβλητές που περιέχονται στη βάση CARE, απαιτούνταν για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, στοιχεία για τον αριθμό των θανάτων σε οδικά ατυχήματα. Ειδικά για τη μεταβλητή αυτή δεν απαιτούνται αλγόριθμοι μετατροπής, επειδή χρησιμοποιείται ενιαίος ορισμός του νεκρού (νεκρός εντός 30 ημερών από το οδικό ατύχημα).

Σήμερα η βάση δεδομένων CARE περιλαμβάνει στοιχεία 7 έως 10 ετών για τα περισσότερα κράτη της Ε.Ε. Στόχος της διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάλυση σε μεγαλύτερη χρονική περίοδο (1970-2003) και έτσι απαιτήθηκε η αναζήτηση μίας ακόμα βάσης δεδομένων.

Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για τη συμπλήρωση των στοιχείων των θανάτων ήταν η βάση του **Ο.Ο.Σ.Α. (OECD), IRTAD** (International Road Traffic and Accident Database). Η βάση IRTAD είναι μια διεθνής βάση δεδομένων που συγκεντρώνει στοιχεία για την κυκλοφορία και τα οδικά ατυχήματα για τις 28 από τις 30 χώρες που είναι μέλη του Ο.Ο.Σ.Α.

Για να υπάρχει πιο ακριβής πρόσβαση στις διεθνείς εξελίξεις στον τομέα της οδικής ασφάλειας, είναι απαραίτητο να εξετάζονται σε ένα διεθνές πλαίσιο. Αυτή την απαίτηση επιδιώκει να καλύψει η βάση IRTAD αποτελώντας ένα απαραίτητο εργαλείο για όλες τις εθνικές οδικές διαχειρίσεις, τα ινστιτούτα ερευνών για την οδική ασφάλεια ακόμα και για τις βιομηχανίες κατασκευής αυτοκινήτων οδών και των ασφαλειών.

Το βασικό τμήμα αυτής της βάσης δεδομένων περιλαμβάνει αθροιστικά στοιχεία, για ατυχήματα με τραυματίες, θανάτους που προκλήθηκαν σε οδικά ατυχήματα, πλήθος κυκλοφορούντων οχημάτων, μήκος οδικού δικτύου και

διανυθέντα οχηματοχιλιόμετρα για 28 χώρες (για το 1965 και για κάθε έτος με αρχή το έτος 1970).

Κάνοντας χρήση των δύο παραπάνω βάσεων δεδομένων συλλέχθηκαν τα **στοιχεία του ετήσιου αριθμού θανάτων** λόγω εμπλοκής σε οδικά ατυχήματα. Για τη χρονική περίοδο 1970-1990 προήλθαν από τη βάση IRTAD του Ο.Ο.Σ.Α. και για την περίοδο 1991-2003 από τη βάση CARE της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Σε κάθε περίπτωση τα στοιχεία της περιόδου 1991-2003 δεν εμφανίζουν διαφορές ανάμεσα στις βάσεις IRTAD και CARE.

Εξαίρεση αποτελεί μικρό μέρος από τα στοιχεία της Κύπρου, της Τσεχίας, της Μάλτας και της Πολωνίας που προήλθε από τις εθνικές τους στατιστικές υπηρεσίες. Η έλλειψη στοιχείων των χωρών αυτών από τις ευρωπαϊκές βάσεις δεδομένων οφείλεται στην μεταγενέστερη είσοδο των χωρών αυτών στην Ε.Ε.. Παρά τη χρήση όμως στοιχείων των εθνικών στατιστικών υπηρεσιών, δεν απαιτήθηκε η χρήση διορθωτικών συντελεστών για την προσαρμογή τους στον κοινό ορισμό του νεκρού σε οδικό ατύχημα, επειδή ο ίδιος ορισμός χρησιμοποιούταν και σε εκείνες. Δυστυχώς, **τα συλλεχθέντα στοιχεία ήταν ελλιπή** και παρά την προσπάθεια που καταβλήθηκε, δεν συμπληρώθηκαν πλήρως μέχρι το τέλος της διπλωματικής εργασίας. Συγκεκριμένα, ελλιπή ήταν τα δεδομένα για τις χώρες Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Πολωνία και Σλοβακία.

Μία άλλη βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε είναι η βάση δεδομένων του **Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας** (World Health Organization-**WHO**). Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας είναι η εξειδικευμένη υπηρεσία των Ηνωμένων Εθνών για την υγεία. Σκοπός του οργανισμού αυτού είναι η εξασφάλιση για όλους τους ανθρώπους της καλύτερης δυνατής υγείας. Παράλληλα με τη δημιουργία προγραμμάτων για τη βελτίωση της υγείας παγκοσμίως, ο οργανισμός περιέχει στατιστικές που αφορούν τον πληθυσμό κάθε χώρας, τον αριθμό των γεννήσεων ετησίως, τον αριθμό των θανάτων ετησίως κ.α. Από τη βάση αυτή προήλθαν τα στοιχεία του **πληθυσμού** της κάθε χώρας ανά έτος, με εξαίρεση τα στοιχεία της Κύπρου και της Πολωνίας που προήλθαν από τις εθνικές στατιστικές υπηρεσίες τους. Τα στοιχεία αυτά είναι επαρκή για όλη τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου.

Όσον αφορά στον αριθμό των **κυκλοφορούντων οχημάτων**, χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων IRTAD του Ο.Ο.Σ.Α., παράλληλα με τις εθνικές στατιστικές υπηρεσίες της Κύπρου, της Τσεχίας, της Μάλτας και της Πολωνίας, αλλά και τη βάση δεδομένων του οργανισμού Eurostat για τη Σλοβενία. Και σε αυτή την περίπτωση τα στοιχεία ήταν ελλιπή και δεν κατέστη δυνατή η πλήρης συμπλήρωσή τους για τις χώρες: Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Σλοβενία και Σλοβακία. Τέλος, τα δεδομένα του **Α.Ε.Π.** είχαν ως πηγή τη Eurostat αλλά τα δεδομένα των πρώτων ετών μετά το 1970 έλειπαν σε όλες τις χώρες.

Η Eurostat είναι η στατιστική υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Τα στατιστικά στοιχεία αφορούν σε πολλούς τομείς δραστηριοτήτων, επιστημονικούς, οικονομικούς, μεταφορών, αναπτυξιακούς και κοινωνικούς. Από την υπηρεσία αυτή παρέχονται βάσεις δεδομένων με τα ετήσια στοιχεία της κάθε χώρας της Ε.Ε. αλλά και συγκρίσεις μεταξύ των χωρών και παρουσιάσεις της διαχρονικής εξέλιξης κάθε χώρας.

4.2.2. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΗΚΑΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥΣ

Λόγω της ύπαρξης διαφορετικών συστημάτων συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων οδικών ατυχημάτων ανά χώρα, είναι δυνατό να παρουσιαστούν προβλήματα, που είναι πολύ πιθανό να οδηγήσουν στη διατύπωση εσφαλμένων συμπερασμάτων έπειτα από τη χρήση τους. Ένα τέτοιο πρόβλημα οφείλεται στους **διαφορετικούς ορισμούς** που έχουν τα κράτη για τα διάφορα επιμέρους στοιχεία. Στην παρούσα διπλωματική εργασία αυτό το πρόβλημα είχε εξαιρεθεί, λόγω της χρήσης στοιχείων από ευρωπαϊκές βάσεις δεδομένων όπου τα στοιχεία που προέρχονται από την κάθε χώρα έχουν υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία ώστε να γίνουν ομοιόμορφα και συγκρίσιμα.

Το μόνο πρόβλημα που παρουσιάστηκε κατά τη συλλογή των δεδομένων είναι η **μη διαθεσιμότητα** σε ορισμένες περιπτώσεις όλων των απαιτούμενων στοιχείων. Έχει ήδη αναφερθεί, ότι καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας επιχειρήθηκε η συμπλήρωση των απαραίτητων στοιχείων, μέσω της αναζήτησης σε άλλες βάσεις δεδομένων. Κατά συνέπεια, λόγω του γεγονότος ότι για την ανάλυση των δεδομένων ήταν απαραίτητα όλα τα στοιχεία ταυτόχρονα, χρησιμοποιήθηκαν στις διάφορες φάσεις μόνο τα κράτη και έτη για τα οποία υπήρχαν πλήρη στοιχεία.

4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για την επεξεργασία των δεδομένων απαιτήθηκε σε πρώτη φάση η δημιουργία μιας **ενιαίας βάσης δεδομένων** με τη χρήση του προγράμματος Excel. Η βάση αυτή περιείχε για κάθε κράτος και έτος τα αντίστοιχα δεδομένα, δηλαδή αριθμό θανάτων, αριθμό κυκλοφορούντων οχημάτων, πληθυσμό και Α.Ε.Π., εφόσον φυσικά ήταν διαθέσιμα.

Κατόπιν της δημιουργίας της ενιαίας βάσης δεδομένων, έπρεπε να γίνει η κατάλληλη επεξεργασία ώστε να είναι δυνατή η χρήση της από το ειδικό στατιστικό λογισμικό για την εξαγωγή του προτύπου. Το λογισμικό αυτό αναγνωρίζει μόνο λατινικούς χαρακτήρες και δεν επιτρέπει τη πραγματοποίηση μαθηματικών πράξεων μεταξύ των περιεχομένων των κελιών. Συνέπεια των παραπάνω ήταν σε πρώτη φάση η **αντικατάσταση της ονομασίας των χωρών με αριθμούς**. Η αντιστοιχία που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται στον πίνακα 4.1.

ΧΩΡΑ	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΑΡΙΘΜΟΥ	ΧΩΡΑ	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΑΡΙΘΜΟΥ
ΑΥΣΤΡΙΑ	1	ΛΕΤΟΝΙΑ	14
ΒΕΛΓΙΟ	2	ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	15
ΚΥΠΡΟΣ	3	ΛΟΥΞΕΜΒΟΥΡΓΟ	16
ΤΣΕΧΙΑ	4	ΜΑΛΤΑ	17
ΔΑΝΙΑ	5	ΟΛΛΑΝΔΙΑ	18
ΕΣΘΟΝΙΑ	6	ΠΟΛΩΝΙΑ	19
ΦΙΛΑΝΔΙΑ	7	ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	20
ΓΑΛΛΙΑ	8	ΣΛΟΒΑΚΙΑ	21
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	9	ΣΛΟΒΕΝΙΑ	22
ΕΛΛΑΔΑ	10	ΙΣΠΑΝΙΑ	23
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	11	ΣΟΥΗΔΙΑ	24
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	12	ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΕΤΑΝΙΑ	25
ΙΤΑΛΙΑ	13		

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 Αντιστοιχία χωρών με αριθμούς για την εισαγωγή στο ειδικό στατιστικό λογισμικό.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν οι απαιτούμενες πράξεις μεταξύ των κελιών για τη δημιουργία της **τελικής βάσης δεδομένων**. Έχει ήδη αναφερθεί ότι για την εξαγωγή του προτύπου παλινδρόμησης χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα κράτη και έτη για τα οποία υπήρχαν πλήρη στοιχεία ενώ τα υπόλοιπα διαγράφηκαν από την τελική βάση δεδομένων. Επειδή η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε τρεις ανεξάρτητες φάσεις, υπήρξαν τελικά τρεις διαφορετικές βάσεις δεδομένων.

Σε κάθε φάση, τη σύνθεση της τελικής βάσης δεδομένων ακολούθησε η εισαγωγή της στο ειδικό στατιστικό λογισμικό. Το λογισμικό αυτό περιλαμβάνει εντολή για την πραγματοποίηση **παλινδρόμησης**. Στην εντολή αυτή ορίζονται από το χρήστη η εξαρτημένη μεταβλητή και οι ανεξάρτητες μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν. Μέσω της διαδικασίας αυτής είναι δυνατόν να υπολογιστούν ορισμένα στατιστικά στοιχεία που αναφέρονται είτε στην εξίσωση παλινδρόμησης, είτε σε κάθε μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

Τα σημαντικότερα **στατιστικά στοιχεία** που περιλαμβάνονται στα δεδομένα εξόδου του προγράμματος μετά την εκτέλεση των εντολών παλινδρόμησης είναι τα ακόλουθα:

- Ο **συντελεστής συσχέτισης R^2** . Ο συντελεστής αυτός αναφέρεται στην εξίσωση παλινδρόμησης και όπως έχει αναλυθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο η εξαρτημένη μεταβλητή και οι ανεξάρτητες μεταβλητές βρίσκονται σε ισχυρή συσχέτιση μόνο για υψηλές τιμές του R^2 .

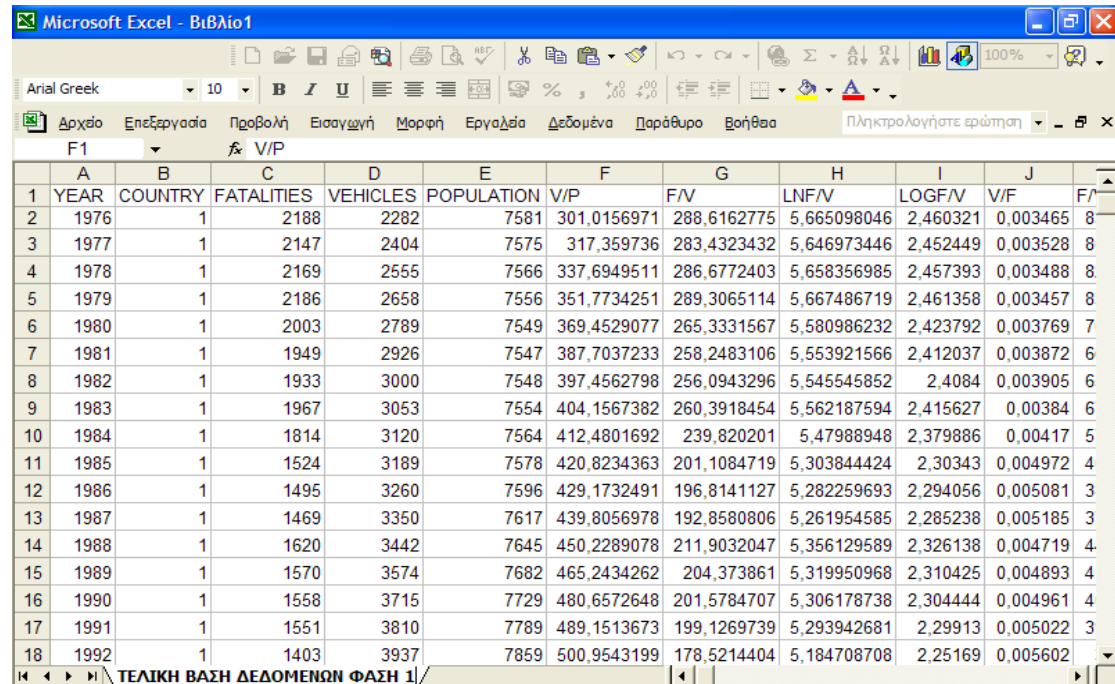
- Οι **συντελεστές b_i** μερικής παλινδρόμησης της εξίσωσης.
- Οι **τιμές t** που χρησιμεύουν για τον έλεγχο της υπόθεσης ότι δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση της συγκεκριμένης ανεξάρτητης μεταβλητής και της εξαρτημένης. Οι τιμές αυτές συγκρίνονται με τις αντίστοιχες τιμές της κατανομής t (student) ανάλογα με το επιθυμητό επίπεδο εμπιστοσύνης.
- Το παρατηρούμενο **επίπεδο σημαντικότητας sign-T**. Όσο πιο μικρή είναι η τιμή αυτή, τόσο πιο πιθανή γίνεται η συσχέτιση μεταξύ της ανεξάρτητης και της εξαρτημένης μεταβλητής.
- Ο **σταθερός όρος** του προτύπου παλινδρόμησης. Πρόκειται για το ποσοστό της εξαρτημένης μεταβλητής που δεν εξηγείται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν.

Βάσει μιας εντολής του ίδιου λογισμικού, μπορεί να διερευνηθεί η **ύπαρξη ή όχι συσχέτισης** μεταξύ δύο ανεξάρτητων μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάπτυξη του προτύπου. Σε περίπτωση διαπίστωσης της ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών, το πρότυπο που έχει αναπτυχθεί δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί γιατί θα οδηγήσει σε πιθανόν εσφαλμένα συμπεράσματα. Σε μία τέτοια περίπτωση, θα ήταν σωστή η κατάργηση μίας από τις συσχετιζόμενες μεταβλητές και η ανάπτυξη ενός νέου προτύπου.

Ακολουθούν εικόνες της αρχικής και των τελικών βάσεων δεδομένων και διαδοχικές εικόνες της επεξεργασίας των βάσεων με το ειδικό στατιστικό λογισμικό.

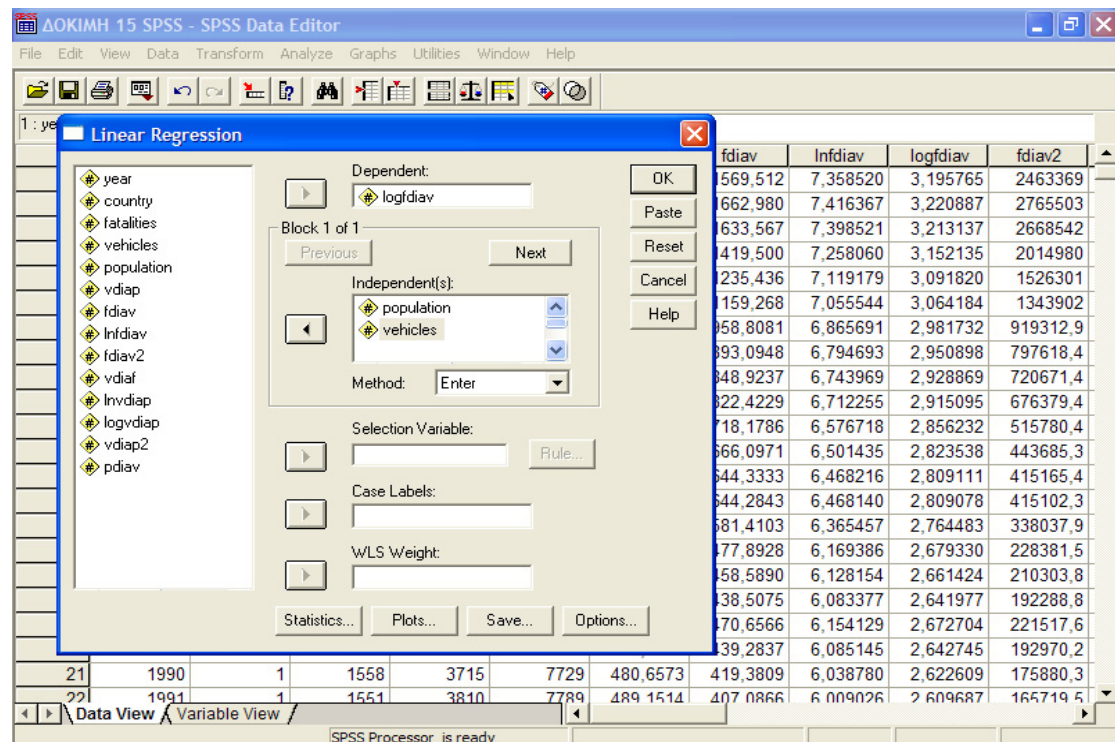
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	YEAR	COUNTRY	FATALITIES	VEHICLES	POPULATION	GDP					
1											
2											
3	1970	AYΣTPPIA	2574	1640	7467						
4	1971	AYΣTPPIA	2857	1718	7499						
5	1972	AYΣTPPIA	3027	1853	7527						
6	1973	AYΣTPPIA	2839	2000	7551						
7	1974	AYΣTPPIA	2566	2077	7569						
8	1975	AYΣTPPIA	2533	2185	7579						
9	1976	AYΣTPPIA	2188	2282	7581	38135					
10	1977	AYΣTPPIA	2147	2404	7575	44764,1					
11	1978	AYΣTPPIA	2169	2555	7566	48286,5					
12	1979	AYΣTPPIA	2186	2658	7556	53462,5					
13	1980	AYΣTPPIA	2003	2789	7549	58449,2					
14	1981	AYΣTPPIA	1949	2926	7547	63151,1					
15	1982	AYΣTPPIA	1933	3000	7548	71963					
16	1983	AYΣTPPIA	1967	3053	7554	80212,5					
17	1984	AYΣTPPIA	1814	3120	7564	85400,1					
18	1985	AYΣTPPIA	1524	3189	7578	90662,6					

ΕΙΚΟΝΑ 4.1 Αρχική βάση δεδομένων



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	YEAR	COUNTRY	FATALITIES	VEHICLES	POPULATION	V/P	F/V	LN/FV	LOGF/V	V/F	F/V
1	1976	1	2188	2282	7581	301,0156971	288,6162775	5,665098046	2,460321	0,003465	8
2	1977	1	2147	2404	7575	317,359736	283,4323432	5,646973446	2,452449	0,003528	8
3	1978	1	2169	2555	7566	337,6949511	286,6772403	5,658356985	2,457393	0,003488	8
4	1979	1	2186	2658	7556	351,7734251	289,3065114	5,667486719	2,461358	0,003457	8
5	1980	1	2003	2789	7549	369,4529077	265,3331567	5,580986232	2,423792	0,003769	7
6	1981	1	1949	2926	7547	387,7037233	258,2483106	5,553921566	2,412037	0,003872	6
7	1982	1	1933	3000	7548	397,4562798	256,0943296	5,545545852	2,4084	0,003905	6
8	1983	1	1967	3053	7554	404,1567382	260,3918454	5,562187594	2,415627	0,00384	6
9	1984	1	1814	3120	7564	412,4801692	239,820201	5,47988948	2,379886	0,00417	5
10	1985	1	1524	3189	7578	420,8234363	201,1084719	5,303844424	2,30343	0,004972	4
11	1986	1	1495	3260	7596	429,1732491	196,8141127	5,282259693	2,294056	0,005081	3
12	1987	1	1469	3350	7617	439,8056978	192,8580806	5,261954585	2,285238	0,005185	3
13	1988	1	1620	3442	7645	450,2289078	211,9032047	5,356129589	2,326138	0,004719	4
14	1989	1	1570	3574	7682	465,2434262	204,373861	5,319950968	2,310425	0,004893	4
15	1990	1	1558	3715	7729	480,6572648	201,5784707	5,306178738	2,304444	0,004961	4
16	1991	1	1551	3810	7789	489,1513673	199,1269739	5,293942681	2,29913	0,005022	3
17	1992	1	1403	3937	7859	500,9543199	178,5214404	5,184708708	2,25169	0,005602	

ΕΙΚΟΝΑ 4.2 Τελική βάση δεδομένων.



ΕΙΚΟΝΑ 4.3 Παράδειγμα διαδικασίας εισαγωγής προτύπων γραμμικής παλινδρόμησης.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό της διπλωματικής εργασίας περιγράφονται αναλυτικότερα τα βήματα που ακολουθήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Έχει ήδη αναφερθεί ότι αρχικά χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα EXCEL για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων και την επεξεργασία της. Ακολούθησε η χρήση ειδικού στατιστικού λογισμικού για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, με στόχο την ανάπτυξη ενός προτύπου παλινδρόμησης με όσο το δυνατόν καλύτερη προσαρμογή στο εξεταζόμενο δείγμα. Η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε σε τρεις ανεξάρτητες φάσεις, από τις οποίες προέκυψαν αντίστοιχα αποτελέσματα. Κάθε φάση αναλύεται σε ξεχωριστό υποκεφάλαιο, το οποίο ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των αντίστοιχων αποτελεσμάτων με τη μορφή διαγραμμάτων και πινάκων.

5.2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΑΣΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ ΤΩΝ ΘΑΝΑΤΩΝ ΠΡΟΣ ΤΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

5.2.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στη φάση αυτή επιχειρήθηκε η **συσχέτιση του λόγου του αριθμού των θανάτων από οδικά ατυχήματα προς τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων με τον λόγο του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό της κάθε χώρας**. Σε προηγούμενο κεφάλαιο, αναφέρθηκε ότι τα απαιτούμενα στοιχεία δεν ήταν πλήρη για ορισμένα κράτη και έτη και κατά συνέπεια δεν συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση.

Για την πραγματοποίηση της παλινδρόμησης, δημιουργήθηκε μια **αρχική βάση δεδομένων** που περιλάμβανε για κάθε κράτος (country) και για το αντίστοιχο έτος (year), τον αριθμό των θανάτων που προκλήθηκαν σε οδικά ατυχήματα (fatalities), τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων (vehicles) και τον πληθυσμό (population). Περιλάμβανε ακόμη, τον λόγο των θανάτων προς τα οχήματα (F/V) και τον λόγο των οχημάτων προς τον πληθυσμό (V/P). Κατά συνέπεια η βάση αυτή είχε την ακόλουθη μορφή:

Year (Y) (έτος)	Country (C) (χώρα)	Fatalities (F) (θάνατοι)	Vehicles (V) (οχήματα)	Population (P) (πληθυσμός)	F/V	V/P

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 Αρχική βάση δεδομένων της πρώτης φάσης.

Πριν από την εισαγωγή της βάσης στο ειδικό στατιστικό λογισμικό, η βάση συμπληρώθηκε με τον υπολογισμό του δεκαδικού λογάριθμου ($\log_{10}$), του

φυσικού λογάριθμου ($\ln a$), του αντιστρόφου ($1/a$) και του τετραγώνου (a^2) του κάθε λόγου (a). Η **τελική μορφή της βάσης** δεδομένων έχει ως εξής:

Y	C	F	V	P	F/V	V/P	Log(F/V)

Ln(F/V)	(F/V) ²	Log(V/P)	Ln(V/P)	(V/P) ²

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 Τελική μορφή βάσης δεδομένων της πρώτης φάσης.

5.2.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

Για τη λειτουργία του ειδικού στατιστικού λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε, απαιτείται ο καθορισμός τριών αρχείων: του αρχείου δεδομένων εισόδου, του αρχείου ελέγχου και του αρχείου αποτελεσμάτων. Από αυτά τα δύο πρώτα είναι αρχεία που περιέχουν στοιχεία, ενώ το τρίτο είναι κενό και είναι εκείνο στο οποίο θα καταχωρηθούν τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης.

Πιο συγκεκριμένα, στο **αρχείο εισόδου** εισάγονται τα στοιχεία της τελικής βάσης δεδομένων, όπως αυτά παρουσιάστηκαν παραπάνω. Το **αρχείο ελέγχου** είναι εκείνο στο οποίο καθορίζονται από το χρήστη οι μεταβλητές που περιέχονται στο αρχείο εισόδου, δηλαδή επιλέγεται ποια από τις μεταβλητές θα είναι η εξαρτημένη και ποιες οι ανεξάρτητες, καθώς και η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης που θα χρησιμοποιηθεί για τη στατιστική επεξεργασία. Θα μπορούσε να το χαρακτηρίσει κανείς ως κώδικα επικοινωνίας μεταξύ του χρήστη και του λογισμικού. Περιέχει δηλαδή μια σειρά από χρήσιμες πληροφορίες προκειμένου το πρόγραμμα να ολοκληρώσει με επιτυχία τη στατιστική ανάλυση των στοιχείων που περιέχονται στο αρχείο δεδομένων εισόδου.

Στο αρχείο ελέγχου καθορίζονται, με τη χρήση της επιλογής της γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression), τα **πιθανά πρότυπα** συσχέτισης των μεταβλητών. Ως εξαρτημένη μεταβλητή επιλέγεται κάποια από τις F/V , $\log(F/V)$, $\ln(F/V)$ ή $(F/V)^2$, ενώ ως ανεξάρτητη μεταβλητή κάποια από τις: V/P , $\log(V/P)$, $\ln(V/P)$, $(V/P)^2$. Τα πιθανά πρότυπα προκύπτουν από τους παραπάνω συνδυασμούς μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητης μεταβλητής.

Επόμενο βήμα είναι ο **στατιστικός έλεγχος** των προτύπων με σκοπό την επιλογή εκείνου που προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα. Το πρόγραμμα αυτό κάνει εύκολο τον στατιστικό έλεγχο μεταξύ των προτύπων, παρέχοντας ορισμένες πληροφορίες κατά την εξαγωγή των συμπερασμάτων (αρχείο αποτελεσμάτων). Οι πληροφορίες αυτές δίνονται με τη μορφή δύο δεικτών, του συντελεστή συσχέτισης R^2 και του δείκτη t (student). Ο πρώτος συντελεστής δέχεται τιμές μεταξύ του 0 και του 1, ενώ όσο πλησιέστερη στο 1

είναι η τιμή του, τόσο καταλληλότερο θεωρείται το πρότυπο. Ο δεύτερος συντελεστής όπως αναφέρεται στον πίνακα 3.2 προηγούμενου κεφαλαίου, για επίπεδο εμπιστοσύνης 0,95 πρέπει να έχει συνήθως τιμή μεγαλύτερη του 1,645. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του δείκτη αυτού, τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της ανεξάρτητης αυτής μεταβλητής στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής.

Μετά τον έλεγχο των προτύπων βάσει των ανωτέρω κριτηρίων, ο έλεγχος συνεχίζεται, εξετάζοντας το μέγεθος επιρροής του σταθερού όρου, που δεν πρέπει να υπερβαίνει την επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών. Φυσικά πρέπει να εξεταστεί εάν τα αποτελέσματα του προτύπου οδηγούν σε λογικά συμπεράσματα και εάν μπορούν να ερμηνευτούν με βάση τις επικρατούσες συνθήκες και αντιλήψεις.

5.2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Βάσει των προαναφερθέντων κριτηρίων, έγινε η επιλογή του καταλληλότερου προτύπου. Το πρότυπο αυτό είναι ένα **πρότυπο λογαριθμικής παλινδρόμησης** με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$\log(F/V) = 3,211 - 0,001 \cdot (V/P)$$

Με απολογαριθμοποίηση, το πρότυπο αποκτά την ακόλουθη μορφή:

$$F/V = 10^{3,211 - 0,001 \cdot (V/P)}$$

Ο δείκτης R^2 παίρνει την τιμή 0,401 που είναι μια ικανοποιητική τιμή συντελεστή συσχέτισης. Η φυσική σημασία του δείκτη αυτού είναι ότι το πρότυπο έχει εφαρμογή στο 40,1% του εξεταζόμενου δείγματος.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται, οι τιμές του δείκτη t , οι οποίες είναι εξίσου ικανοποιητικές.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Τιμή συντελεστή t
Σταθερός όρος (3,211)	109,226
V/P	-20,703

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 Τιμές συντελεστή t του σταθερού όρου και της ανεξάρτητης μεταβλητής του προτύπου της πρώτης φάσης.

Το μέγεθος της επιρροής που έχουν οι συντελεστές των μεταβλητών αυτών δεν είναι άμεσα συγκρίσιμο αλλά από το αρνητικό πρόσημο του συντελεστή προκύπτει ότι οι δύο μεταβλητές είναι αντιστρόφως ανάλογες. Αύξηση δηλαδή στην τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής θα οδηγήσει στη μείωση της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής. Εάν θέλουμε να έχουμε ένα αριθμητικό μέτρο της επίδρασης αυτής πρέπει να υπολογίσουμε την

ελαστικότητα μεταξύ των μεταβλητών. Το μέτρο της ελαστικότητας ϵ_i δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} \cdot \frac{X_i}{Y_i}$$

Η τιμή της ελαστικότητας προέκυψε ίση με -1,037. Η φυσική σημασία της ελαστικότητας είναι ότι αύξηση 1% στην ανεξάρτητη μεταβλητή οδηγεί σε 1,037% μείωση στην εξαρτημένη μεταβλητή.

5.2.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Το πρότυπο που επιλέχθηκε έπειτα από τη διαδικασία της παλινδρόμησης, στηρίχθηκε σε δεδομένα στοιχεία όλων των χωρών. Κατά συνέπεια, το πρότυπο αυτό εκφράζει τη μέση σταθμισμένη τιμή των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση. Με τη χρήση του προτύπου αυτού, βάσει των τιμών του πληθυσμού και του αριθμού κυκλοφορούντων οχημάτων της κάθε χώρας υπολογίζεται ο εκτιμώμενος λόγος του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των οχημάτων. Ο λόγος αυτός εκφράζει το **εκτιμώμενο μέσο επίπεδο οδικής ασφάλειας** της χώρας.

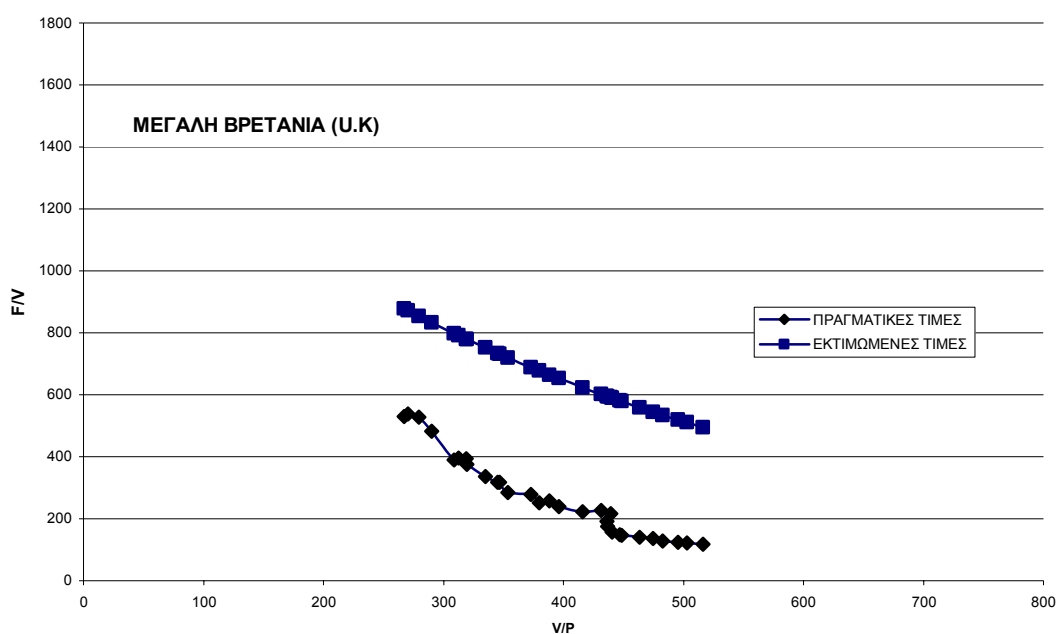
Για να υπάρξει η δυνατότητα παρατήρησης της εξέλιξης του επιπέδου οδικής ασφάλειας της κάθε χώρας, έπρεπε να υπάρξει η δυνατότητα **σύγκρισης του πραγματικού και του εκτιμώμενου επιπέδου οδικής ασφάλειας**. Το πραγματικό επίπεδο οδικής ασφάλειας εκφράζεται από τις πραγματικές τιμές του λόγου των θανάτων προς τα κυκλοφορούντα οχήματα.

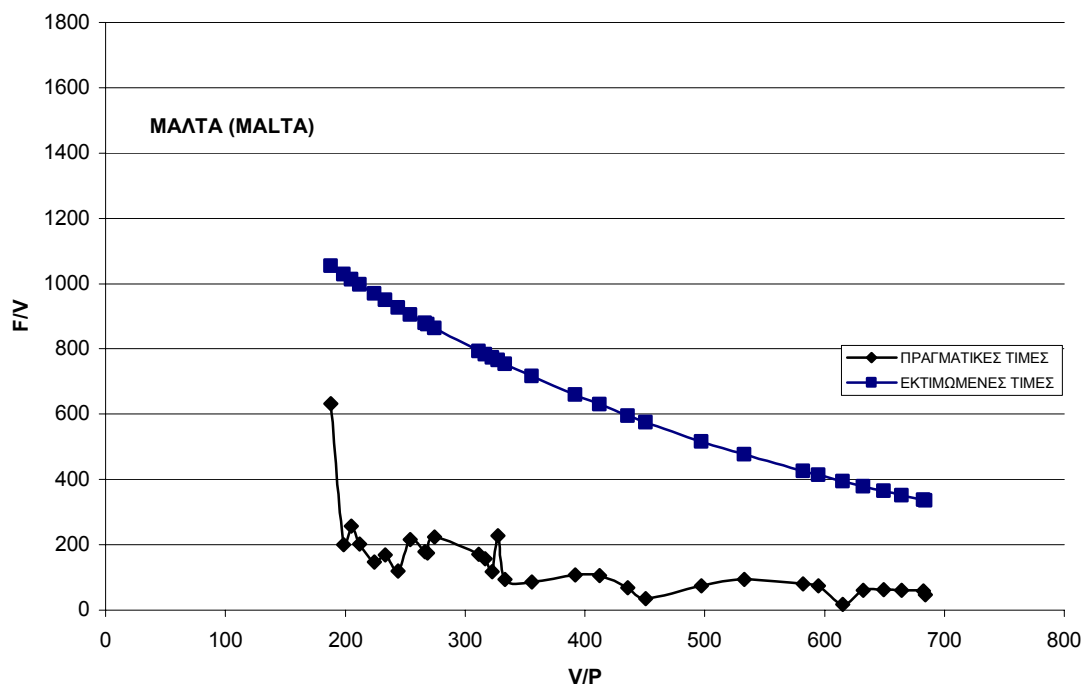
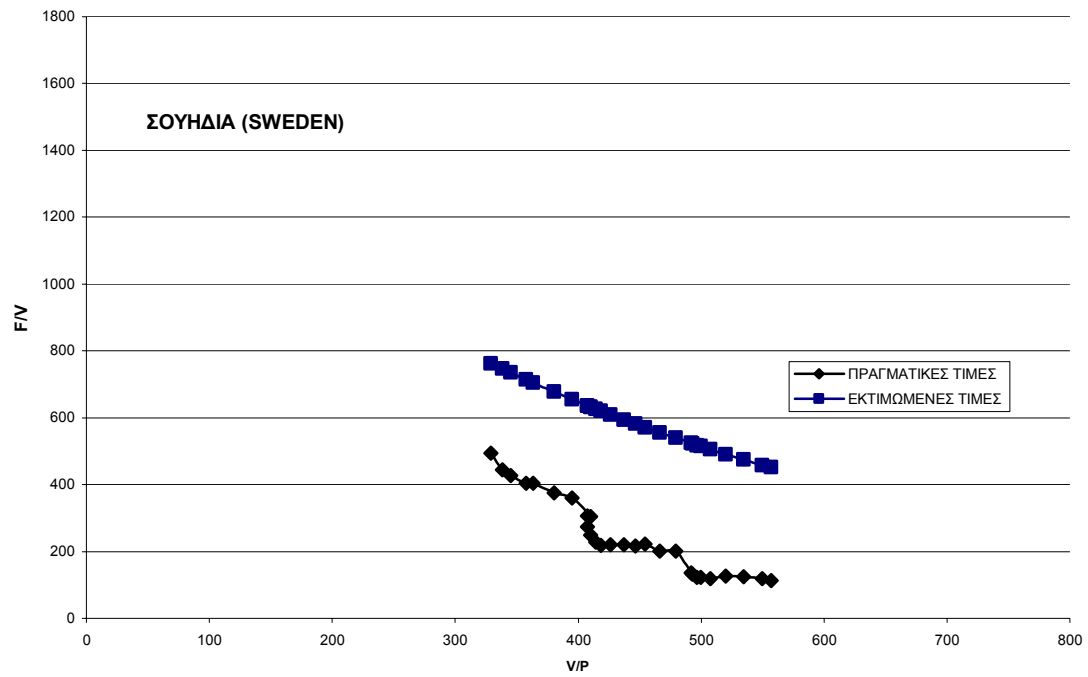
Η σύγκριση μεταξύ των δεδομένων γίνεται σε διαγράμματα με άξονες τις τιμές των δύο λόγων του προτύπου. Στον άξονα των τεταγμένων αντιστοιχεί ο λόγος των θανάτων που οφείλονται σε οδικά ατυχήματα προς τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων και στον άξονα των τετμημένων ο λόγος των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό της κάθε χώρας. **Εάν οι τιμές της πολυωνυμικής συνάρτησης είναι κάτω και αριστερά από τις εκτιμώμενες τιμές, το επίπεδο οδικής ασφάλειας της χώρας είναι υψηλότερο του εκτιμώμενου.** Αντίθετα, εάν οι τιμές της πολυωνυμικής συνάρτησης είναι πάνω και δεξιά από τις εκτιμώμενες τιμές, το επίπεδο οδικής ασφάλειας της χώρας είναι χαμηλότερο του εκτιμώμενου.

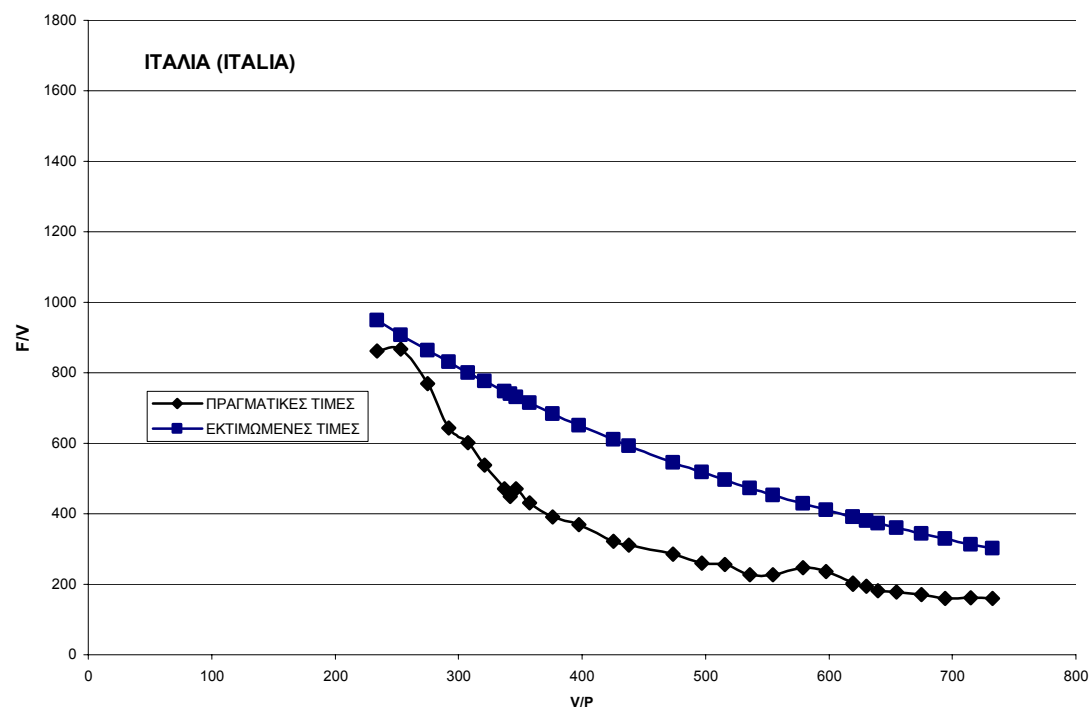
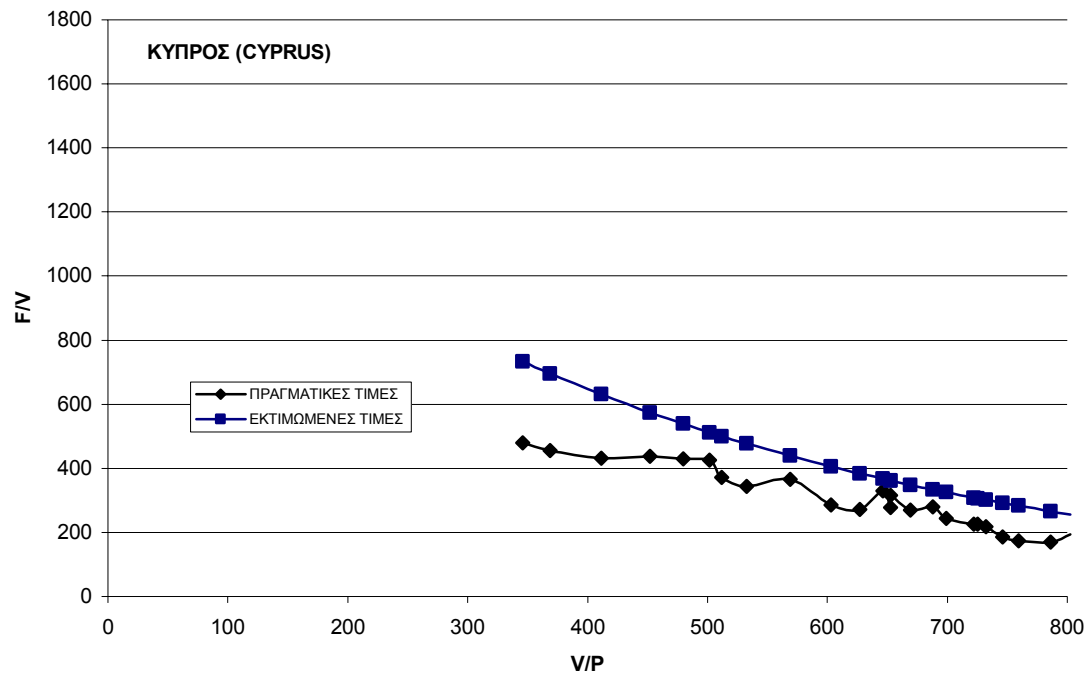
Θα πρέπει στο σημείο αυτό να διευκρινισθεί ότι σκοπός του συγκεκριμένου προτύπου δεν είναι η πραγματοποίηση σύγκρισης των κρατών μεταξύ τους, βάσει της τωρινής επίδοσής τους όσον αφορά στην οδική ασφάλεια. Σκοπός είναι η **αξιολόγηση του κάθε κράτους με βάση την απόκλιση του από την εκτιμώμενη τιμή** για κάθε τιμή του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό. Δεδομένου μάλιστα ότι ο λόγος αυτός με την πάροδο του χρόνου, στα ανεπτυγμένα κράτη, δίνει και την έννοια του χρόνου με διαφορετική όμως περίοδο αναφοράς για κάθε χώρα.

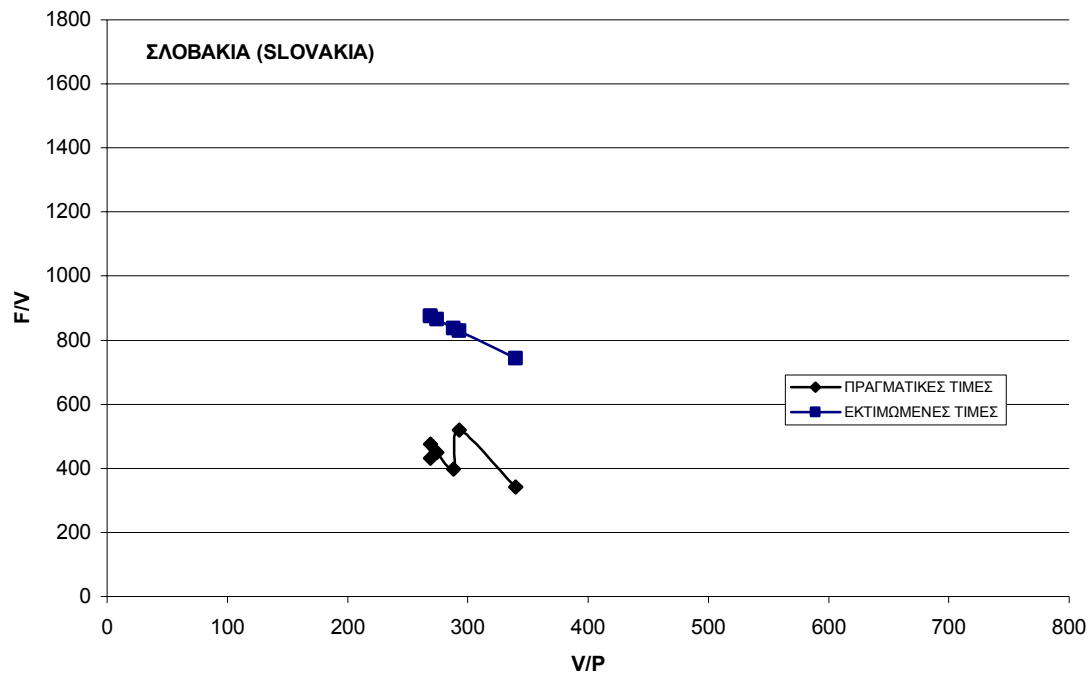
Βάσει των παραπάνω, εξετάζοντας τα διαγράμματα των χωρών παρατηρείται η τάση να **μην έχουν καλύτερη επίδοση χώρες που θεωρητικά έχουν υψηλότερο επίπεδο οδικής ασφάλειας** όπως οι χώρες της βόρειας και δυτικής Ευρώπης. Αντιθέτως μάλιστα, παρουσιάζονται καλύτερες επιδόσεις στις χώρες που θεωρούνται χαμηλότερου επιπέδου οδικής ασφάλειας, δηλαδή στις νότιες και τις ανατολικές.

Τα διαγράμματα στα οποία γίνεται η σύγκριση ακολουθούν ξεχωριστά για κάθε χώρα. Σε κάθε διάγραμμα, οι πραγματικές τιμές του λόγου των θανάτων προς τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων παρουσιάζονται με μαύρο χρώμα και οι εκτιμώμενες μέσες τιμές με μπλε.



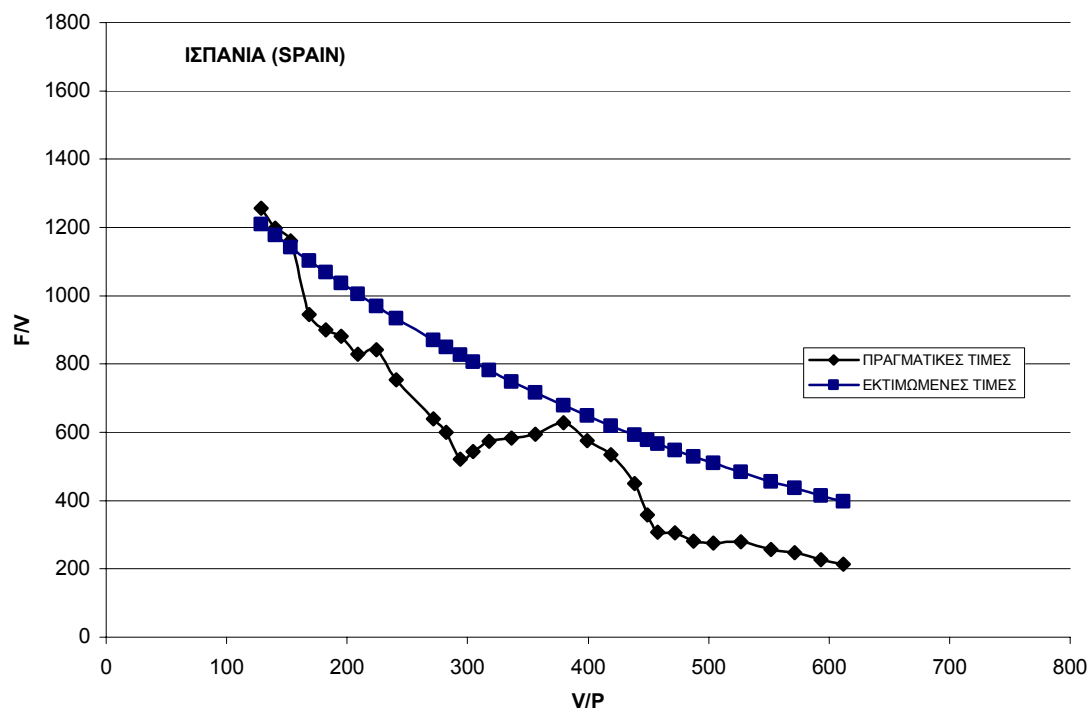
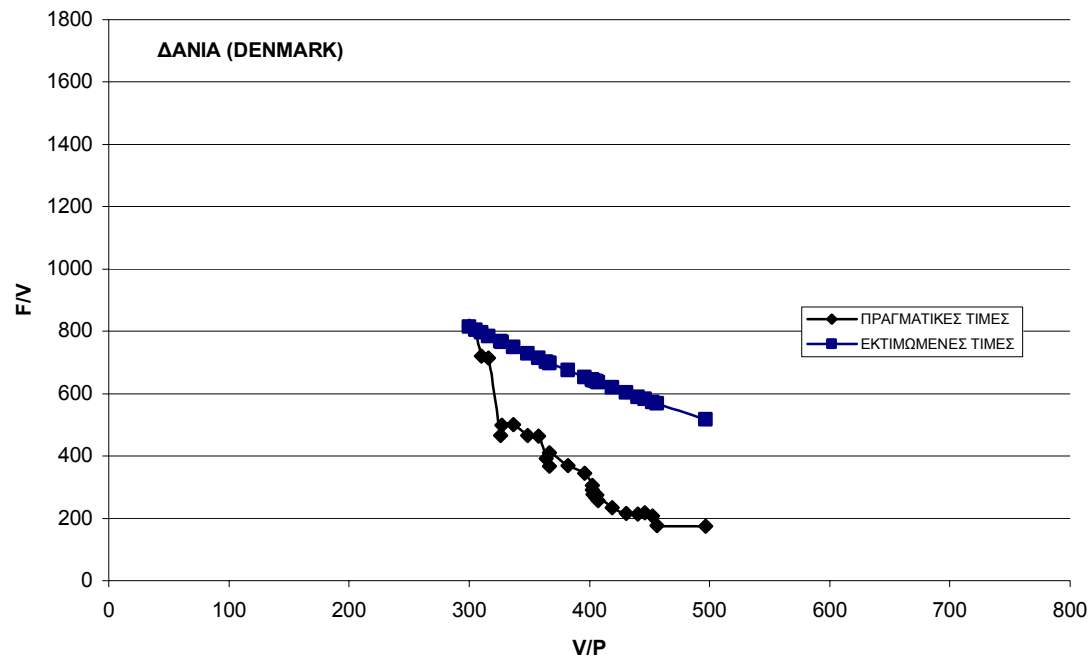


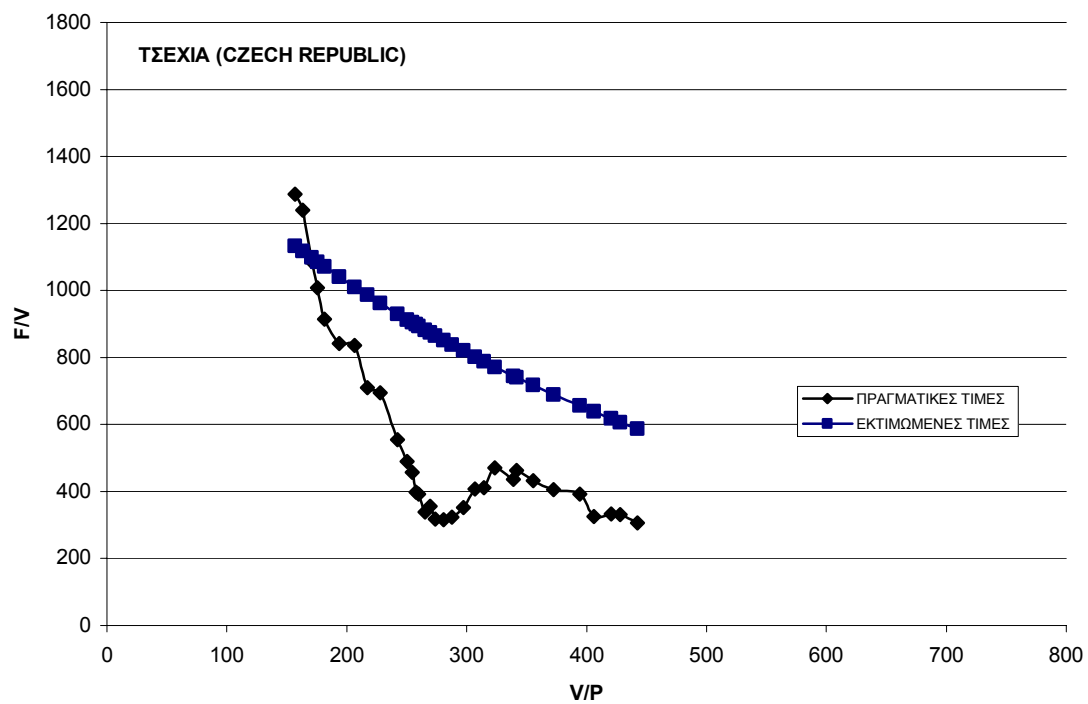
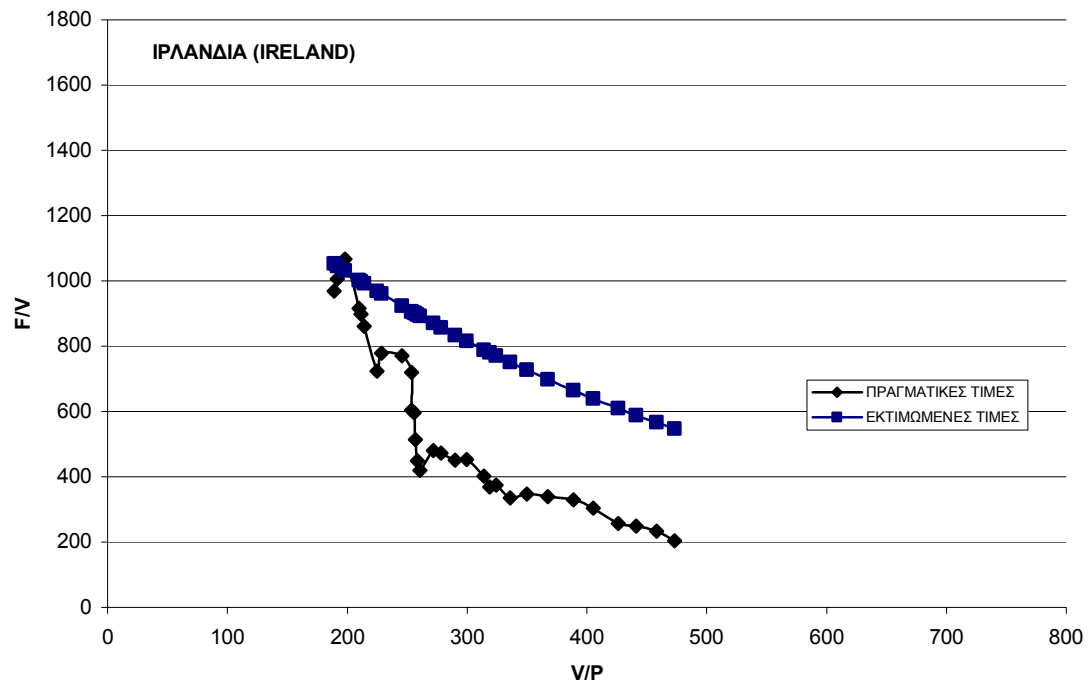


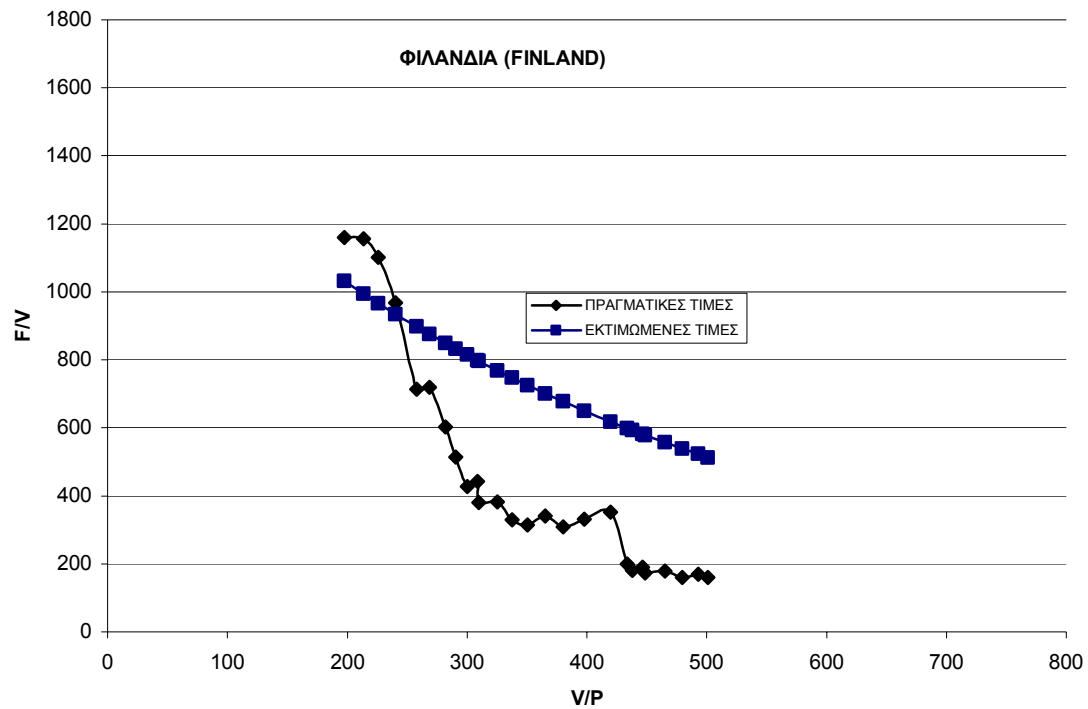


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1 Τα διαγράμματα των χωρών: Μεγάλη Βρετανία, Σουηδία, Μάλτα, Κύπρος, Ιταλία, Σλοβακία.

Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα διαπιστώνεται ότι στις χώρες Μεγάλη Βρετανία, Σουηδία, Μάλτα, Κύπρος, Ιταλία και Σλοβακία οι πραγματικές τιμές του λόγου του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες εκτιμώμενες τιμές για όλη τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου. Κατά συνέπεια, στις χώρες αυτές τις τελευταίες δεκαετίες το επίπεδο οδικής ασφάλειας ήταν υψηλότερο του εκτιμώμενου μέσου επιπέδου.

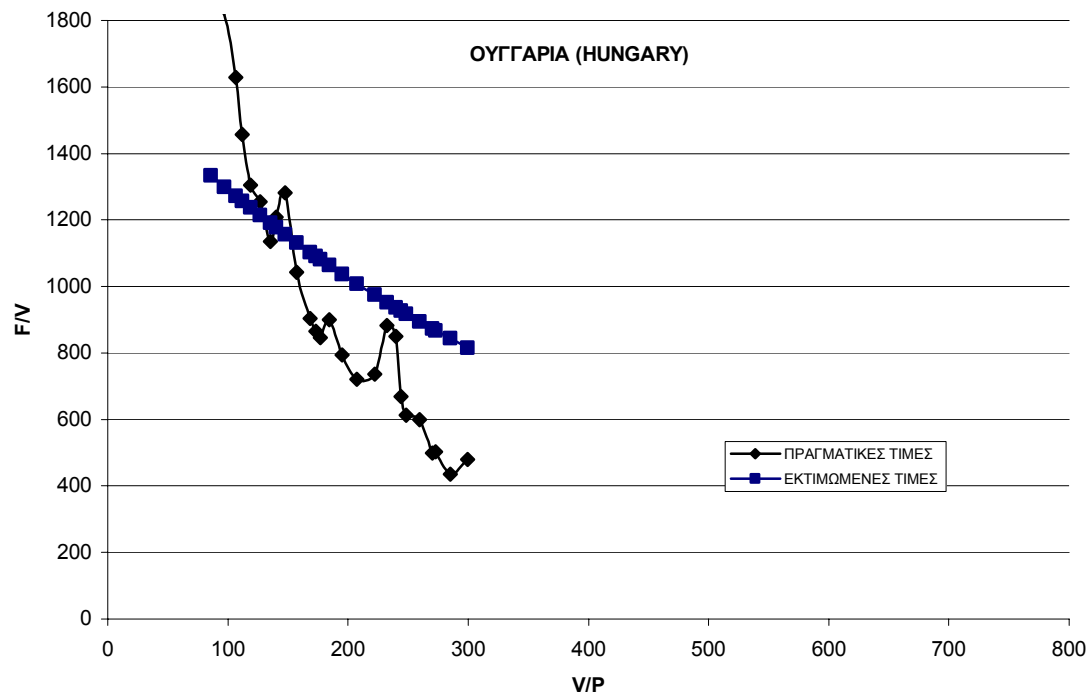
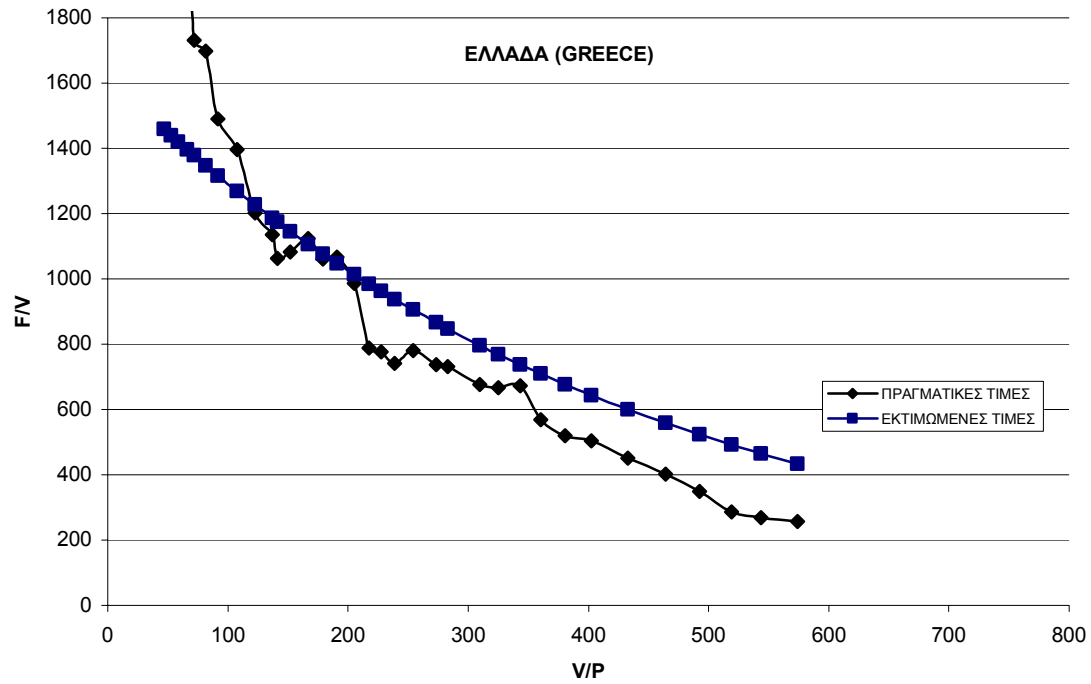


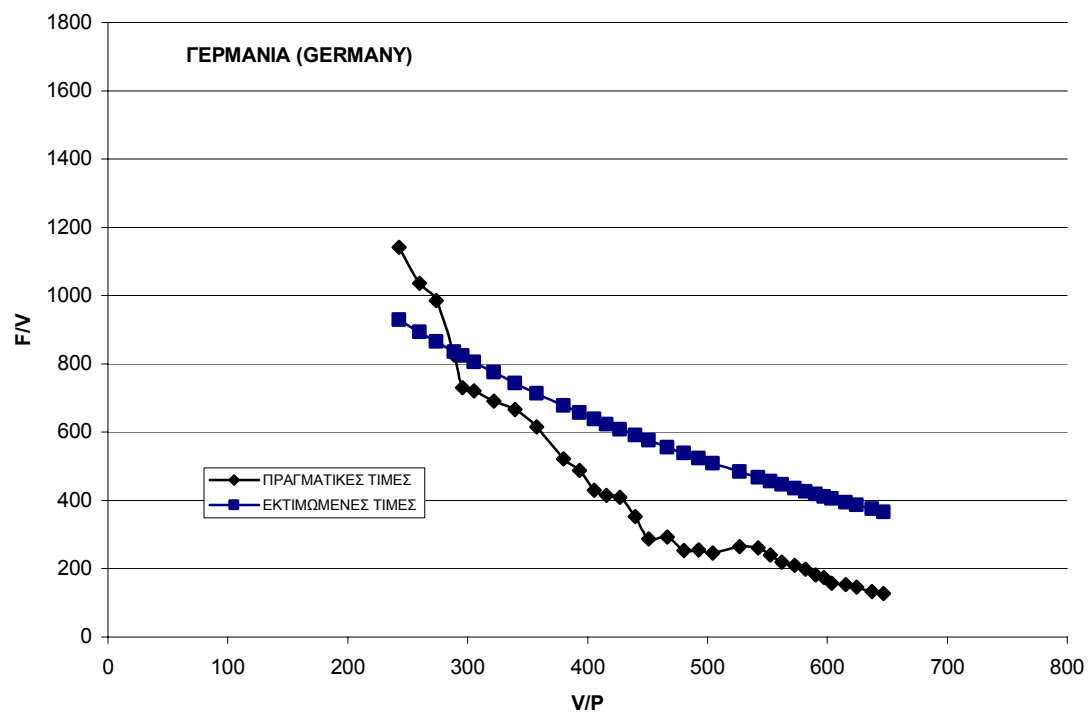
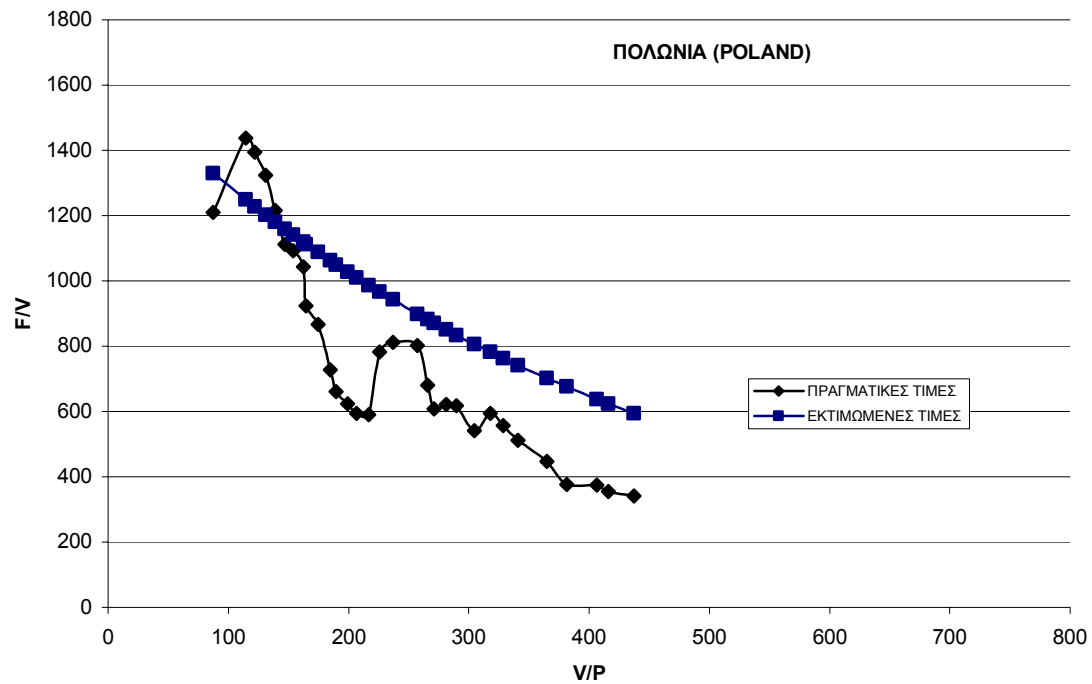


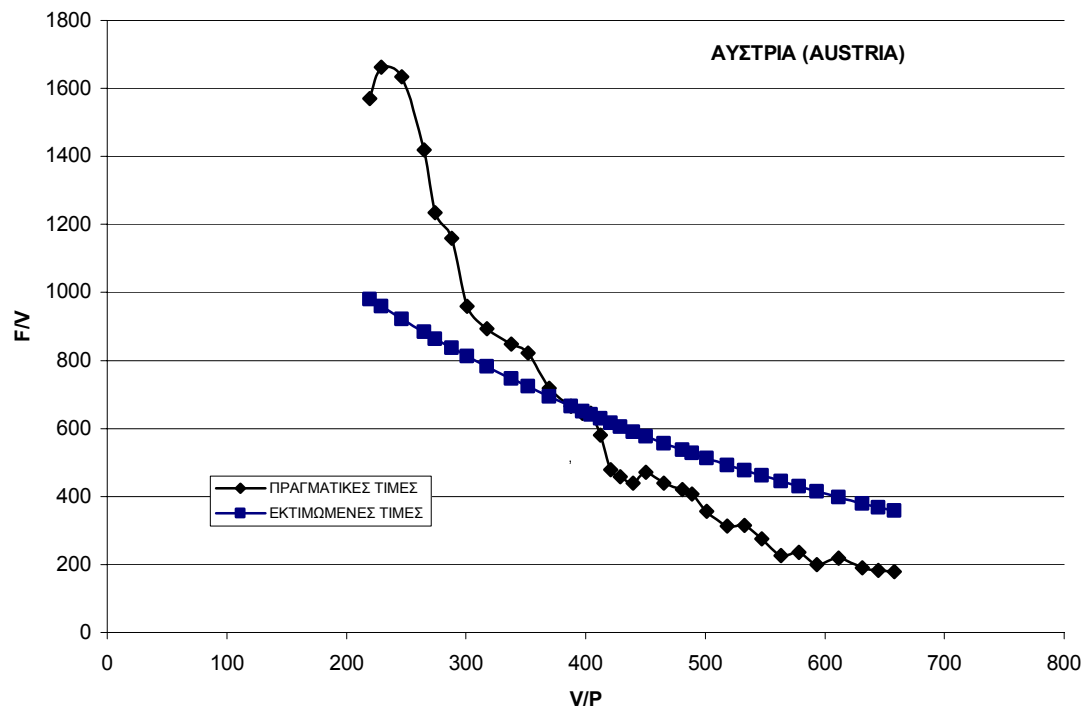
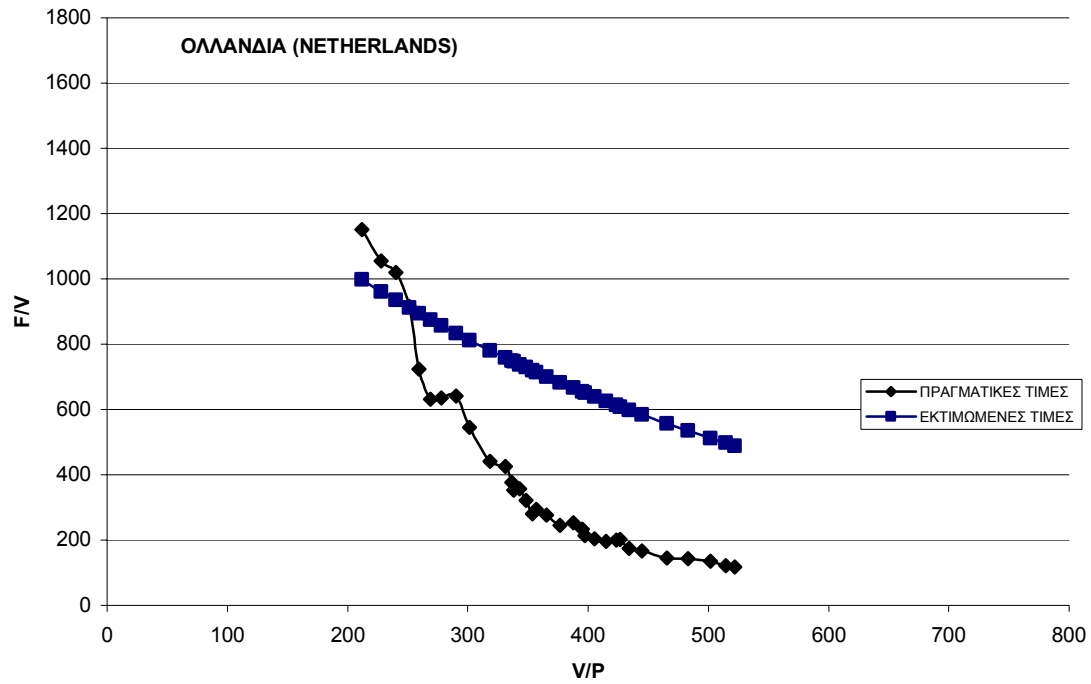


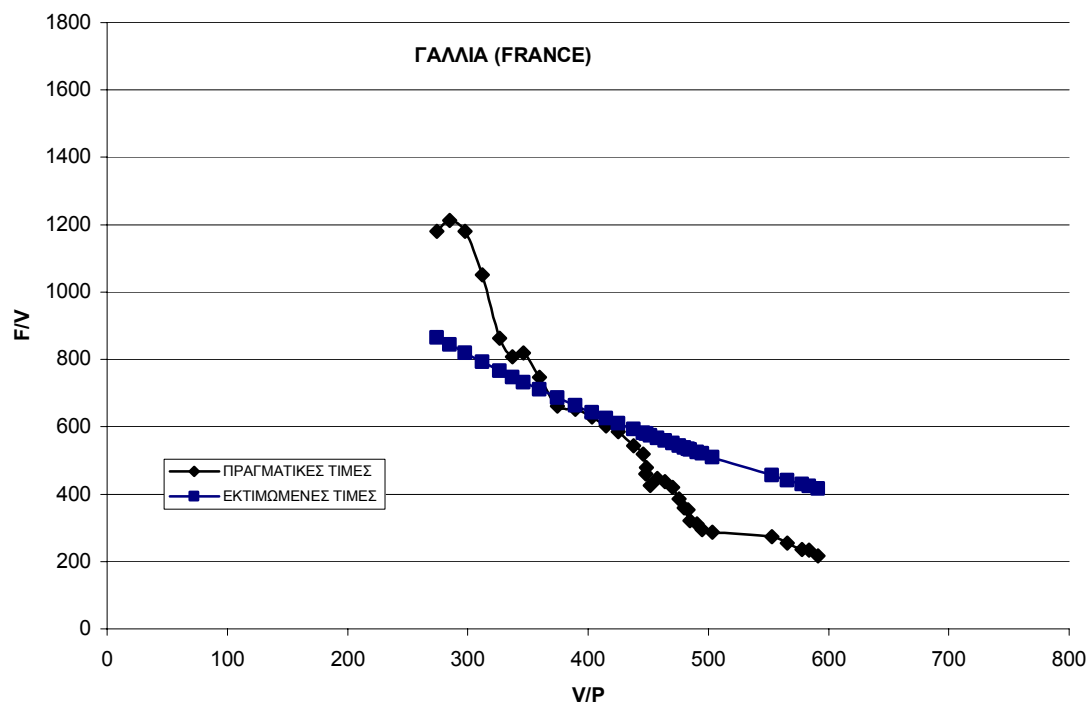
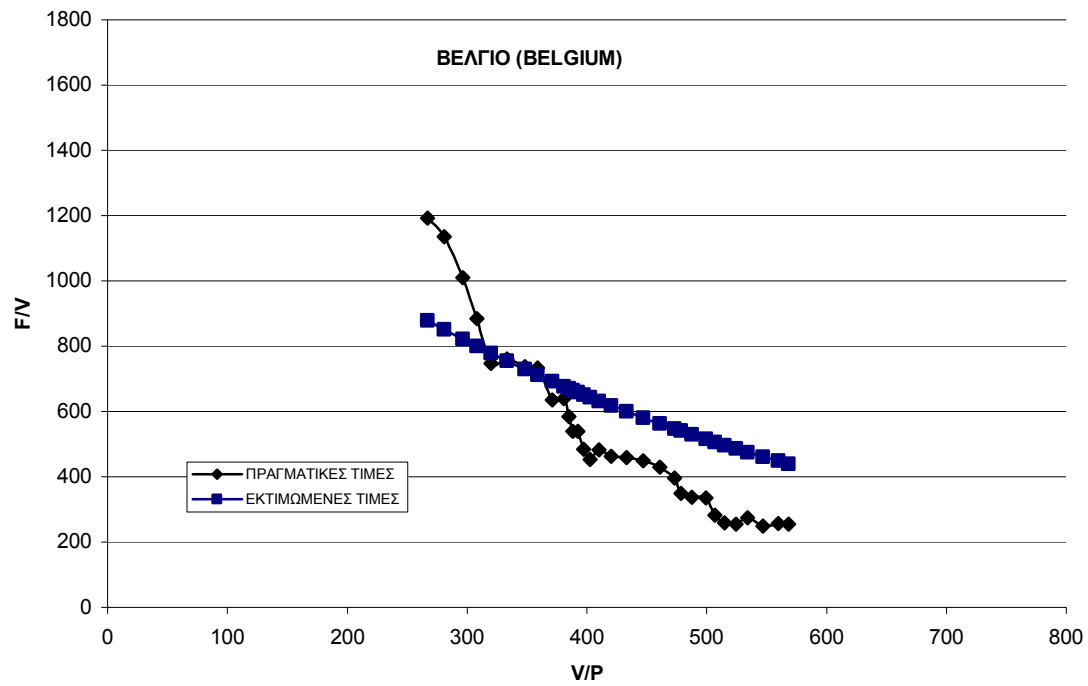
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2 Τα διαγράμματα των χωρών: Δανία, Ισπανία, Ιρλανδία, Φιλανδία.

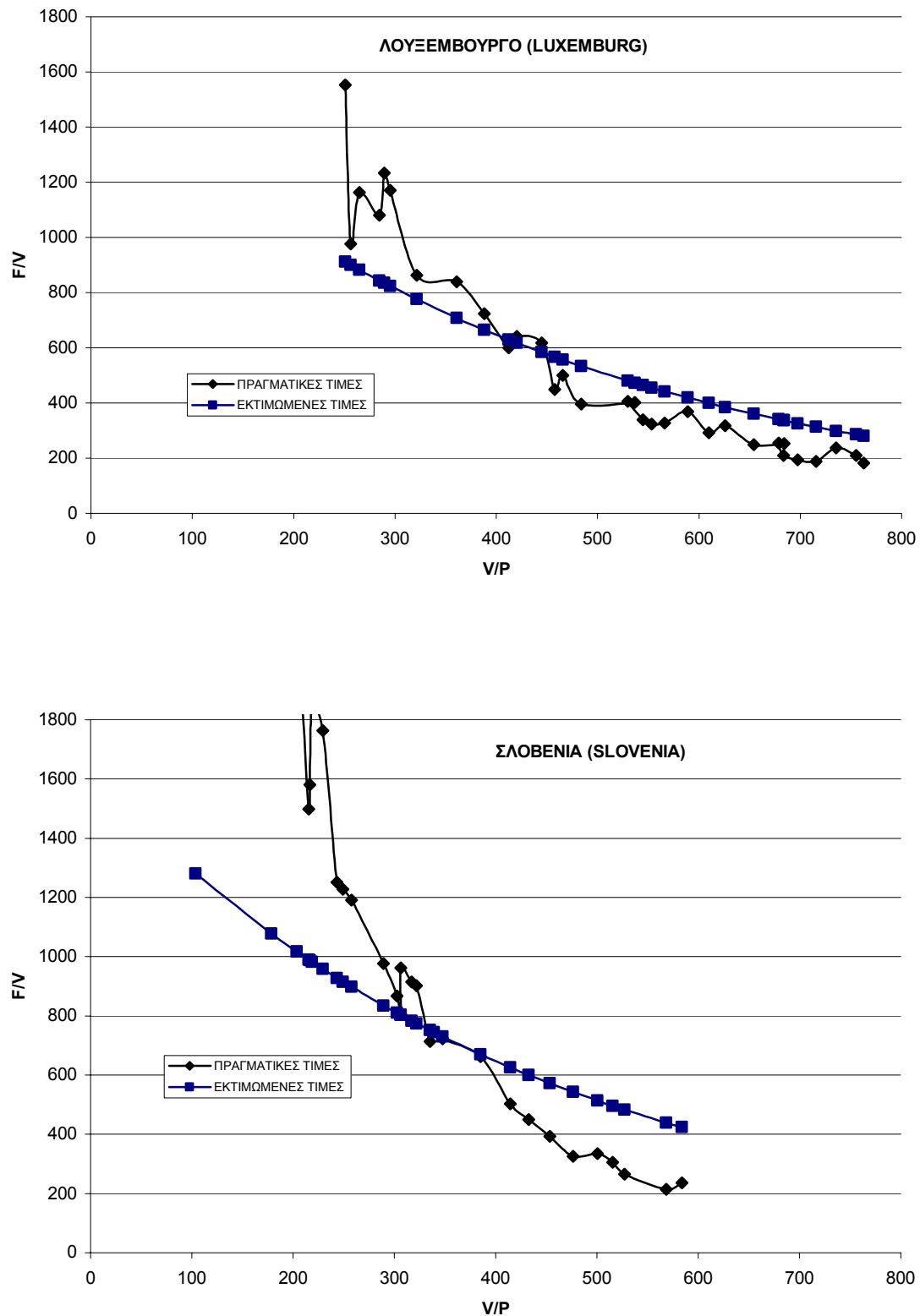
Το ίδιο παρατηρείται και στα παραπάνω διαγράμματα που αντιστοιχούν στις χώρες Δανία, Ισπανία, Ιρλανδία και Φιλανδία, με εξαίρεση λίγα έτη στην αρχή των παρατηρήσεων, με χαμηλή τιμή του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό, τα οποία έχουν οριακά υψηλότερες τιμές. Η σημασία του γεγονότος αυτού είναι ότι το επίπεδο οδικής ασφάλειας είναι υψηλότερο του εκτιμώμενου μέσου με εξαίρεση τα προαναφερθέντα έτη.











ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3 Τα διαγράμματα των χωρών: Ελλάδα, Ουγγαρία, Πολωνία, Γερμανία, Ολλανδία, Αυστρία, Βέλγιο, Γαλλία, Λουξεμβούργο και Σλοβενία.

Από τα παραπάνω διαγράμματα οδηγείται κανείς στο συμπέρασμα ότι η σχέση μεταξύ πραγματικών και εκτιμώμενων τιμών του λόγου των θανάτων προς τα οχήματα δεν παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης

περιόδου. Συγκεκριμένα, τα πρώτα έτη, που ταυτόχρονα αντιστοιχούν στις μικρότερες τιμές του λόγου του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό, οι παραπάνω χώρες έχουν επίπεδο οδικής ασφάλειας χαμηλότερο από το εκτιμώμενο, ενώ τα επόμενα έτη που αντιστοιχούν στις μεγαλύτερες τιμές του λόγου, έχουν επίπεδο οδικής ασφάλειας υψηλότερο από το εκτιμώμενο. Η τιμή του λόγου των οχημάτων προς τον πληθυσμό, στην οποία παρουσιάζεται μεταβολή στο είδος της σχέσης μεταξύ πραγματικών και εκτιμώμενων τιμών ποικίλει για κάθε χώρα. Για την Ελλάδα, την Ουγγαρία και την Πολωνία το σημείο της αλλαγής βρίσκεται μεταξύ των τιμών 100 και 200. Για τη Φιλανδία, τη Γερμανία και την Ολλανδία βρίσκεται μεταξύ των τιμών 200 και 300, και για τις υπόλοιπες μεταξύ των τιμών 300 και 400.

Από τις χώρες που μελετήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η Πορτογαλία είναι η μόνη χώρα στην οποία οι πραγματικές τιμές του λόγου του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές του προτύπου παλινδρόμησης. Η απόκλιση των στοιχείων της Πορτογαλίας από την καμπύλη του προτύπου εμφανίζει τάση μείωσης μέσα στο χρόνο. Σε κάθε περίπτωση η εξήγηση της διαφοράς του συγκεκριμένου κράτους χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι σε όλες τις εξεταζόμενες χώρες παρατηρείται **μια τάση διαρκούς μείωσης των πραγματικών τιμών του λόγου του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων** και κατά συνέπεια μία τάση διαρκούς βελτίωσης του επιπέδου της οδικής ασφαλείας.

Στα παραπάνω διαγράμματα σύγκρισης των εθνικών στοιχείων με εκείνα του προτύπου παρατηρείται ότι στις υψηλές τιμές του λόγου Οχήματα προς Πληθυσμό, κανένα κράτος δεν εμφάνισε επιδόσεις χειρότερες από το μέσο εκτιμώμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας (εξαίρεση η Πορτογαλία), γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το πρότυπο δεν βρίσκει καλή εφαρμογή στις τιμές αυτές. Το γεγονός αυτό πιθανώς εξηγείται από το φαινόμενο της ετεροσκεδαστικότητας το οποίο συχνά εμφανίζεται στην παλινδρόμηση και ιδιαίτερα στις ακραίες περιοχές των εξεταζόμενων πληθυσμών. Κατά συνέπεια, η χρήση του προτύπου στις περιοχές αυτές πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή.

Βάσει του προτύπου που προέκυψε σε αυτή τη φάση της διπλωματικής εργασίας μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα όσον αφορά στην αξιολόγηση του κάθε κράτους, με βάση την απόκλισή του από το εκτιμώμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας για κάθε τιμή του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό, όπως έχει ήδη πραγματοποιηθεί παραπάνω.

Η χρησιμότητα του προτύπου όμως δεν περιορίζεται μόνο σε αυτό. Οι χώρες που παρουσιάζουν υψηλότερο από το εκτιμώμενο επίπεδο μπορούν να αποτελέσουν παράδειγμα προς μίμηση για τις υπόλοιπες χώρες ειδικά για

εκείνες που εξακολουθούν να είναι οριακά μεγαλύτερες από το μέσο εκτιμώμενο επίπεδο. Παράλληλα, μπορεί να πραγματοποιηθεί ανταλλαγή εμπειριών σε θέματα στρατηγικής οδικής ασφάλειας, με αποτέλεσμα τον προσδιορισμό λύσεων με τις οποίες οι χώρες με χαμηλότερες επιδόσεις θα μπορέσουν να βελτιωθούν.

5.3 ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥ ΒΑΣΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ ΤΩΝ ΘΑΝΑΤΩΝ ΠΡΟΣ ΤΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

5.3.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στη φάση αυτή πραγματοποιήθηκε **συσχέτιση του λόγου του αριθμού των θανάτων σε οδικά ατυχήματα προς τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων με τον λόγο του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό και με το Α.Ε.Π. ανά κάτοικο** δηλαδή τον λόγο του Α.Ε.Π. προς τον πληθυσμό.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε στη φάση αυτή είναι όμοια με εκείνη που ακολουθήθηκε στην προηγούμενη φάση. Για την πραγματοποίηση της διαδικασίας της παλινδρόμησης απαιτήθηκε αρχικά μία επέκταση της αρχικής βάσης δεδομένων της προηγούμενης φάσης, με την προσθήκη του Α.Ε.Π.. Η **αρχική βάση δεδομένων** της φάσης αυτής είχε την παρακάτω μορφή:

Year (Y) (έτος)	Country (C) (χώρα)	Fatalities (F) (θάνατοι)	Vehicles (V) (οχήματα)	Population (P) (πληθυσμός)	F/V	V/P	GDP (Α.Ε.Π.)	GDP/P

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4 Η αρχική βάση δεδομένων της δεύτερης φάσης.

Η βάση αυτή πριν την εισαγωγή της στο ειδικό στατιστικό λογισμικό επεκτάθηκε όπως και στην προηγούμενη φάση και τελικά είχε την εξής μορφή:

Y	C	F	V	P	F/V	V/P	GDP

GDP/P	Log(F/V)	Ln(F/V)	(F/V) ²	Log(V/P)	Ln(V/P)	(V/P) ²

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 Η τελική βάση δεδομένων της δεύτερης φάσης.

5.3.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

Τη δημιουργία της τελικής βάσης δεδομένων ακολουθεί η εισαγωγή της ως αρχείο εισόδου στο ειδικό στατιστικό λογισμικό. Στη συνέχεια καθορίζονται στο αρχείο ελέγχου, με τη χρήση της γραμμικής παλινδρόμησης τα **πιθανά πρότυπα** συσχέτισης. Στην περίπτωση αυτή ως εξαρτημένη μεταβλητή επιλέγεται κάποια από τις F/V , $\log(F/V)$, $\ln(F/V)$ ή $(F/V)^2$, ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές κάποια από τις: V/P , $\log(V/P)$, $\ln(V/P)$, $(V/P)^2$ και κάποια από τις GDP , GDP/P . Τα πιθανά πρότυπα προκύπτουν από τους παραπάνω συνδυασμούς μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών.

Επόμενο βήμα είναι ο στατιστικός έλεγχος των προτύπων με σκοπό την επιλογή εκείνου που προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα. Για τον έλεγχο αυτό γίνεται χρήση του συντελεστή συσχέτισης R^2 και του δείκτη t (student). Ο έλεγχος συνεχίζεται, εξετάζοντας το μέγεθος επιρροής του σταθερού όρου, που δεν πρέπει να υπερβαίνει την επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών. Φυσικά πρέπει να εξεταστεί εάν τα αποτελέσματα του προτύπου οδηγούν σε λογικά συμπεράσματα και εάν μπορούν να ερμηνευτούν με βάση τις επικρατούσες συνθήκες και αντιλήψεις.

5.3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Βάσει των προαναφερθέντων κριτηρίων, έγινε η επιλογή του καταλληλότερου προτύπου. Το πρότυπο αυτό είναι ένα **πρότυπο γραμμικής παλινδρόμησης** με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$F/V = 170,913 - 0,067 GDP/P + 0,217 V/P$$

Το πρότυπο αυτό παρουσίαζε σχετικά χαμηλό συντελεστή συσχέτισης R^2 ίσο με 0,104. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές του προτύπου παρουσίασαν τις ακόλουθες τιμές του δείκτη t , οι οποίες είναι ικανοποιητικές.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Τιμή συντελεστή t
Σταθερός όρος (170,913)	7,143
GDP/P	-6,567
V/P	3,296

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6 Τιμές συντελεστή t του σταθερού όρου και των ανεξάρτητων μεταβλητών του προτύπου.

Από το πρόσημο που έχουν οι συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για το είδος της επίδρασης που έχει η κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή στην εξαρτημένη. Ο συντελεστής του Α.Ε.Π. ανά κάτοικο έχει αρνητικό πρόσημο πράγμα που σημαίνει ότι

επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή αντιστρόφως ανάλογα ενώ ο συντελεστής του λόγου του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό έχει θετικό πρόσημο και κατά συνέπεια επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή ανάλογα.

Για να έχουμε ένα αριθμητικό μέτρο της επίδρασης της κάθε μεταβλητής στη διαμόρφωση του προτύπου θα πρέπει να υπολογίσουμε τις αντίστοιχες ελαστικότητες. Η ελαστικότητα του Α.Ε.Π. ανά κάτοικο προς την εξαρτημένη μεταβλητή ισούται με $-0,558$, γεγονός που σημαίνει ότι αύξηση 1% στην ανεξάρτητη μεταβλητή οδηγεί σε μείωση κατά $0,558\%$ στην εξαρτημένη. Η ελαστικότητα του λόγου του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό ισούται με $1,778$ που σημαίνει ότι αύξηση στην ανεξάρτητη μεταβλητή κατά 1% οδηγεί σε αύξηση κατά $1,778\%$ στην εξαρτημένη.

Με τον υπολογισμό των ελαστικοτήτων των δύο ανεξάρτητων μεταβλητών μπορεί να διαπιστωθεί ποια από τις δύο μεταβλητές είναι σημαντικότερη στατιστικά. Στατιστικά σημαντικότερη μεταβλητή είναι ο λόγος του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό και συγκεκριμένα είναι σημαντικότερη από το Α.Ε.Π. ανά κάτοικο κατά $3,186$ μονάδες, όπως προκύπτει από τον λόγο των δύο ελαστικοτήτων που υπολογίσθηκαν παραπάνω.

5.3.4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Το πρότυπο που παρουσιάστηκε παραπάνω, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη του επιπέδου οδικής ασφάλειας των χωρών που λήφθηκαν υπόψη στη διαδικασία της παλινδρόμησης. Για την πραγματοποίηση του ελέγχου απαιτείται η δημιουργία διαγραμμάτων όπως και στην προηγούμενη φάση, με σκοπό τη σύγκριση των εκτιμώμενων τιμών του λόγου του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων με τις πραγματικές τιμές του λόγου. Η δημιουργία των διαγραμμάτων ακολουθήθηκε από την εξαγωγή συμπερασμάτων για το επίπεδο της οδικής ασφάλειας σε κάθε χώρα. Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο προτύπων που έχουν αναπτυχθεί προέκυψε η ύπαρξη **διαφορετικών αποτελεσμάτων** για το επίπεδο οδικής ασφάλειας των χωρών. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην αναζήτηση των αιτιών του προβλήματος αυτού. Μία ενδεχόμενη αιτία θεωρήθηκε η ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των δύο ανεξάρτητων μεταβλητών και απαιτήθηκε διερεύνησή της.

5.3.5. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΑΡΞΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Έχει ήδη αναφερθεί στο παραπάνω υποκεφάλαιο ότι λόγω της ανάπτυξης ενός προτύπου παλινδρόμησης με δύο ανεξάρτητες μεταβλητές υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ τους και για τον λόγο αυτό

πρέπει να διερευνηθεί. Με τον όρο **συσχέτιση** εννοείται η επιρροή αυξομειώσεων των τιμών της μίας μεταβλητής στις τιμές της άλλης. Σε περίπτωση ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών το πρότυπο είναι ακατάλληλο να χρησιμοποιηθεί γιατί η χρήση του θα οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα.

Η **διερεύνηση της ύπαρξης συσχέτισης** μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι με τη χρήση του ειδικού στατιστικού λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή του προτύπου. Το ειδικό στατιστικό λογισμικό εκτός από την πραγματοποίηση παλινδρόμησης περιέχει και τη δυνατότητα ελέγχου της ύπαρξης συσχέτισης (correlation). Σε αρχείο εισόδου του λογισμικού αυτού εισάγεται ξανά η τελική βάση δεδομένων της φάσης αυτής και καθορίζονται στο αρχείο ελέγχου ως εξεταζόμενες μεταβλητές ο λόγος του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό (V/P) και το Α.Ε.Π. ανά κάτοικο (GDP/P), δηλαδή οι ανεξάρτητες μεταβλητές του προτύπου.

Η διαδικασία της συσχέτισης πραγματοποιήθηκε με τρεις διαφορετικές μεθόδους (Pearson, Kendall και Spearman), οι οποίες οδήγησαν όλες στο ίδιο αποτέλεσμα, **την ύπαρξη δηλαδή συσχέτισης μεταξύ των δύο μεταβλητών για επίπεδο εμπιστοσύνης 0,01**. Τα αποτελέσματα της κάθε μεθόδου παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

		VEHICLES	GDP
Pearson Correlation	VEHICLES	1	0,941(**)
	GDP	0,941(**)	1

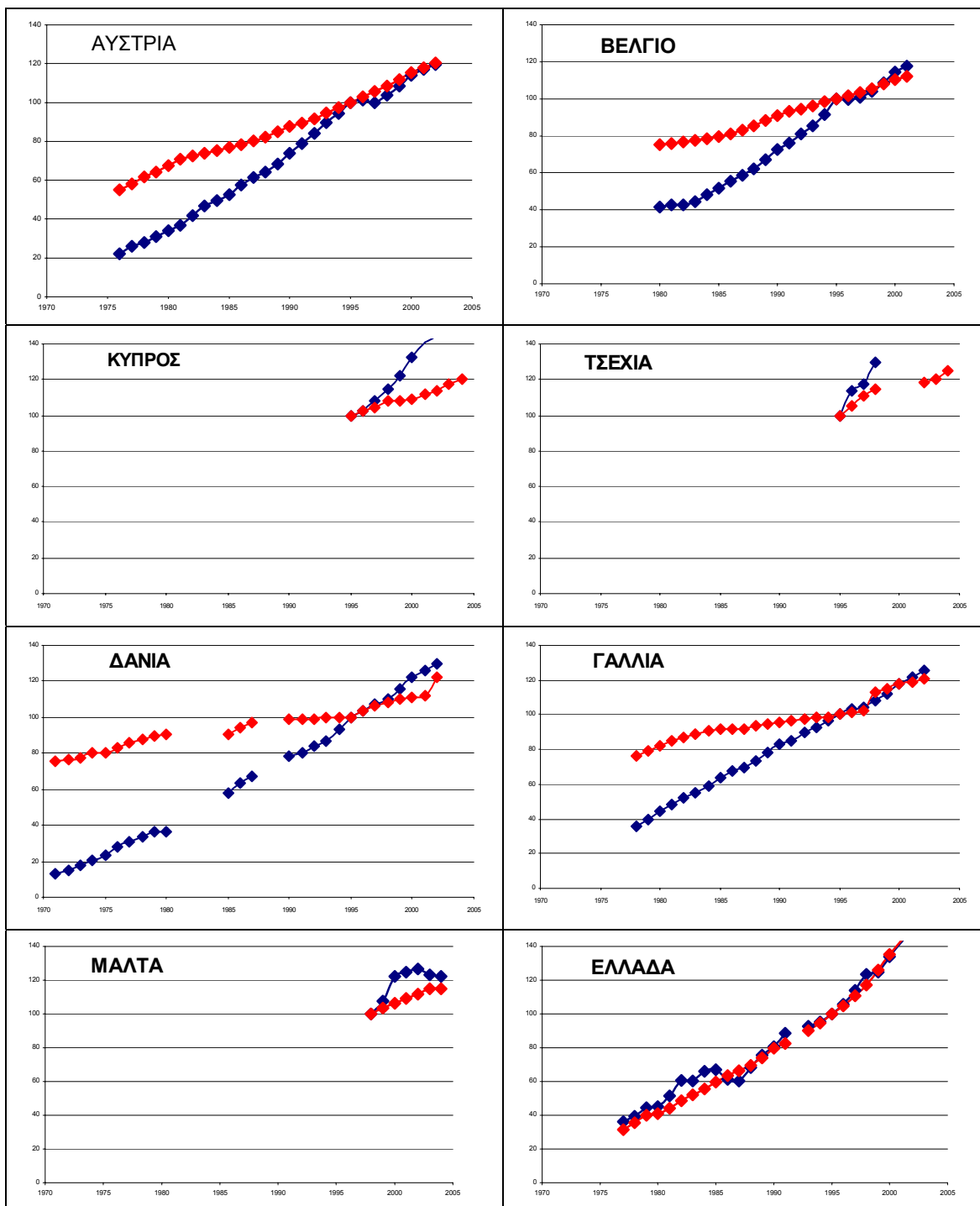
		VEHICLES	GDP
Kendall's tau_b correlation	VEHICLES	1,000	0,802(**)
	GDP	0,802(**)	1,000
Spearman's rho correlation	VEHICLES	1,000	0,936(**)
	GDP	0,936(**)	1,000

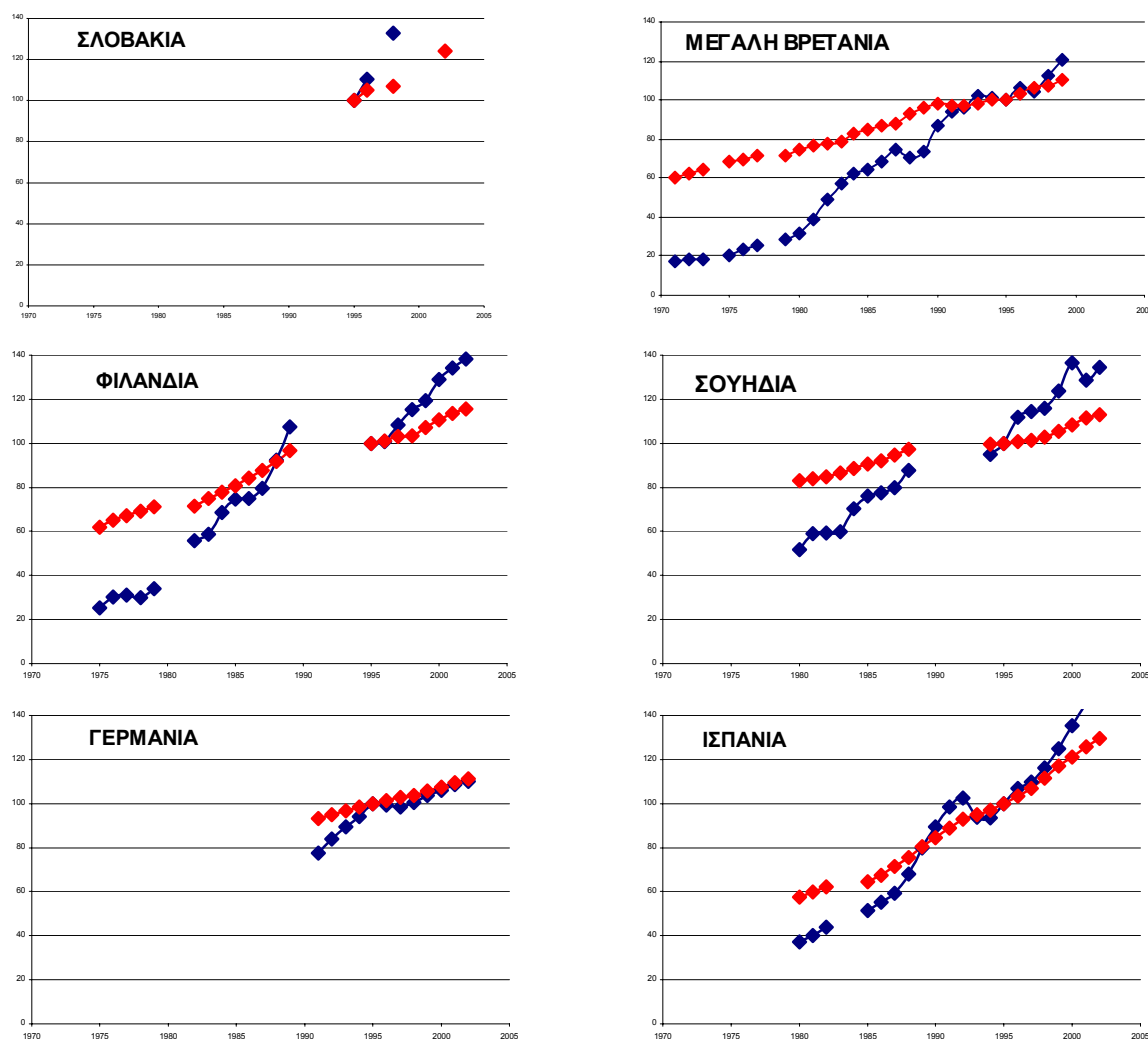
**** Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,01.**

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7 Τα αποτελέσματα της συσχέτισης με τις μεθόδους Pearson Kendall και Spearman.

Ο δεύτερος τρόπος διερεύνησης της ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ των δύο ανεξάρτητων μεταβλητών είναι γραφικός. Παρουσιάζονται ξεχωριστά για κάθε χώρα η διαχρονική εξέλιξη των δύο μεταβλητών στο ίδιο διάγραμμα. Εάν οι δύο μεταβλητές παρουσιάζουν τις ίδιες τάσεις εξέλιξης με την πάροδο του χρόνου τότε υπάρχει συσχέτιση μεταξύ τους. Πρέπει στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι για να είναι τα διαγράμματα συγκρίσιμα για κάθε χώρα θεωρήθηκε ότι στο έτος 1995 αντιστοιχεί η τιμή 100 τόσο για το Α.Ε.Π. ανά κάτοικο όσο και για τον λόγο του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων

προς τον πληθυσμό. Τα διαγράμματα αυτά παρουσιάζονται παρακάτω. Στον άξονα των τετμημένων αντιστοιχούν τα εξεταζόμενα έτη και στον άξονα των τεταγμένων οι τιμές των δύο λόγων. Ο λόγος του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό παρουσιάζεται στο διάγραμμα με κόκκινο χρώμα ενώ το Α.Ε.Π. ανά κάτοικο παρουσιάζεται με μπλε.





ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.4 Τα διαγράμματα συσχέτισης των χωρών που χρησιμοποιήθηκαν στη διαδικασία της παλινδρόμησης.

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι ο λόγος του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό και το Α.Ε.Π. ανά κάτοικο ακολουθούν **αύξουσα πορεία** με την πάροδο του χρόνου. Εκτός αυτού όμως παρατηρείται και μία σχεδόν **σταθερή γωνία** μεταξύ των δύο καμπυλών που απεικονίζουν τους λόγους. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των δύο λόγων, όπως άλλωστε είχε προκύψει και από την προηγούμενη μεθοδολογία.

Η ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των δύο εξεταζόμενων λόγων έχει λογική εξήγηση, αφού αύξηση ή μείωση του Α.Ε.Π. μίας χώρας είναι δυνατόν να οδηγήσει σε αύξηση ή μείωση αντίστοιχα των πωλήσεων οχημάτων ιδιωτικής χρήσης (Ι.Χ.) και άρα οδηγεί σε αύξηση ή μείωση του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων. Έχει ήδη αναφερθεί ότι η **ύπαρξη συσχέτισης** μεταξύ των δύο ανεξάρτητων μεταβλητών θα οδηγούσε στο συμπέρασμα ότι το **εξαγόμενο πρότυπο** από αυτή τη φάση της διπλωματικής εργασίας **δεν**

είναι αξιόπιστο. Σε περίπτωση που θα χρησιμοποιηθεί θα οδηγήσει πιθανώς σε εσφαλμένα συμπεράσματα, γι' αυτό δεν συνιστάται η περαιτέρω χρήση του.

5.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΘΑΝΑΤΩΝ

5.4.1. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στην τρίτη φάση της διπλωματικής εργασίας επιχειρήθηκε η ανάπτυξη ενός **προτύπου συσχέτισης μεταξύ του αριθμού των θανάτων σε οδικά ατυχήματα και δύο μεταβλητών, του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων και του πληθυσμού της κάθε χώρας.** Όμοια με τις υπόλοιπες δύο φάσεις της διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκε μία αρχική βάση δεδομένων. Στη συνέχεια, για την πραγματοποίηση της διαδικασίας της παλινδρόμησης απαιτήθηκε η δημιουργία και μίας νέας βάσης δεδομένων. Η **αρχική και η τελική μορφή της βάσης δεδομένων** είναι οι ακόλουθες.

Year (Y) (έτος)	Country (C) (χώρα)	Fatalities (F) (θάνατοι)	Vehicles (V) (οχήματα)	Population (P) (πληθυσμός)	V/P

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8 Η αρχική βάση δεδομένων της τρίτης φάσης.

Y	C	F	V	P	V/P	LogF	LnF	F ²

1/F	LogV	LnF	V ²	1/V	LogP	LnP	P ²	1/P

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9 Η τελική βάση δεδομένων της τρίτης φάσης.

5.4.2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

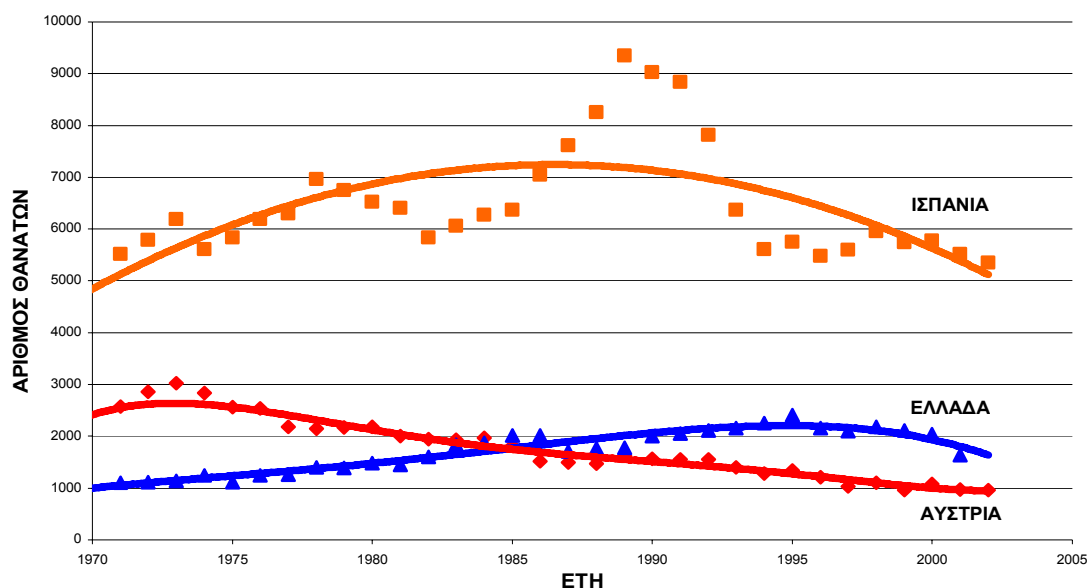
Στη φάση αυτή, έχει ήδη αναφερθεί ότι σκοπός είναι η εξαγωγή ενός προτύπου το οποίο θα εκφράζει την επιρροή του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων και του πληθυσμού στον αριθμό των προκληθέντων θανάτων. Με στόχο την αναζήτηση του προτύπου που θα προσέγγιζε καλύτερα τα δεδομένα, αναπτύχθηκαν χωριστά για κάθε χώρα τα διαγράμματα της διαχρονικής εξέλιξης του αριθμού των θανάτων, για να πραγματοποιηθεί μία σύγκριση μεταξύ τους όσον αφορά τη μορφή της αντίστοιχης καμπύλης.

Με βάση τα διαγράμματα αυτά, παρατηρήθηκε μια **ιδιαιτερότητα στη μορφή της καμπύλης του αριθμού των θανάτων.** Συγκεκριμένα, η καμπύλη αυτή έχει αρχικά αύξουσα τάση, στη συνέχεια σταθεροποιείται για λίγα έτη και στη συνέχεια έχει φθίνουσα τάση. Έχει ήδη αναφερθεί ότι ο λόγος του αριθμού

των οχημάτων προς τον πληθυσμό στις ανεπτυγμένες χώρες αυξάνεται με την πάροδο των ετών και κατά συνέπεια δίνει την έννοια και του χρόνου, με διαφορετική περίοδο αναφοράς για κάθε χώρα. Με άλλα λόγια λοιπόν, η καμπύλη έχει αύξουσα τάση για μικρές τιμές του λόγου, για ενδιαμέσες σταθεροποιείται και για τις μεγαλύτερες τιμές έχει φθίνουσα τάση.

Αρχική επιδίωξη ήταν η προσέγγιση του συνόλου των δεδομένων με ένα μόνο πρότυπο. Η ιδιαιτερότητα όμως της μορφής της καμπύλης, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η μορφή της καμπύλης των θανάτων δεν παρουσιάζεται πλήρης σε όλες τις εξεταζόμενες χώρες, αλλά σε κάθε χώρα παρουσιάζεται ένα τμήμα της, η μορφή του οποίου εξαρτάται από τις τιμές που λαμβάνει ο λόγος του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό στην εξεταζόμενη χρονική περίοδο, οδήγησαν στην αναζήτηση **τριών ξεχωριστών προτύπων** για την περιγραφή της.

Με άλλα λόγια θα μπορούσε να ειπωθεί, ότι ενώ η καμπύλη του αριθμού των θανάτων έχει την ίδια μορφή σε όλες τις χώρες, στην εξεταζόμενη περίοδο η κάθε χώρα βρίσκεται σε **διαφορετική φάση της καμπύλης**, ανάλογα με τις τιμές που παίρνει ο λόγος του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό στην συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Αυτό φαίνεται καθαρά στο παρακάτω διάγραμμα, όπου εμφανίζεται η διαχρονική εξέλιξη του αριθμού των θανάτων για τις χώρες Αυστρία, Ισπανία και Ελλάδα, και προκύπτει ότι οι χώρες αυτές βρίσκονται σε διαφορετική φάση της καμπύλης. Συγκεκριμένα, η Αυστρία παρουσίαζε ανοδική πορεία του αριθμού των θανάτων μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '70 και στη συνέχεια άρχισε μείωσή του. Στην Ισπανία, παρουσιάζονται καθαρά οι τρεις φάσεις της καμπύλης, αρχικά αύξηση των θανάτων, σταθεροποίησή τους στις αρχές της δεκαετίας του '90 και στη συνέχεια μείωσή τους, ενώ η καμπύλη που αντιστοιχεί στα δεδομένα της Ελλάδας μετά από μακρά περίοδο αυξητικής τάσης, σταθεροποιήθηκε στα μέσα της δεκαετίας του '90 και συνέχεια εμφανίζει πτωτική τάση.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.5 Η διαχρονική εξέλιξη του αριθμού των θανάτων στις χώρες Αυστρία, Ισπανία και Ελλάδα.

Τα πρότυπα τα οποία αναπτύχθηκαν αντιστοιχούν σε **διαφορετικό εύρος τιμών** του λόγου του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό. Η επιλογή του εύρους αυτού βασίστηκε στην παρατήρηση των τιμών, στις οποίες η καμπύλη του αριθμού των θανάτων αλλάζει μορφή αλλά και στην πραγματοποίηση δοκιμών. Η πρώτη αλλαγή μορφής, το σημείο δηλαδή στο οποίο σταθεροποιείται ο αριθμός των θανάτων βρίσκεται μεταξύ των τιμών 300 και 350, ενώ η δεύτερη αλλαγή όπου αρχίζει η μείωση του αριθμού των θανάτων, βρίσκεται μεταξύ των τιμών 450 και 500. Κατά συνέπεια τα δεδομένα χωρίστηκαν σε **τρεις ομάδες**. Η πρώτη ομάδα περιείχε τα δεδομένα στα οποία αντιστοιχούσαν τιμές του λόγου μικρότερες του 350, η δεύτερη ομάδα περιείχε τα δεδομένα με τιμές μεταξύ 300 και 500 και η τρίτη ομάδα αυτά με τιμές μεγαλύτερες από 450.

Η διαδικασία της παλινδρόμησης εφαρμόστηκε χωριστά για την κάθε ομάδα. Τα δεδομένα της κάθε ομάδας εισαχθήκανε, μέσω του αρχείου εισόδου, στο ειδικό στατιστικό λογισμικό. Στη συνέχεια με το αρχείο ελέγχου καθορίστηκαν τα **πιθανά πρότυπα** θεωρώντας ως εξαρτημένη μεταβλητή μία από τις F , $\log F$, $\ln F$, F^2 , $1/F$ και ως ανεξάρτητες μία από τις V , $\log V$, $\ln V$, V^2 , $1/V$ και μία από τις P , $\log P$, $\ln P$, P^2 , $1/P$. Μετά την ανάπτυξη των προτύπων, έγινε η επιλογή του καταλληλότερου με τη διεξαγωγή στατιστικού ελέγχου.

5.4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Όσον αφορά στην πρώτη ομάδα δεδομένων δηλαδή στην ομάδα που περιείχε τα δεδομένα με τιμές του λόγου του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό μικρότερες του 350, επιλέχθηκε από τα εξαγόμενα πρότυπα ως καταλληλότερο ένα πρότυπο **λογαριθμικής γραμμικής παλινδρόμησης**, με την ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$\ln F = 1,367 + 1,850 * \log V - 583,483 * 1/P$$

Η σχέση αυτή με απολογαριθμοποίηση μετασχηματίζεται στην εξής:

$$F = e^{1,367 + 1,850 * \log V - 583,483 * 1/P}$$

Ο συντελεστής συσχέτισης που αντιστοιχεί στο πρότυπο αυτό ισούται με 0,882, προσεγγίζεται επομένως με επιτυχία το 88,2% των δεδομένων της φάσης αυτής. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται και οι τιμές του δείκτη t για το σταθερό όρο και τις ανεξάρτητες μεταβλητές του προτύπου οι οποίες έχουν επίσης ικανοποιητικές τιμές.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Τιμή συντελεστή t
Σταθερός όρος (1,367)	4,516
logV	21,839
1/P	-9,545

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10 Οι τιμές του δείκτη t για τον σταθερό όρο και τις ανεξάρτητες μεταβλητές του προτύπου της πρώτης ομάδας δεδομένων.

Με κριτήριο το πρόσημο των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών, είναι δυνατός ο καθορισμός του είδους της επιρροής της κάθε μίας από αυτές. Έτσι, το θετικό πρόσημο του δεκαδικού λογάριθμου του αριθμού των οχημάτων δηλώνει τη θετική σχέση που υπάρχει μεταξύ αυτού και της εξαρτημένης μεταβλητής ενώ το αρνητικό πρόσημο του αντιστρόφου του πληθυσμού δηλώνει την αρνητική τους σχέση.

Για τον υπολογισμό ενός αριθμητικού μέτρου της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών απαιτείται ο υπολογισμός των αντίστοιχων ελαστικοτήτων. Η ελαστικότητα του δεκαδικού λογάριθμου του αριθμού των οχημάτων ισούται με 1,254 και αυτή του αντιστρόφου του πληθυσμού με -0,743. Η φυσική σημασία αυτών είναι ότι 1% αύξηση του δεκαδικού λογάριθμου του αριθμού των οχημάτων θα οδηγήσει σε 1,254% αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής, ενώ αντίστοιχα 1% αύξηση του αντιστρόφου του πληθυσμού θα οδηγήσει σε 0,743% μείωση της. Συγκρίνοντας τις δύο ελαστικότητες οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι εκ των δύο ανεξάρτητων μεταβλητών, ο δεκαδικός λογάριθμος του αριθμού των οχημάτων είναι η στατιστικά σημαντικότερη μεταβλητή και συγκεκριμένα κατά 1,689 μονάδες.

Για τη δεύτερη ομάδα δεδομένων, που περιλαμβάνει δεδομένα με τιμές του λόγου μεταξύ των τιμών 300 και 500, από τα πιθανά πρότυπα που προέκυψαν από τη διαδικασία της παλινδρόμησης, το πρότυπο που πληρούσε τις προϋποθέσεις του στατιστικού ελέγχου ήταν το ακόλουθο **πολυωνυμικό πρότυπο**:

$$F^2 = 56001,678 - 0,172 \cdot V^2 + 0,059 \cdot P^2$$

με μετασχηματισμένη μορφή:

$$F = (56001,678 - 0,172 \cdot V^2 + 0,059 \cdot P^2)^{1/2}$$

Το πρότυπο αυτό παρουσιάζει συντελεστή συσχέτισης R^2 ίσο με 0,708, τιμή υψηλή αφού προσεγγίζει ικανοποιητικά το 70,8% του εξεταζόμενου δείγματος. Οι τιμές του δείκτη t που παρουσιάζουν οι ανεξάρτητες μεταβλητές του προτύπου έχουν και αυτές ικανοποιητικές τιμές ενώ μόνο η τιμή που έχει ο δείκτης του σταθερού όρου του προτύπου δεν είναι ικανοποιητική. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Τιμή συντελεστή t
Σταθερός όρος (56001,678)	0,025
V ²	-8,472
P ²	16,203

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11 Οι τιμές του δείκτη t για τον σταθερό όρο και τις ανεξάρτητες μεταβλητές του προτύπου της δεύτερης ομάδας δεδομένων.

Από τα πρόσημα των συντελεστών συμπεραίνεται το είδος της επιρροής που έχει η κάθε μεταβλητή στην εξαρτημένη μεταβλητή του προτύπου. Το τετράγωνο του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων έχει συντελεστή με αρνητικό πρόσημο ενώ τετράγωνο του πληθυσμού έχει θετικό πρόσημο και άρα αύξησή του πρώτου θα προκαλέσει μείωση στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής (αντιστρόφως ανάλογα μεγέθη) και του δεύτερου αύξηση στην τιμή της (ανάλογα μεγέθη). Φυσικά με τον υπολογισμό των αντίστοιχων ελαστικοτήτων μπορεί να υπολογιστεί ένα αριθμητικό μέτρο της επίδρασης της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής. Η ελαστικότητα του τετραγώνου του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων ισούται με -0,407 και αυτή του τετραγώνου του πληθυσμού με 8,113. Συμπεραίνουμε επομένως ότι σημαντικότερη στατιστικά μεταβλητή είναι το τετράγωνο του πληθυσμού και συγκεκριμένα 19,93 φορές.

Το πρότυπο που επιλέχθηκε βάσει του στατιστικού ελέγχου για την τρίτη ομάδα δεδομένων με τιμές του λόγου του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό μεγαλύτερες από 450 είναι ένα πρότυπο **λογαριθμικής παλινδρόμησης** με την ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$\log F = 3,481 + 75,907 \cdot 1/V - 901,243 \cdot 1/P$$

και τη μετασχηματισμένη μορφή:

$$F = 10^{3,481 + 75,907 \cdot 1/V - 901,243 \cdot 1/P}$$

Ο συντελεστής συσχέτισης που αντιστοιχεί στο πρότυπο αυτό ισούται με 0,764 που σημαίνει ότι το πρότυπο αυτό μπορεί να περιγράψει επιτυχώς το 76,4% των δεδομένων, ικανοποιητικό ποσοστό του δείγματος. Οι τιμές του δείκτη t για το σταθερό όρο και τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι:

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Τιμή συντελεστή t
Σταθερός όρος (3,481)	95,263
1/V	1,046
1/P	-7,054

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.12 Οι τιμές του δείκτη t για τον σταθερό όρο και τις ανεξάρτητες μεταβλητές του προτύπου της τρίτης ομάδας δεδομένων.

Οι τιμές αυτές είναι ικανοποιητικές τόσο για τον σταθερό όρο όσο και για τον αντίστροφο του πληθυσμού αλλά και για τον αντίστροφο του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων. Οι συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών δηλώνουν ότι αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής προκαλείται από αύξηση του αντιστρόφου του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων και από μείωση του αντιστρόφου του πληθυσμού.

Το αριθμητικό μέτρο της επίδρασης της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής απαιτεί τον υπολογισμό των αντίστοιχων ελαστικοτήτων. Οι τιμές αυτές είναι για τον αντίστροφο του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων 0,532 και για τον αντίστροφο του πληθυσμού -1,763. Από τις δύο ανεξάρτητες μεταβλητές του προτύπου, σημαντικότερη στατιστικά είναι ο αντίστροφος του πληθυσμού και συγκεκριμένα κατά 3,313 μονάδες.

Βάσει των μαθηματικών σχέσεων των προτύπων καθώς και των τιμών των στατιστικών δεικτών που αντιστοιχούν σε αυτά, προκύπτει ότι **ήταν αναγκαία η χρήση τριών ξεχωριστών προτύπων αντί ενός** που θα αντιστοιχούσε στο σύνολο των δεδομένων. Πράγματι, σε κάθε πρότυπο ο αριθμός των οχημάτων και ο πληθυσμός είχαν **διαφορετικό είδος επιρροής** στον αριθμό των θανάτων. Συγκεκριμένα, στο πρώτο και το τρίτο πρότυπο αύξηση του αριθμού των θανάτων προκαλείται με αύξηση του αριθμού των οχημάτων ή μείωση του πληθυσμού. Στο δεύτερο πρότυπο, ισχύει το αντίστροφο, δηλαδή αύξηση του αριθμού των θανάτων προκαλείται από μείωση του αριθμού των οχημάτων ή αύξηση του πληθυσμού. Μία ακόμα διαφοροποίηση μεταξύ των προτύπων αφορά στη μεταβλητή που είναι σημαντικότερη στατιστικά στο κάθε ένα. Συγκεκριμένα, σημαντικότερη στατιστικά μεταβλητή στο πρώτο πρότυπο είναι ο αριθμός των οχημάτων ενώ στα δύο επόμενα πρότυπα σημαντικότερη μεταβλητή είναι ο πληθυσμός.

5.4.4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Για κάθε μία από τις εξεταζόμενες χώρες, με τη χρήση των παραπάνω προτύπων δίνεται η δυνατότητα να υπολογιστεί για κάθε έτος μία τιμή για τον αριθμό των θανάτων, που θα αντικατοπτρίζει το **μέσο επίπεδο οδικής ασφάλειας** για το συγκεκριμένο έτος. Φυσικά, η επιλογή του αντίστοιχου προτύπου εξαρτάται από την τιμή του λόγου των οχημάτων προς τον πληθυσμό για το συγκεκριμένο έτος.

Δεδομένου ότι η εξαρτημένη μεταβλητή των προτύπων είναι απόλυτος αριθμός (αριθμός νεκρών) με μεγάλη διακύμανση από κράτος σε κράτος, η εφαρμογή των προτύπων στις χρονοσειρές στοιχείων των εξεταζόμενων χωρών αφορά στην επιβεβαίωση της κλίσης των τριών καμπυλών (πρόσημα προτύπου) και βέβαια όχι στην επιβεβαίωση των απόλυτων αριθμών. Από την εφαρμογή των προτύπων αυτών στις εξεταζόμενες χρονοσειρές στοιχείων προκύπτει ότι στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων επιβεβαιώνεται τόσο η κλίση των τριών καμπυλών, όσο και οι περιοχές μετάβασης από

καμπύλη σε καμπύλη. Για το λόγο αυτό τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν **μόνο ως γενική τάση και όχι για επιμέρους ανάλυση σε κάθε κράτος.**

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της συσχέτισης μεταξύ μακροσκοπικών στοιχείων οδικής ασφάλειας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης με τη χρήση γραμμικών και μη γραμμικών μαθηματικών προτύπων.

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, ξεκίνησε η βιβλιογραφική αναζήτηση μελετών συναφών με το αντικείμενο της οδικής ασφάλειας όχι μόνο σε χώρες της Ε.Ε. αλλά και παγκοσμίως καθώς και στοιχείων που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμα στην επιλογή μεθοδολογίας. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η **συλλογή** των αναγκαίων στοιχείων από διάφορες διεθνείς πηγές συλλογής στοιχείων ατυχημάτων, όπως η βάση δεδομένων της CARE και οι βάσεις δεδομένων των οργανισμών Ο.Ο.Σ.Α. (IRTAD), EUROSTAT και WHO. Εκτός από τις διεθνείς βάσεις δεδομένων σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτήθηκε η αναζήτηση στοιχείων σε εθνικές στατιστικές υπηρεσίες. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν περιελάμβαναν τον αριθμό των θανάτων από οδικά ατυχήματα, τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων, τον πληθυσμό και το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Α.Ε.Π.) των 25 κρατών-μελών της Ε.Ε. για τη χρονική περίοδο 1970-2003.

Τη συλλογή των δεδομένων ακολούθησε η ανάλυσή τους με τη χρήση ειδικού στατιστικού λογισμικού. Για να είναι δυνατή η χρήση του λογισμικού αυτού απαιτήθηκε κατάλληλη κωδικοποίηση των δεδομένων. Η **ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε τρεις** ξεχωριστές **φάσεις**. Στην πρώτη φάση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της λογαριθμικής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή τον λόγο του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των οχημάτων και ανεξάρτητη μεταβλητή τον λόγο του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό. Στην δεύτερη φάση, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή, και σε αυτή την περίπτωση, τον λόγο του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των οχημάτων και ανεξάρτητες μεταβλητές τον λόγο του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό και το Α.Ε.Π. ανά κάτοικο. Στην τρίτη και τελευταία φάση, τα δεδομένα χωρίστηκαν σε ομάδες βάσει της τιμής που είχε ο λόγος του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό. Δημιουργήθηκαν με τον τρόπο αυτό τρεις ομάδες δεδομένων, για την ανάλυση των οποίων χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά πρότυπα, με εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των θανάτων και ανεξάρτητες μεταβλητές τον αριθμό των οχημάτων και τον πληθυσμό.

Η επιλογή των τελικών προτύπων σε όλες τις φάσεις έγινε έπειτα από αρκετές δοκιμές συνδυασμών ανεξάρτητων μεταβλητών. Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε η ανάπτυξη και επεξήγηση των τελικών προτύπων που προέκυψαν από την στατιστική επεξεργασία, αφού πρώτα ελέγχθηκε κατά πόσον αυτά πληρούν τους απαραίτητους στατιστικούς ελέγχους που

αναφέρονται εκτενώς σε σχετικό κεφάλαιο. Τα **μαθηματικά πρότυπα** που προέκυψαν από τις παραπάνω μεθόδους έδωσαν τη δυνατότητα συγκρίσεων αλλά και προβλέψεων του επιπέδου οδικής ασφάλειας των εξεταζόμενων κρατών. Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένα συγκεντρωτικά αποτελέσματα σχετικά με τα εξαγόμενα πρότυπα. Περιλαμβάνονται οι μαθηματικές σχέσεις των προτύπων και οι αντίστοιχοι συντελεστές συσχέτισης.

ΦΑΣΗ 1^η**Μέθοδος Λογαριθμικής Παλινδρόμησης**

$$R^2 = 0,401$$

$$\log (F/V) = 3,211 - 0,001*(V/P)$$

ΦΑΣΗ 2^η**Μέθοδος Γραμμικής Παλινδρόμησης**

$$R^2 = 0,104$$

$$F/V = 170,913 - 0,067 \text{ GDP}/P + 0,217 \text{ V}/P$$

ΦΑΣΗ 3^η**Μέθοδος Λογαριθμικής Παλινδρόμησης: $V/P < 350$**

$$R^2 = 0,882$$

$$\ln F = 1,367 + 1,850 * \log V - 583,483 * 1/P$$

Πολυωνυμικό Πρότυπο: $300 < V/P < 500$

$$R^2 = 0,708$$

$$F^2 = 56001,678 - 0,172 * V^2 + 0,059 * P^2$$

Μέθοδος Λογαριθμικής Παλινδρόμησης: $V/P > 450$

$$R^2 = 0,764$$

$$\log F = 3,481 + 75,907 * 1/V - 901,243 * 1/P$$

F: Νεκροί οδικών ατυχημάτων

P: Πληθυσμός

V: Στόλος οχημάτων

GDP: Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Α.Ε.Π.)

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξαγόμενων προτύπων.

6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής των μαθηματικών προτύπων, τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα παρακάτω:

1. Οι **μη γραμμικές μέθοδοι παλινδρόμησης** είναι κατάλληλες για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση μακροσκοπικών παραμέτρων της οδικής ασφάλειας σε δεδομένα χρονοσειρών τριακονταετίας, όπως χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα διπλωματική εργασία. Επιπλέον, τα τελικά μαθηματικά πρότυπα που αναπτύχθηκαν με τη χρήση των μεθόδων αυτών, θεωρούνται γενικά αξιόπιστα αφού είχαν καλή προσαρμογή στα δεδομένα, αλλά και τα εξαγόμενα από αυτά συμπεράσματα φαίνεται να συμβαδίζουν αρκετά με εκείνα της διεθνούς βιβλιογραφίας.
2. Όσον αφορά στην επιρροή που έχει ο **λόγος του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό**, στον λόγο του αριθμού των θανάτων από οδικά ατυχήματα προς τον αριθμό των οχημάτων, προέκυψε καταρχήν ότι η συνεχής αύξηση του λόγου των οχημάτων προς τον πληθυσμό κατά την τελευταία τριακονταετία στην Ευρώπη οδηγεί σε συνεχή μείωση του λόγου των θανάτων προς τα οχήματα.
3. Επιδιώκοντας τη διερεύνηση της επίδρασης στο λόγο του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των οχημάτων και άλλων μεταβλητών εκτός του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό, χρησιμοποιήθηκε ως ανεξάρτητη μεταβλητή στη διαδικασία της παλινδρόμησης το **Α.Ε.Π. ανά κάτοικο**. Αποτέλεσμα της ανάλυσης αυτής, ήταν η μη δυνατότητα χρήσης της μεταβλητής αυτής, λόγω της ύπαρξης στατιστικά σημαντικής συσχέτισης μεταξύ του αριθμού των οχημάτων ανά κάτοικο και του Α.Ε.Π. ανά κάτοικο. Επομένως, η χρήση της μίας εκ των δύο μεταβλητών στην εξαγωγή ενός προτύπου αναστέλλει τη δυνατότητα χρήσης και της άλλης, με στόχο την αποφυγή μη αξιόπιστων συμπερασμάτων.
4. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, αναπτύχθηκε μία μεθοδολογία προσδιορισμού των επιδόσεων οδικής ασφάλειας των Ευρωπαϊκών χωρών. Η μεθοδολογία αυτή επέτρεψε τη σύγκριση του αριθμού των θανάτων σε οδικά ατυχήματα με τον μέσο εκτιμώμενο αντίστοιχο αριθμό. Από τη σύγκριση αυτή προέκυψε ότι ο **κλασικός διαχωρισμός** σε ανεπτυγμένα και μη κράτη από άποψη οδικής ασφάλειας **δεν επαληθεύεται πλήρως**, αφού καλές επιδόσεις (σε σχέση με τον μέσο εκτιμώμενο αριθμό νεκρών) εμφάνισαν κράτη και από τα ανεπτυγμένα (από άποψη οδικής ασφάλειας) βορειοδυτικά κράτη και από τα λιγότερα ανεπτυγμένα νότια και ανατολικά κράτη.
5. Πιο συγκεκριμένα προσδιορίστηκαν τα **κράτη** τα οποία κατά τη διάρκεια όλης της εξεταζόμενης περιόδου εμφάνιζαν **επιδόσεις** χαμηλότερες του

μέσου εκτιμώμενου επιπέδου. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι οι περισσότερες χώρες τα πρώτα έτη της εξεταζόμενης περιόδου εμφάνιζαν επιδόσεις χαμηλότερες του μέσου εκτιμώμενου επιπέδου, τις οποίες όμως βελτίωσαν στη συνέχεια.

6. Εξετάζοντας τη **μορφή της καμπύλης του αριθμού των θανάτων διαχρονικά**, διαπιστώνεται ότι αρχικά ο αριθμός των θανάτων αυξάνεται, στη συνέχεια διατηρείται σχεδόν σταθερός για λίγα έτη και έπειτα αποκτά μια διαρκώς φθίνουσα κλίση. Τα σημεία αλλαγής της μορφής της καμπύλης συνδέονται άμεσα με την τιμή που λαμβάνει ο λόγος του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό που σχετίζεται άμεσα με το χρόνο. Το σημείο της κάμψης της αυξητικής πορείας κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 300 και 350, ενώ το σημείο εκκίνησης της μείωσης βρίσκεται μεταξύ των τιμών 450 και 500. Η ιδιαιτερότητα αυτή στη μορφή της καμπύλης οδήγησε στην ανάγκη χρήσης τριών ξεχωριστών προτύπων παλινδρόμησης για την περιγραφή της, με βάση την τιμή του λόγου των οχημάτων προς τον πληθυσμό.
7. Όσον αφορά στην **επιρροή του αριθμού των οχημάτων και του πληθυσμού στον αριθμό των θανάτων** από οδικά ατυχήματα παρατηρήθηκε ότι τόσο το είδος όσο και το μέγεθος της επιρροής εξαρτώνται από τη φάση της καμπύλης της διαχρονικής εξέλιξης των θανάτων στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο έτος. Συγκεκριμένα, στην αυξητική τάση της καμπύλης, ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων επιδρά θετικά στον αριθμό των θανάτων ενώ ο πληθυσμός αρνητικά. Στη φάση αυτή σημαντικότερη στατιστικά μεταβλητή είναι ο αριθμός των θανάτων. Στη φάση της σταθεροποίησης του αριθμού των θανάτων, ο αριθμός των οχημάτων επιδρά αρνητικά στον αριθμό τους, ενώ ο πληθυσμός, που είναι και η σημαντικότερη στατιστικά μεταβλητή, επιδρά θετικά. Στην τρίτη και τελευταία φάση, της μείωσης των θανάτων, ο αριθμός των οχημάτων επιδρά θετικά ενώ ο πληθυσμός αρνητικά. Στην περίπτωση αυτή, στατιστικά σημαντικότερη μεταβλητή είναι και πάλι ο πληθυσμός.
8. Τα παραπάνω **συμπεράσματα** έχουν προκύψει από στατιστική ανάλυση δεδομένων για την τριακονταετία 1970-2003, που αποτελεί επαρκές δείγμα, και κατά συνέπεια είναι δυνατόν να **γενικευτούν**. Με βάση το εκτιμώμενο μέσο επίπεδο οδικής ασφάλειας για τα υφιστάμενα στοιχεία είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί πρόβλεψη του μελλοντικού μέσου επιπέδου. Επομένως, οι στόχοι για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στα εξεταζόμενα κράτη θα πρέπει να τίθενται κάτω του εκτιμώμενου επιπέδου, ώστε η οδική ασφάλεια όχι απλά να βελτιωθεί αλλά να βελτιωθεί περισσότερο από το αναμενόμενο.

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με βάση τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη σύνθεση των αποτελεσμάτων, αλλά σε συνδυασμό και με τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, είναι δυνατόν να διατυπωθούν οι συνολικές προτάσεις της διπλωματικής εργασίας, όπως αυτές συνοψίζονται παρακάτω.

Με στόχο τη μείωση του αριθμού των θανάτων που παρουσιάζονται στα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, πρέπει να πραγματοποιηθεί μία ανάλυση των συνολικών τάσεων της εξέλιξης του επιπέδου της οδικής τους ασφάλειας, σε σχέση πάντα με τις πρόσφατες εξελίξεις και τις ιδιαιτερότητες κάθε χώρας. Συγκεκριμένα θα πρέπει οι **στόχοι** οι οποίοι τίθενται, να λαμβάνουν υπόψη το **μέσο εκτιμώμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας** και να αντιστοιχούν σε δράσεις που θα οδηγήσουν σε επιδόσεις οδικής ασφάλειας καλύτερες από τις αναμενόμενες.

Κρίνεται αναγκαία η συστηματικότερη **καταγραφή των στοιχείων** των οδικών ατυχημάτων και της κυκλοφορίας στο οδικό δίκτυο, ιδίως στις χώρες της ανατολικής Ευρώπης οι οποίες εντάχθηκαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση το Μάιο του 2004. Η καταγραφή αυτή θα ανοίξει νέους ορίζοντες έρευνας με τη χρήση δεικτών ατυχημάτων (νεκροί ανά εκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα) και θα βοηθήσει στην καλύτερη σύγκριση μεταξύ των επιπέδων οδικής ασφάλειας των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η παρακολούθηση της εξέλιξης του επιπέδου οδικής ασφάλειας στα κράτη που παρουσιάζουν υψηλότερες επιδόσεις όσον αφορά στο επίπεδο οδικής ασφάλειας, μπορεί να αποτελέσει βασική πηγή πληροφοριών για τις επιτυχημένες πρακτικές που θα οδηγήσουν στην αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση του προβλήματος σε κράτη που παρουσιάζουν χαμηλότερες επιδόσεις. Η πραγματοποίηση αυτής της **ανταλλαγής εμπειριών** προϋποθέτει την ενεργό συμμετοχή των αρμόδιων φορέων αλλά και των πολιτών, οι οποίοι με τη στάση τους θα βοηθήσουν στη σωστή εφαρμογή των προγραμμάτων οδικής ασφάλειας.

Δεν θα πρέπει όμως η σταθερή πτωτική τάση, που παρουσιάζουν τα κράτη με υψηλές επιδόσεις στον τομέα της οδικής ασφάλειας, να αποτελεί καθησυχαστικό παράγοντα καθώς υπάρχουν περαιτέρω περιθώρια βελτίωσης. Κρίνεται σκόπιμο επομένως να ληφθεί σειρά μέτρων για τη μείωση τόσο του αριθμού όσο και της σοβαρότητας των ατυχημάτων. Παράδειγμα αυτών είναι να δοθεί προτεραιότητα στην εντατικοποίηση των ελέγχων ταχύτητας, κυρίως στις εθνικές οδούς, όπου και παρουσιάζονται υψηλότεροι αριθμοί θανάτων. Επιπλέον, μπορεί να δοθεί προτεραιότητα στη δημιουργία ενός ασφαλούς οδικού περιβάλλοντος για τους πεζούς και τους χρήστες δικύκλων, όσον αφορά στην βελτίωση της υπάρχουσας οδικής υποδομής καθώς και στην επέκτασή της, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι δύο αυτές κατηγορίες ατόμων είναι πιο επιρρεπείς στην πρόκληση οδικού ατυχήματος. Για αυτό το λόγο πρέπει να

ξεκινήσουν εκστρατείες ευαισθητοποίησης και ενημέρωσης των πολιτών που να αφορούν σε θέματα οδικής ασφάλειας.

Για την **επίτευξη του στόχου** που έχει τεθεί από την Ε.Ε. για τη μείωση του αριθμού των νεκρών κατά 50% μέχρι το 2010 και ο οποίος έχει υιοθετηθεί από το 2^ο Στρατηγικό Σχέδιο οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα, πρέπει να υπάρξει συνεργασία όλων των κρατών-μελών και ανταλλαγή εμπειριών μέσα από τη συστηματική δημοσίευση της αξιολόγησης των επιτυχημένων επεμβάσεων που εφαρμόστηκαν σε κάθε κράτος-μέλος.

6.4 ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η διαχρονική εξέλιξη της οδικής ασφάλειας στα κράτη-μέλη της Ε.Ε. και διερευνήθηκε η επιρροή ορισμένων κυκλοφοριακών και δημογραφικών χαρακτηριστικών των κρατών αυτών στον αριθμό των θανάτων. Αρκετά ενδιαφέροντα θα ήταν η **επέκταση** της συγκεκριμένης έρευνας με **επιπλέον μεταβλητές**, όπως για παράδειγμα οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε χώρα (ποσοστό ηλιοφάνειας, μέση ετήσια θερμοκρασία, ποσοστό βροχοπτώσεων), η κατανάλωση αλκοόλ, το ποσοστό της παραβατικότητας και γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου, κλπ.

Ένα ακόμα βήμα περαιτέρω έρευνας θα ήταν η διεξαγωγή της ίδιας **ανάλυσης σε μεγαλύτερο αριθμό χωρών** και εκτός Ε.Ε., με στόχο να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις τόσο του επιπέδου οδικής ασφάλειας όσο και των μέτρων που λαμβάνονται για τη βελτίωσή του σε παγκόσμια κλίμακα. Δηλαδή, θα δοθεί με αυτό τον τρόπο η δυνατότητα να ελεγχθεί εάν οι παράμετροι οδικής ασφάλειας που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα, έχουν την ίδια βαρύτητα παγκοσμίως.

Ακόμη, σε επόμενη φάση θα μπορούσε να γίνει διερεύνηση της συσχέτισης των παραμέτρων που επηρεάζουν τον αριθμό των θανάτων με χρήση **άλλων στατιστικών μεθόδων**, είτε παλινδρόμησης (Poisson, αρνητική διωνυμική), είτε οικονομετρικών μεθόδων.

Τέλος, η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα μπορούσε να **επαναληφθεί μετά από λίγα χρόνια**, προκειμένου να εξεταστεί εάν ισχύουν ακόμα τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Με τον τρόπο αυτό θα δοθεί η δυνατότητα να παρατηρηθεί μία ενδεχόμενη βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας σε κάθε χώρα και να αποτιμηθούν οι επεμβάσεις που εφαρμόστηκαν στις χώρες αυτές.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. ADAMS J., “J. Smeed’s law: Some Further Thoughts”, Traffic Engineering and Control, Vol. 28, No. 2, pp. 70-73, 1987.
2. AMEEN J.R.M., NAJI J.A., “Causal models for road accident fatalities in Yemen”, Accident Analysis & Prevention, Vol. 33, pp. 547-561, 2001.
3. BIJLEVELD F., COMMANDEUR J., KOOPMAN S.J., MONTFORT K., “Multivariate nonlinear time series modelling of exposure and risk in road safety research”, SWOV Research, 1995.
4. BRANNAS K., “Prediction and control for a time-series count data model”, International Journal of Forecasting, 1995.
5. BROUGHTON J., “Forecasting road accident casualties in Great Britain”, Accident Analysis & Prevention, Vol. 23, No.5, pp. 353-362, 1991.
6. BRUDE U., “What is happening to the number of fatalities in road accidents? A model for forecasts and continuous monitoring of development up to the year 2000”, Accident Analysis & Prevention, Vol. 27, No. 3, pp. 405-410, 1994.
7. CARINE C., “Transport safety”, Eurostat, 2000.
8. DOUGHERTY C., “Introduction to Econometrics”, Oxford University Press, New York, 1992.
9. ENGEL F., KLAUS-JOCHEN C., “One-parameter semigroups for linear evolution equations”, New York: Springer , 1982.
10. EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTERS OF TRANSPORT (ECMT), COUNCIL OF MINISTERS, Road transport- Road Safety, “Recent trends in road accidents and policy issues”, ECMT, 2002.
11. EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTERS OF TRANSPORT (ECMT), COUNCIL OF MINISTERS, Road Safety, “Reaching the target of reducing road fatalities by 50% by 2012”, ECMT, 2006.
12. EUROSTAT, “Panorama of transport: statistical overview of transport in the European Union: European Commission data 1970-2000”, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2003.
13. FRIDSTROM L., INGEBRIGTSEN S., “An aggregate accident model based on pooled, regional time-series data”, Accident Analysis & Prevention, Vol. 23, No. 5, pp. 363-378, 1991.
14. GARCIA-FERRER A., DE JUAN A., PONCELA P., “Forecasting traffic accidents using disaggregated data”, International Journal of Forecasting, Vol. 22, pp. 203-222, 2006.
15. HAUER, E., “Estimation of safety at signalized intersections”, Transportation Research Record, Vol. 1185, 1988.
16. HOMEL R., McKAY P., HENSTRIDGE J., “The impact on accidents of random breath testing in South Wales: 1982-1992”, Griffith University, Australia, 1995.

17. JOHANSSON-STENMAN O., MARTINSSON P., “Fatal Road Accidents: Explaining Between- Country Risk Differences”, Department of Economics, Goteborg University, 2000.
18. KOORNSTRA M., “Prediction of traffic fatalities and prospects for mobility becoming sustainable-safe, SWOV Research, 2002.
19. LASSARE S., “Analysis of progress in road safety in ten European countries”, Accident Analysis & Prevention, Vol. 33, pp. 734-751, 2000.
20. LUPTON K., BOLSDON D., “An object-based approach to a road network definition for an accident database”, Pergamon, Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 23, pp. 383-398, 1999.
21. MAHER M.J., SUMMERGILL I., “A comprehensive methodology for the fitting of predictive accident models”, Accident Analysis & Prevention, Vol. 28, No. 3, pp. 281-296, 1995.
22. McCARTHY P.S., “Transportation Economics Theory and Practice: A Case Study Approach.” Blackwell, Boston, MA, 2001.
23. MOUNTAIN L., FAWAZ B., JARRETT D., “Accident prediction models for roads with minor junctions”, Accident Analysis & Prevention, Vol. 28, No. 6, pp. 695-707, 1996.
24. NOLAND R.B., OH L., “The effect of infrastructure and demographic change on traffic-related fatalities and crashes: a case study of Illinois country-level data”, Accident Analysis & Prevention, Vol. 36, pp. 525-532, 2004.
25. PAGE Y., “A statistical model to compare road mortality in OECD countries”, Accident Analysis & Prevention, Vol. 33, pp. 371-385, 2001.
26. PITSIAVA-LATINOPOULOU M. and TSOHOS G., “The Application of Smeed Equation for Road Accidents in Greece, Accident Analysis & Prevention, Vol. 14, No 1, 1982.
27. QIN X., IVAN J., RAVISHANKER N., LIU J., “Hierarchical Bayesian Estimation of Nonlinear Safety Performance Functions for Two-Lane Highway Using MCMC Modelling”. ASCE, Journal of Transportation Engineering, Vol. 131, Issue 5, pp. 345-351, May/June 2005.
28. SCOTT P.P., “Modelling time-series of British road accident data”, Accident Analysis & Prevention, Vol. 18, No. 2, pp. 109-117, 1986.
29. SHORT J., “Road safety: an international perspective” ECMT, 2000.
30. SMEED R.J., “Some statistical aspects of road safety research. Royal Statistical Society, Journal (A), CXII (Part I, Series 4), pp. 1-24, 1949.
31. WASHINGTON S., KARLAFTIS M., MANNERING F., “Statistical and Econometric Methods for Transport Data Analysis”, CHAPMAN& HALL/CRC, 2003.
32. ZHOU M. and SISIOPIKU V.K., “Relationship between Volume Capacity Ratio and Accident Rates”, Transportation Research Record, Vol. 1581: pp. 47-52, 1997.
33. ΑΡΓΥΡΑΚΗ Α., ΒΑΝΙΩΤΟΥ Μ., ΓΙΑΝΝΗΣ Γ., ΕΥΑΓΓΕΛΙΔΗΣ Δ., ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ Σ., ΣΑΚΚΗ Μ., ΣΑΦΛΙΑΝΗ –ΠΟΛΙΤΗ Χ.,

- ΣΕΚΟΠΟΥΛΟΣ Ν., “Οι θέσεις του Τ.Ε.Ε. για τα οδικά ατυχήματα”, Τ.Ε.Ε., Αθήνα, 1994.
34. ΔΗΜΕΛΗ Σ., “Σύγχρονες Μέθοδοι Ανάλυσης Χρονολογικών Σειρών”, Εκδόσεις Κριτική, 2002.
 35. ΚΑΝΕΛΛΑΙΔΗΣ Γ., ΓΙΑΝΝΗΣ Γ., ΒΑΡΔΑΚΗ Σ., ΔΡΑΓΟΜΑΝΟΒΙΤΣ Α., ΛΑΙΟΥ Α., “Ανάπτυξη στρατηγικού σχεδίου για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα”, 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Πάτρα 2005.
 36. ΚΙΝΤΗΣ Α., “Στατιστικές και Οικονομετρικές Μέθοδοι”, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα, 1999.
 37. ΚΟΚΟΛΑΚΗΣ Γ., ΣΠΗΛΙΩΤΗΣ Ι., “Εισαγωγή στη Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική”, Εκδόσεις Συμεών, 1999.
 38. ΞΕΝΑΚΗΣ Σ.Α., “Ανάλυση Χρονολογικών Σειρών και Προβλέψεις”, Εκδόσεις Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα, 1991.
 39. ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (1^ο), Πρακτικά Συνεδρίου, ΤΕΕ, Θεσσαλονίκη, 1994.
 40. ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (2^ο), Πρακτικά Συνεδρίου, ΤΕΕ, Βόλος, 1998.
 41. ΠΡΟΦΥΛΛΙΔΗΣ Β., ΜΠΟΤΖΩΡΗΣ Γ., “Ανάλυση και μοντελοποίηση των παραμέτρων οδικής ασφάλειας”, 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Πάτρα, 2005.
 42. ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΕΛΛΗΝΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΟΛΟΓΩΝ (Σ.Ε.Σ.), “Οι θέσεις του Σ.Ε.Σ. για την οδική ασφάλεια”, Σ.Ε.Σ., 2005.
 43. ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Ν. ΑΧΑΪΑΣ, “Τροχαία ατυχήματα (2004 : Πάτρα) : Εθνικό θέμα”, Πάτρα, 2004.
 44. ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ (ΤΕΕ), “Η Ελλάδα από το Β’ στο Γ’ κοινοτικό πλαίσιο στήριξης”, ΤΕΕ, Αθήνα, 1999.
 45. ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ- ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΡΙΟ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ, “Παρατηρητήριο Οδικής Ασφάλειας: Έκθεση Πεπραγμένων 2005”, ΤΕΕ, 2006.
 46. ΤΣΑΝΤΣΑΝΟΓΛΟΥ Α., ΣΑΡΑΜΟΥΤΗΣ Α., “Βάσεις Δεδομένων Οδικών Συμβάντων”, 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Πάτρα, 2005.
 47. ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗΣ Ι.Μ., ΓΙΑΝΝΗΣ Γ., “Οδική Ασφάλεια- Συγκρίσεις μεταξύ των 15 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης”, 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Λάρισα, 1995.
 48. ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗΣ Ι.Μ., ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ Γ.Α., “Σχεδιασμός των Μεταφορών και Κυκλοφοριακή Τεχνική”, Τόμος 1, 1986.
 49. ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗΣ Ι.Μ., ΓΚΟΛΙΑΣ Ι.Κ., “Οδική Ασφάλεια”, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1994.
 50. ΧΑΝΔΑΝΟΣ Ι., ΚΑΤΣΩΧΗΣ Δ., “Το αποτύπωμα της οδικής ασφάλειας στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος SUNFLOWER+6”, 3^ο Διεθνές συνέδριο για την έρευνα στις μεταφορές στην Ελλάδα, 2006.

51. ΧΑΤΖΗΝΙΚΟΛΑΟΥ Δ., “Στατιστική για Οικονομολόγους”, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Β΄ Έκδοση, 2002.
52. ΧΡΗΣΤΟΥ Γ., “Εισαγωγή στην Οικονομετρία”, Εκδόσεις GUTENBERG, Αθήνα, 2002.