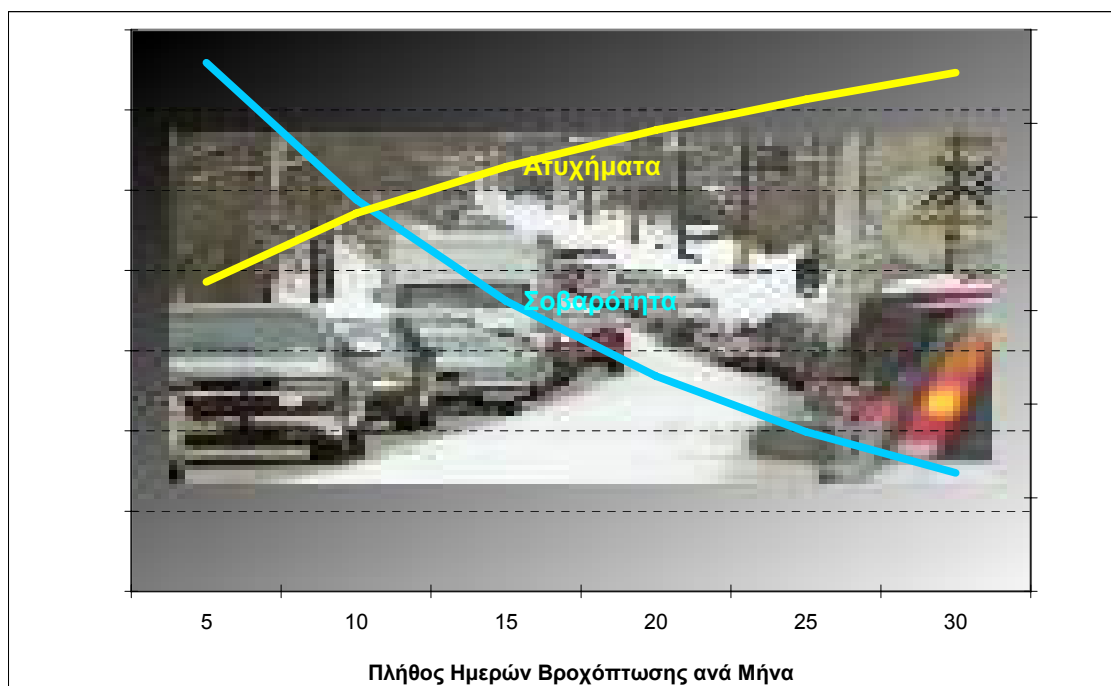


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ
ΚΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ, ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ
ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ
ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ



ΘΕΟΔΩΡΟΣ Ζ. ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΓΙΩΡΓΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2004

**Η παρούσα Διπλωματική Εργασία είναι αφιερωμένη
στους γονείς μου.**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ήταν η διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στην επικινδυνότητα και στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων στο εθνικό υπεραστικό δίκτυο της Ελλάδας. Με βάση ευρεία βιβλιογραφική ανασκόπηση επιλέχθηκε η χρήση της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης, η οποία εφαρμόστηκε στα εξατομικευμένα στοιχεία ατυχημάτων της περιόδου 1992 – 1999 επί του οδικού άξονα ΠΑΘΕ και οδήγησε στην ανάπτυξη τριών μαθηματικών προτύπων. Το πρώτο συσχετίζει τον αριθμό των ατυχημάτων για το σύνολο των οχημάτων με τις καιρικές συνθήκες (βροχή, θερμοκρασία) και τον κυκλοφοριακό φόρτο (οχηματοχιλιόμετρα). Το δεύτερο συσχετίζει τις καιρικές συνθήκες με την επικινδυνότητα των δικύκλων και το τρίτο συσχετίζει τις καιρικές συνθήκες με τη σοβαρότητα του συνόλου των ατυχημάτων. Η εφαρμογή των προτύπων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι αφενός η πτώση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση του πλήθους των ατυχημάτων, μείωση της σοβαρότητας του συνόλου των ατυχημάτων, και αύξηση της επικινδυνότητας για τα δίκυκλα και αφετέρου, η βροχή αυξάνει το πλήθος των ατυχημάτων και την επικινδυνότητα για τα δίκυκλα ενώ μειώνει τη σοβαρότητα του συνόλου των ατυχημάτων.

ABSTRACT

The objective of this Diploma Thesis is the investigation of the impact of weather conditions on the risk and the severity of road accidents in the Greek interurban road network. On the basis of large bibliographical research, the use of lognormal regression has been adopted and applied on the disaggregate road accident data for the period of 1992 – 1999 on the Patra – Athens – Thessaloniki – Evzoni road axis. The statistical analysis has led to the development of three mathematical models. The first model correlates the absolute number of accidents (concerning all vehicle categories) with the weather conditions (rain, temperature) and the traffic volume (vehicle-kilometres). The other two models correlate the weather conditions with the risk for 2-wheel vehicles and the severity of accidents. The application of the models revealed that low temperature leads to reduction in the number of accidents and the severity of accidents whilst it increases the risk for the 2-wheel vehicles. Furthermore, raining conditions lead to increase in the number of accidents and in the risk for 2-wheel vehicles whilst they reduce the severity of accidents.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Λέκτορα του ΕΜΠ Κ_ο Γ. Γιαννή τόσο για την ανάθεση της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας, καθώς και για την πολύτιμη βοήθειά του και την κατανόηση που έδειξε κατά την πραγματοποίηση της εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Λέκτορα του ΕΜΠ Κ_ο Μ. Καρλαύτη για την υποστήριξη του σε θέματα στατιστικής επεξεργασίας των στοιχείων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του ΕΜΠ Κ_ο Γ. Κανελλαΐδη, και τον Καθηγητή του ΕΜΠ Κ_ο Ι. Γκόλια για τις πολύτιμες συμβουλές και επισημάνσεις τους πάνω στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την πολιτικό υπομηχανικό – υπάλληλο στο ΥΠΕΧΩΔΕ Κ_α Α. Χατζηευθυμίου – Στεφανοπούλου και τους υπαλλήλους του ΤΕΟ και των σταθμών διοδίων Αφιδνών και Ζευγολατιού για την πολύτιμη βοήθειά τους στη συλλογή των στοιχείων κυκλοφορίας, την υπάλληλο στην ΕΜΥ Κ_α Τζανάκου για την βοήθειά της στη συλλογή των μετεωρολογικών δεδομένων, καθώς και τους υπαλλήλους στις βιβλιοθήκες του ΤΕΕ και της ΕΣΥΕ.

Θεόδωρος Ζαχαρία Νικολόπουλος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ήταν η **διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών, και συγκεκριμένα της βροχής και της θερμοκρασίας, στην επικινδυνότητα και στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας με χρήση της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**. Η επικινδυνότητα και η σοβαρότητα ορίζονται ως εξής:

$$\text{ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ} = (\text{ΠΛΗΘΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ} / \text{ΠΛΗΘΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΧΙΛΙΟΜΕΤΡΩΝ})$$

$$\text{ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ} = (\text{ΠΛΗΘΟΣ ΝΕΚΡΩΝ} / \text{ΠΛΗΘΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ})$$

Επιλέχθηκε να συσχετιστεί ο δείκτης ατυχημάτων (**επικινδυνότητα**) με τις καιρικές συνθήκες επειδή αυτός λαμβάνει υπόψη και το βαθμό χρησιμοποίησης των οχημάτων (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, 1994), διευρύνοντας κατ'αυτό τον τρόπο τα αποτελέσματα της αρχικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε για τη συσχέτιση του πλήθους των ατυχημάτων με τον κυκλοφοριακό φόρτο (όπως αυτή διαμορφώνεται για τις διάφορες κλιματικές συνθήκες). Επίσης, εξετάστηκε και η συσχέτιση της σοβαρότητας με τις καιρικές συνθήκες δεδομένου ότι αυτός είναι ο δείκτης που χρησιμοποιείται συχνότερα για την έρευνα της τάσης του πλήθους των νεκρών από οδικά ατυχήματα (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, 1994).

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

Τα **στοιχεία** που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν στα οδικά ατυχήματα και αναφέρονται στα έτη από το 1985 έως και το 1999. Η συλλογή των στοιχείων πραγματοποιήθηκε από τη βασική πηγή στοιχείων οδικών ατυχημάτων, δηλαδή τα Δελτία Οδικού Τροχαίου Ατυχήματος (ΔΟΤΑ).

Τα **στοιχεία κυκλοφοριακού φόρτου** που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέρχονται από τα στοιχεία που συλλέγονται στους σταθμούς διοδίων του υπεραστικού δικτύου της Ελλάδας. Με βάση τα στοιχεία αυτά υπολογίστηκαν οι μηνιαίοι κυκλοφοριακοί φόρτοι τόσο ανά τύπο οχήματος όσο και για το σύνολο των οχημάτων.

Τα **στοιχεία ύψους βροχόπτωσης (mm) και θερμοκρασίας (°C)** συλλέχθηκαν από τις αντίστοιχες βάσεις δεδομένων της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, οι οποίες περιέχουν στοιχεία που προέρχονται από τις μετρήσεις του δικτύου μετεωρολογικών σταθμών που υπάρχει ανά την Ελληνική επικράτεια. Με βάση τα στοιχεία αυτά υπολογίστηκαν οι μέσοι ημερήσιοι όροι βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για κάθε μήνα καθώς και οι αντίστοιχες ημέρες βροχόπτωσης και ιδιαίτερα χαμηλής θερμοκρασίας ($<7^{\circ}\text{C}$) ανά μήνα.

Επιλέχθηκε από τη βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ να εξεταστούν τα ατυχήματα που συμβαίνουν στο **υπεραστικό οδικό δίκτυο** της Ελλάδας. Η επιλογή αυτή έγινε καταρχήν διότι οι δείκτες θανατηφόρων ατυχημάτων και ατυχημάτων με σοβαρούς τραυματισμούς είναι υψηλότεροι στις υπεραστικές οδούς λόγω κυρίως των υψηλότερων ταχυτήτων. Παράλληλα, παρουσιάζουν περισσότερες ομοιότητες μεταξύ τους από ότι εκείνα σε αστικές οδούς με αποτέλεσμα τα συμπεράσματα που εξάγονται για ένα τμήμα να μπορούν να γενικευτούν πιο εύκολα και για άλλα οδικά τμήματα με όμοια χαρακτηριστικά. Ένας ακόμη λόγος που οδήγησε στην επιλογή των οδικών ατυχημάτων στο υπεραστικό οδικό δίκτυο είναι ότι στις αστικές περιοχές υπάρχουν πολλοί περισσότεροι παράγοντες στην πρόκληση ατυχημάτων όπως είναι η κυκλοφορία πεζών και οι συχνές διασταυρώσεις, με αποτέλεσμα, να είναι πιο δύσκολο από ότι στις υπεραστικές οδούς να απομονωθεί η επιρροή των καιρικών συνθηκών στα οδικά ατυχήματα.

Στη συνέχεια ακολούθησε **στατιστική ανάλυση** των επιλεγμένων μεταβλητών με τη μέθοδο της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης (lognormal regression). Το

αποτέλεσμα της ανάλυσης αυτής ήταν η ανάπτυξη **τριών μαθηματικών προτύπων**, από τα οποία προκύπτει η συσχέτιση του πλήθους των ατυχημάτων (για το σύνολο των οχημάτων) με τον κυκλοφοριακό φόρτο και τις καιρικές συνθήκες, της επικινδυνότητας για τα δίκυκλα με τις καιρικές συνθήκες, και της σοβαρότητας του συνόλου των ατυχημάτων με τις καιρικές συνθήκες.

Στο πρώτο μαθηματικό πρότυπο, προσδιορίστηκε η επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου και των καιρικών συνθηκών στο σύνολο των οδικών ατυχημάτων (σχέση 1). Στο δεύτερο μαθηματικό πρότυπο, προσδιορίστηκε η επιρροή των καιρικών συνθηκών στην επικινδυνότητα για τα δίκυκλα. Στο τρίτο μαθηματικό πρότυπο, προσδιορίστηκε η επιρροή των καιρικών συνθηκών στη σοβαρότητα του συνόλου των ατυχημάτων.

$$\text{Accidents} = 10^{(0,221 + 0,288\text{Log}(\text{DR}) - 0,011\text{ECD} + 7,318\text{E-}09\text{VKm})} \quad (1)$$

όπου: DR = Πλήθος ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα, ECD = Πλήθος ημερών ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ($<7^{\circ}\text{C}$) ανά μήνα, και VKm = Πλήθος οχηματοχιλιομέτρων.

Από το πρώτο μαθηματικό πρότυπο που προέκυψε **επιβεβαιώνεται η αύξουσα τάση του πλήθους των ατυχημάτων με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου**, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τη βιβλιογραφία (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, 1994). Στους υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους δηλαδή παρατηρείται υψηλό πλήθος ατυχημάτων, γεγονός που οφείλεται πιθανώς στην αυξημένη πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα λόγω αυξημένης κυκλοφορίας.

Από την παρατήρηση των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε ότι ο **αριθμός των ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα ενδεχομένως να περιγράφει καλύτερα** απ'ότι ο ημερήσιος μέσος όρος βροχόπτωσης για κάθε μήνα, το πόσο «βροχερός» ή «ξηρός» είναι ένας μήνας. Αυτό φαίνεται λογικό γιατί είναι δυνατόν ένας μήνας να αποτελείται από 29 άνυδρες ημέρες και από μία ή δύο όπου σημειώθηκε γεγονός έντονης βροχής με μεγάλη διάρκεια (και κατά συνέπεια και μεγάλο καταγραφέν ύψος) και έτσι με τη χρήση του ημερήσιου μέσου όρου να δημιουργείται η εσφαλμένη εντύπωση ότι ο εν λόγω μήνας ήταν «βροχερός».

Σε ότι αφορά στη **βροχή** και στα **ατυχήματα**, αυτή καταρχήν οδηγεί στη μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου. Ωστόσο, το πλήθος των ατυχημάτων αυξάνεται γιατί τα οχήματα που τελικά κυκλοφορούν είναι ενδεχομένως πιο επιρρεπή στο να εμπλακούν σε ατύχημα (λόγω της μειωμένης πρόσφυσης των ελαστικών με το οδόστρωμα, της κακής ορατότητας, κλπ).

Ένα από τα αξιοσημείωτα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας είναι ότι **η βροχή οδηγεί στην αύξηση της επικινδυνότητας των δικύκλων**. Αυτό συμβαίνει γιατί ο αναβάτης ενός δικύκλου είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένος στα καιρικά φαινόμενα τα οποία όταν είναι δυσχερή επηρεάζουν αρνητικά την οδηγική του ικανότητα. Οι λόγοι είναι πιθανώς τόσο πρακτικοί (το «βαρύ» ντύσιμο που φέρει ο αναβάτης ώστε να προφυλαχθεί από τη βροχή δυσχεραίνει τις κινήσεις του) όσο και ψυχολογικοί (ο αναβάτης οδηγεί πιο βιαστικά, και ενδεχομένως πιο απρόσεκτα, προκειμένου να φτάσει γρήγορα στον προορισμό του ώστε να μην υπομένει πλέον τις άσχημες καιρικές συνθήκες). Επιπλέον, τα δίκυκλα είναι ιδιαίτερα ευάλωτα σε ένα ολισθηρό οδόστρωμα (πτώσεις). Η αύξηση αυτή της επικινδυνότητας των δικύκλων εξηγείται ενδεχομένως και από το γεγονός ότι λόγω της βροχής μειώνεται το πλήθος των οχηματοχιλιομέτρων των δικύκλων αλλά την ίδια στιγμή, αυξάνεται το πλήθος των ατυχημάτων.

Αξίζει να τονιστεί ότι **η βροχή οδηγεί στη μείωση της σοβαρότητας του συνόλου των ατυχημάτων**. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται ενδεχομένως στο ότι οι οδηγοί είναι πιο προσεκτικοί και μειώνουν την ταχύτητα κίνησης όταν βρέχει αφενός γιατί γνωρίζουν πως το οδόστρωμα είναι ολισθηρό και αφετέρου επειδή αντιμετωπίζουν πρακτικές δυσκολίες όπως το θόλωμα των παραθύρων του οχήματος. Η επιπλέον αυτή προσοχή στον τρόπο οδήγησης ακόμα και αν δεν συμβάλλει τελικά στη μείωση της επικινδυνότητας για εμπλοκή σε ατύχημα, ωστόσο επιδρά θετικά στη μείωση της σοβαρότητας των ατυχημάτων κυρίως λόγω των μειωμένων ταχυτήτων κίνησης.

Σε ότι αφορά στη **θερμοκρασία και στο πλήθος των ατυχημάτων**, ισχύει η ακόλουθη συσχέτιση: Η μείωση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση στον κυκλοφοριακό φόρτο (αναβολή ή ματαίωση αποφάσεων για μετακινήσεις) και συνεπώς μειώνονται τα ατυχήματα.

Εξίσου σημαντικό συμπέρασμα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί το ότι **η χαμηλή θερμοκρασία οδηγεί στην αύξηση της επικινδυνότητας των δικύκλων**. Οι λόγοι μπορεί να είναι παρόμοιοι με εκείνους που ισχύουν για την επιρροή της βροχής στην επικινδυνότητα των δικύκλων. Η αύξηση αυτή της επικινδυνότητας των δικύκλων ίσως εξηγείται από το γεγονός ότι ο ρυθμός μείωσης του πλήθους των ατυχημάτων είναι μικρότερος από εκείνον του πλήθους των οχηματοχλιομέτρων.

Σε αντίθεση με το προηγούμενο συμπέρασμα, η **χαμηλή θερμοκρασία οδηγεί στη μείωση της σοβαρότητας του συνόλου των ατυχημάτων**. Η μείωση αυτή ενδεχομένως να οφείλεται σε παρόμοιους λόγους με εκείνους που ισχύουν για τη βροχύπτωση. Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή είναι πιθανό οι οδηγοί να προσέχουν περισσότερο επειδή φοβούνται τη δημιουργία πάγου στο οδόστρωμα ή επειδή το θάμπωμα των παραθύρων του οχήματος τους κάνει πιο επιφυλακτικούς και έτσι μειώνουν την ταχύτητα κίνησης.

Το **γενικό συμπέρασμα** που προκύπτει από όλα τα παραπάνω είναι ότι σε ότι αφορά στο πλήθος των ατυχημάτων (για το σύνολο των οχημάτων), αυτό μειώνεται όταν επικρατεί χαμηλή θερμοκρασία και δεν βρέχει. Σε ότι αφορά στην επικινδυνότητα για τα δίκυκλα, αυτή μειώνεται όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή και δεν βρέχει. Τέλος, σε ότι αφορά στη σοβαρότητα του συνόλου των ατυχημάτων, αυτή μειώνεται όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή και βρέχει. Τα αποτελέσματα αυτά ενδεχομένως παρουσιάζονται καλύτερα με τη βοήθεια του ακόλουθου πίνακα:

Πίνακας 1: Σχηματική Σύνοψη Αποτελεσμάτων

	Θερμοκρασία	Βροχή
Συχνότητα ατυχημάτων (σύνολο οχημάτων)	Θερμοκρασία ↓: Κ. Φόρτος ↓ και Ατυχήματα ↓	Βροχή ↑: Κ. Φόρτος ↓ και Ατυχήματα ↑
Επικινδυνότητα δικύκλων	Θερμοκρασία ↓: Επικινδυνότητα ↑	Βροχή ↑: Επικινδυνότητα ↑
Σοβαρότητα συνόλου ατυχημάτων	Θερμοκρασία ↓: Σοβαρότητα ↓	Βροχή ↑: Σοβαρότητα ↓

Επισημαίνεται ότι η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση μπορεί να αποτελέσει κατάλληλη μέθοδο** για τη συσχέτιση των ατυχημάτων (για το σύνολο των

οχημάτων) με τον κυκλοφοριακό φόρτο και τις καιρικές συνθήκες, για τη συσχέτιση της επικινδυνότητας (για τα δίκυκλα) με τις καιρικές συνθήκες (βροχόπτωση και θερμοκρασία), και για τη σοβαρότητα του συνόλου των ατυχημάτων με τις καιρικές συνθήκες. Αυτό ισχύει δεδομένου ότι τα τρία μαθηματικά πρότυπα, που προέκυψαν με χρήση της μεθόδου αυτής, θεωρούνται αξιόπιστα και τα εξαγόμενα συμπεράσματα φαίνεται να είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας. Αξίζει να αναφερθεί ότι η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση παρέχει τη δυνατότητα αποτύπωσης μιας καμπύλης με χρήση γραμμικής παλινδρόμησης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΕΛΙΔΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	16
3. ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	28
4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	
4.1 Γενικά.....	40
4.2 Βροχόπτωση.....	40
4.3 Θερμοκρασία.....	41
4.4 Ατυχήματα.....	42
4.5 Νεκροί.....	49
4.6 Κυκλοφοριακός Φόρτος.....	53
5. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	60
6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	
6.1 Μητρώα εισόδου.....	77
6.2 Μεταβλητές.....	79
6.3 Κριτήρια επιλογής μεταβλητών.....	81
6.4 Πλήθος ατυχημάτων.....	83
6.5 Επικινδυνότητα για τα δίκυκλα.....	90
6.6 Σοβαρότητα για το σύνολο των ατυχημάτων.....	94
6.7 Μη αποδεκτά πρότυπα συσχέτισης.....	98
6.8 Διερεύνηση προτύπων συσχέτισης μέσω κατανομής Poisson.....	100
6.9 Τελικές σχέσεις.....	102
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	104
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	114

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΕΛΙΔΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική ανασκόπηση.....	1
1.2 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας.....	7
1.3 Μεθοδολογία.....	9
1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	13

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Έρευνες στατιστικής ανάλυσης φαινομένων ατυχηματικού χαρακτήρα.....	16
2.2 Έρευνες συσχέτισης της επικινδυνότητας και σοβαρότητας των ατυχημάτων με τις καιρικές συνθήκες του περιβάλλοντος την οδό χώρου.....	18
2.3 Γενικές έρευνες της διαχρονικής εξέλιξης και εποχιακής διακύμανσης των ατυχημάτων στην Ελλάδα.....	22
2.4 Κριτική αξιολόγηση.....	26

3. ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

3.1 Είδος στοιχείων προς εξέταση.....	28
3.2 Πηγές στοιχείων και διαδικασία συλλογής.....	29
3.3 Συλλεχθέντα στοιχεία.....	38

4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Γενικά.....	40
4.2 Βροχόπτωση.....	40
4.3 Θερμοκρασία.....	41
4.4 Ατυχήματα.....	42
4.5 Νεκροί.....	49
4.6 Κυκλοφοριακός Φόρτος.....	53
4.7 Ενοποίηση και αντιστοίχιση των στοιχείων.....	59

5. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

5.1 Στατιστικές μέθοδοι διερεύνησης συσχέτισης μεταξύ σειρών μεταβλητών.....	60
5.1.1 Γραμμική παλινδρόμηση.....	60
5.1.2 Λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση.....	61
5.1.3 Κατανομή Poisson.....	63
5.1.4 Βασικές Αρχές Παλινδρομήσεων.....	65
5.1.5 Κριτήρια Αποδοχής Σχέσεων.....	66
5.2 Περιγραφή στατιστικών προγραμμάτων.....	67
5.2.1 Λειτουργία Λογισμικού MS Excel.....	67
5.2.2 Λειτουργία Λογισμικού SPSS.....	69
5.2.2.1 Βασικές Έννοιες του Προγράμματος.....	69
5.2.2.2 Μέθοδοι Ελέγχου Γραμμικών Παλινδρομήσεων.....	71
5.2.3 Λειτουργία Λογισμικού R – Project.....	73
5.3 Έλεγχοι Αποτελεσμάτων.....	74

6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 Μητρώα εισόδου.....	77
6.2 Μεταβλητές.....	79
6.3 Κριτήρια επιλογής μεταβλητών.....	81
6.4 Πλήθος ατυχημάτων.....	83
6.4.1 Διερεύνηση συσχέτισης	84
6.4.2 Επιλογή προτύπου και μαθηματικής σχέσης.....	87
6.4.3 Χαρακτηριστικά διαγράμματα.....	88
6.5 Επικινδυνότητα για τα δίκυκλα.....	90
6.5.1 Διερεύνηση συσχέτισης	91
6.5.2 Επιλογή προτύπου και μαθηματικής σχέσης.....	92
6.5.3 Χαρακτηριστικά διαγράμματα.....	93
6.6 Σοβαρότητα για το σύνολο των ατυχημάτων.....	95
6.6.1 Διερεύνηση συσχέτισης	95
6.6.2 Επιλογή προτύπου και μαθηματικής σχέσης.....	96
6.6.3 Χαρακτηριστικά διαγράμματα.....	97
6.7 Μη αποδεκτά πρότυπα συσχέτισης.....	98
6.8 Διερεύνηση προτύπων συσχέτισης μέσω κατανομής Poisson.....	100

6.9 Τελικές σχέσεις.....	102
 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
7.1 Σύνοψη.....	104
7.2 Συμπεράσματα.....	107
7.3 Προτάσεις.....	111
7.4 Περαιτέρω έρευνα.....	112
 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Πίνακες	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: Διαγράμματα προκαταρκτικής ανάλυσης με τη χρήση MS Excel	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: Δεδομένα εξόδου R - Project	

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΣΕΛΙΔΑ

Διάγραμμα 1.1 Εξέλιξη του αριθμού των οδικών ατυχημάτων.....	2
Διάγραμμα 1.2 Εξέλιξη του αριθμού των θανατηφόρων ατυχημάτων.....	2
Διάγραμμα 1.3 Εξέλιξη του αριθμού βαριά τραυματιών και νεκρών.....	3
Διάγραμμα 1.4 Νεκροί ανά εκατομμύριο οχήματα.....	3
Διάγραμμα 1.5 Νεκροί ανά εκατομμύριο κατοίκους.....	3
Διάγραμμα 1.6 Αντιπροσωπευτικοί δείκτες νεκρών σε κάθε χώρα της Ευρώπης για το έτος 1997.....	4
Διάγραμμα 1.7 Σχηματική απεικόνιση της ακολουθούμενης μεθοδολογίας.....	12
Διάγραμμα 2.1 Μηνιαία διακύμανση ατυχημάτων.....	23
Διάγραμμα 2.2 Μηνιαία διακύμανση νεκρών.....	23
Διάγραμμα 2.3 Μηνιαία διακύμανση βαριά τραυματιών.....	23
Διάγραμμα 2.4 Μηνιαία διακύμανση ελαφρά τραυματιών.....	24
Διάγραμμα 2.5 Παθόντες ανά 100.000 κατοίκους.....	24
Διάγραμμα 2.6 Νεκροί ανά 100.000 κατοίκους.....	24
Διάγραμμα 2.7 Βαριά τραυματίες ανά 100.000 κατοίκους.....	25

Διάγραμμα 6.1 Πλήθος ατυχημάτων ανά μήνα συναρτήσει του πλήθους ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα.....	89
Διάγραμμα 6.2 Πλήθος ατυχημάτων ανά μήνα συναρτήσει του πλήθους ημερών ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ανά μήνα.....	89
Διάγραμμα 6.3 Πλήθος ατυχημάτων ανά μήνα συναρτήσει του αντίστοιχου μηνιαίου κυκλοφοριακού φόρτου.....	90
Διάγραμμα 6.4 Επικινδυνότητα για τα δίκυκλα συναρτήσει του ημερήσιου μέσου όρου θερμοκρασίας.....	93
Διάγραμμα 6.5 Επικινδυνότητα για τα δίκυκλα συναρτήσει του πλήθους ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα.....	94
Διάγραμμα 6.6 Σοβαρότητα των ατυχημάτων συναρτήσει του πλήθους ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα.....	97
Διάγραμμα 6.7 Σοβαρότητα των ατυχημάτων συναρτήσει του πλήθους ημερών ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ανά μήνα.....	98

ΠΙΝΑΚΕΣ

ΣΕΛΙΔΑ

Πίνακας 3.1 Περιγραφή επιλεγμένων μεταβλητών της βάσης δεδομένων της ΕΣΥΕ για την περίοδο 1985 – 1999.....	34
Πίνακας 3.2 Διαθέσιμα στοιχεία.....	39
Πίνακας 4.1 Ερώτημα στην Access για την εύρεση των ατυχημάτων ανά τύπο οχήματος και σε μηνιαία βάση για την περιοχή έρευνας της Λάρισας (Design View).....	45
Πίνακας 4.2 Αποτελέσματα ερωτήματος στην Access για την εύρεση των ατυχημάτων ανά τύπο οχήματος και σε μηνιαία βάση για την περιοχή έρευνας της Λάρισας (Datasheet View).....	46
Πίνακας 4.3 Αριθμός ατυχημάτων (ποσοστιαία αναλογία) ανά έτος και μήνα για τον ΠΑΘΕ.....	47
Πίνακας 4.4 Συνολικός αριθμός ατυχημάτων (ποσοστιαία αναλογία) ανά έτος και μήνα και για τις 3 περιοχές έρευνας.....	48
Πίνακας 4.5 Σοβαρότητα των ατυχημάτων (ποσοστιαία αναλογία) ανά έτος και μήνα για τον ΠΑΘΕ.....	48
Πίνακας 4.6 Σοβαρότητα των ατυχημάτων (ποσοστιαία αναλογία) και για τις 3 περιοχές έρευνας.....	49
Πίνακας 4.7 Ερώτημα στην Access για την εύρεση του πλήθους των νεκρών από οδικά ατυχήματα σε μηνιαία βάση για την περιοχή έρευνας της Λάρισας (Design View).....	50

Πίνακας 4.8 Αποτελέσματα ερωτήματος στην Access για την εύρεση του πλήθους των νεκρών από οδικά ατυχήματα σε μηνιαία βάση για την περιοχή έρευνας της Λάρισας (Datasheet View).....	51
Πίνακας 4.9 Πλήθος νεκρών (ποσοστιαία αναλογία) από οδικά ατυχήματα ανά έτος και μήνα για τον ΠΑΘΕ.....	52
Πίνακας 4.10 Συνολικό πλήθος νεκρών (ποσοστιαία αναλογία) από οδικά ατυχήματα ανά έτος και μήνα για τις 3 περιοχές έρευνας.....	53
Πίνακας 4.11 Πλήθος αποδείξεων ανά κατηγορία οχήματος ανά μήνα για το Σ.Δ Ζευγολατειού και για το 1988.....	54
Πίνακας 4.12 Ποσοστιαία κατανομή πλήθους οχημάτων ανά μήνα για το Σ.Δ Ζευγολατειού και για το 1988.....	55
Πίνακας 4.13 Πλήθος αποδείξεων ανά κατηγορία οχήματος ανά Μήνα για το Σ.Δ Ζευγολατειού και για το 1996.....	55
Πίνακας 4.14 Ποσοστιαία κατανομή πλήθους οχημάτων ανά Μήνα για το Σ.Δ Ζευγολατειού και για το 1996.....	56
Πίνακας 4.15 Μέση ποσοστιαία κατανομή κυκλοφορίας ανά μήνα.....	56
Πίνακας 4.16 Ετήσιο πλήθος οχημάτων διερχομένων από το Σ.Δ Ζευγολατειού.....	57
Πίνακας 5.1 Παράδειγμα προκαταρκτικής στατιστικής διερεύνησης με τη χρήση του λογισμικού MS Excel.....	68
Πίνακας 5.2 Παράδειγμα χρήσης του λογισμικού R-Project.....	74
Πίνακας 6.1α Τελικό αποτέλεσμα του SPSS σχετικά με το δείκτη R^2 (ατυχήματα – κυκλοφοριακός φόρτος – καιρικές συνθήκες).....	87

Πίνακας 6.1β Τελικό αποτέλεσμα του SPSS σχετικά με τους δείκτες t και τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών (ατυχήματα – κυκλοφοριακός φόρτος – καιρικές συνθήκες).....	87
Πίνακας 6.2α Τελικό αποτέλεσμα του SPSS σχετικά με το δείκτη R^2 (επικινδυνότητα δικύκλων – καιρικές συνθήκες).....	91
Πίνακας 6.2β Τελικό αποτέλεσμα του SPSS σχετικά με τους δείκτες t και τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών (επικινδυνότητα δικύκλων – καιρικές συνθήκες).....	92
Πίνακας 6.3α Τελικό αποτέλεσμα του SPSS σχετικά με το δείκτη R^2 (σοβαρότητα ατυχημάτων – καιρικές συνθήκες).....	95
Πίνακας 6.3β Τελικό αποτέλεσμα του SPSS σχετικά με τους δείκτες t και τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών (σοβαρότητα ατυχημάτων – καιρικές συνθήκες).....	96
Πίνακας 7.1 Συμπεράσματα.....	110

ΣΧΗΜΑΤΑ

ΣΕΛΙΔΑ

Σχήμα 4.1 Σκαρίφημα της εξόδου προς Τρίπολη στην Ε.Ο Αθηνών – Πατρών.....	58
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

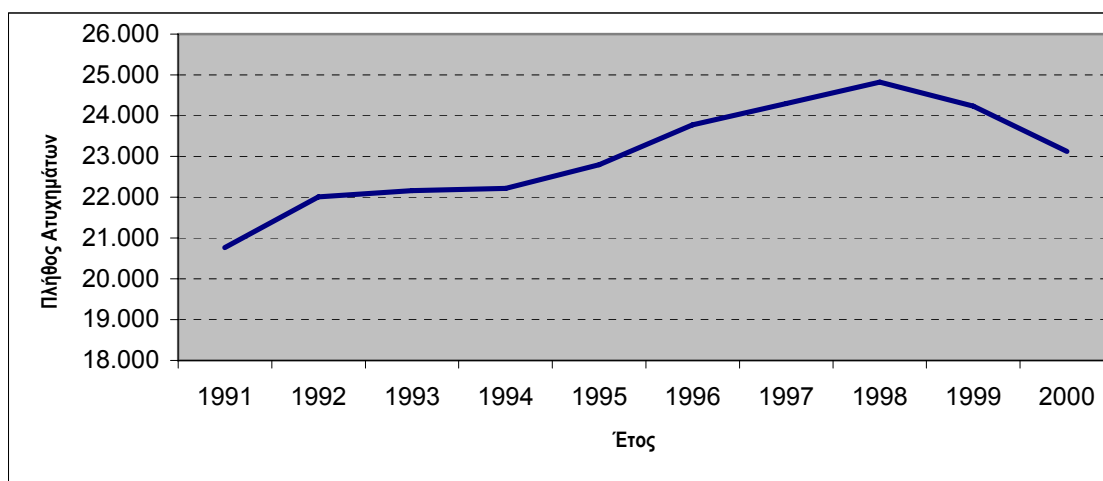
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

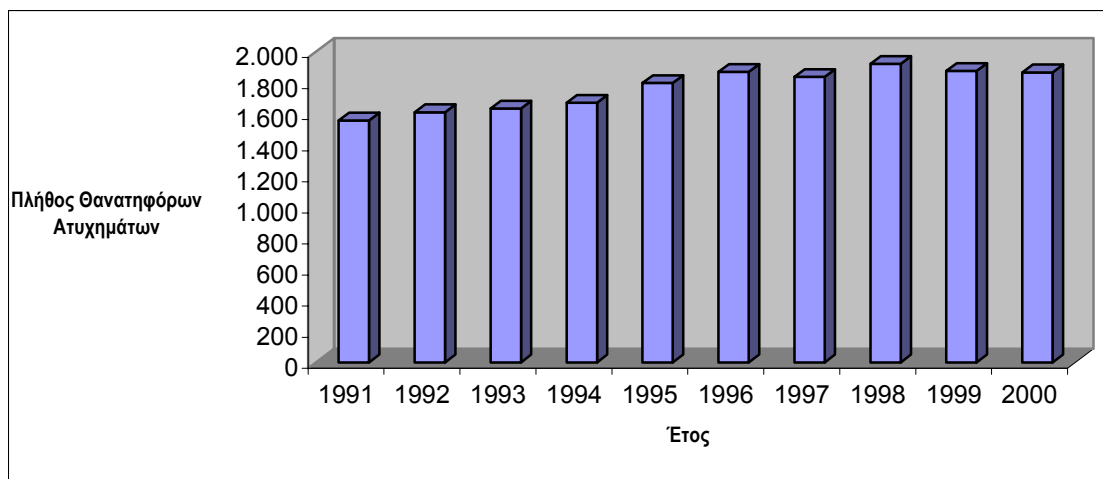
Σύμφωνα με επίσημα στοιχεία των φορέων οδικής ασφάλειας **τα οδικά ατυχήματα αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των ατυχημάτων στις μεταφορές**. Στην Ελλάδα καταγράφονται κάθε χρόνο περίπου 20.000 οδικά ατυχήματα με θύματα τα οποία έχουν ως συνέπεια περίπου 1.700 νεκρούς, 30.000 τραυματίες και σημαντικές υλικές ζημιές. Σε παγκόσμια κλίμακα εκτιμάται ότι κάθε χρόνο περίπου 1.000.000 άνθρωποι βρίσκουν το θάνατο και 15 εκατομμύρια τραυματίζονται στα οδικά ατυχήματα. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι **κάθε μέρα στην Ελλάδα τα οδικά ατυχήματα αποτελούν την αιτία για το θάνατο 6 πολιτών**. Στα στοιχεία αυτά δεν συμπεριλαμβάνονται ελαφρότερα ατυχήματα με υλικές ζημιές μόνο. Με την αξιοποίηση και των στοιχείων που συλλέγονται από τις δηλώσεις που υποβάλλονται στις ασφαλιστικές εταιρίες, οι οποίες καλύπτουν και τα ατυχήματα με υλικές ζημιές μόνο, οι προαναφερθέντες αριθμοί ατυχημάτων παρουσιάζονται περισσότερο αυξημένοι. Οι νεκροί, οι τραυματίες και οι υλικές ζημιές των οδικών ατυχημάτων έχουν μεγάλο κόστος για την Ελληνική κοινωνία και οικονομία (Γκόλιας, Γιαννής, 1995 και Λιακόπουλος, 2002).

Στην Ελλάδα η προσπάθεια βελτίωσης της συγκοινωνιακής υποδομής, με στόχο την πρόληψη των οδικών ατυχημάτων, δεν μπορεί να ακολουθήσει σε ικανοποιητικό βαθμό τους ταχείς ρυθμούς αύξησης των μετακινήσεων με αποτέλεσμα τον υψηλό ετήσιο αριθμό οδικών ατυχημάτων. Σε αυτό το γεγονός οφείλεται **η κατάταξη της Ελλάδας στις πρώτες των χωρών με τους αναλογικά περισσότερους κατ'έτος νεκρούς σε ατυχήματα σε πανευρωπαϊκό επίπεδο**. Μεταξύ των ετών 1991 και 2000, ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα αυξήθηκε από 20.764 σε 23.127, δηλαδή μια αύξηση δεκαετίας περίπου 11% (Διάγραμμα 1.1). Ειδικά για τα θανατηφόρα ατυχήματα, η αύξηση για την ίδια περίοδο ήταν από 1.557 σε 1.867, δηλαδή 20% (Διάγραμμα 1.2). Επίσης, αυτή τη δεκαετία, οι νεκροί και οι βαριά τραυματίες αυξήθηκαν από 1.790 σε 2.088 (16,6%) και από 3.318 σε 4.219 (27%)

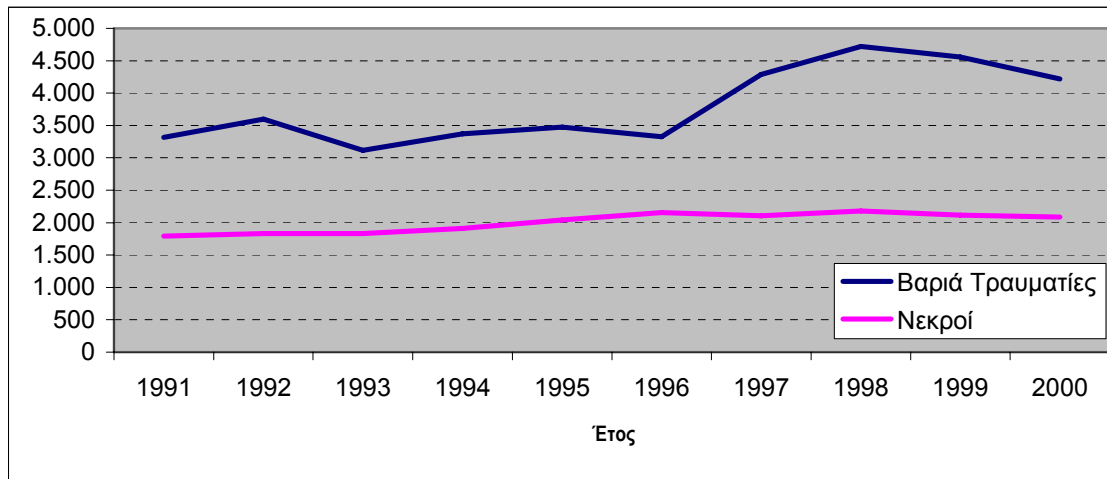
αντιστοίχως (Διάγραμμα 1.3). Παρά την προαναφερθείσα σαφή χειροτέρευση του επιπέδου της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα, το πραγματικό πρόβλημα είναι σαφώς λιγότερο σοβαρό αν αναλογιστεί κανείς ότι την τελευταία δεκαετία ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων έχει αυξηθεί σημαντικά. Έτσι ο αριθμός των νεκρών ανά εκατομμύριο οχήματα τη δεκαετία 1991 – 2000 μειώθηκε από 417 σε 317 (24%) (Διάγραμμα 1.4) ωστόσο οι νεκροί ανά εκατομμύριο κατοίκους αυξήθηκαν από 177 σε 198 (12%) (Διάγραμμα 1.5).



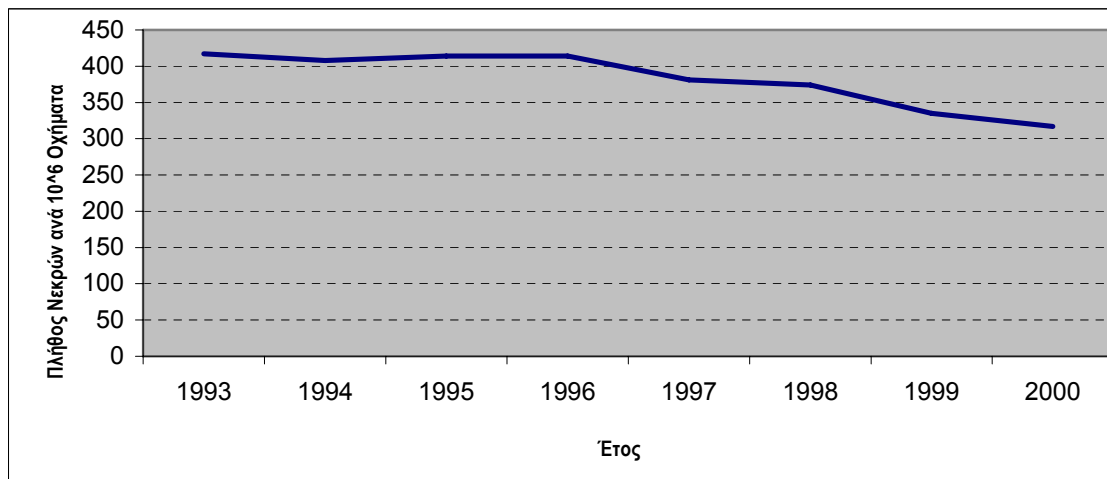
Διάγραμμα 1.1 Εξέλιξη πλήθους οδικών ατυχημάτων (ΕΣΥΕ 2001)



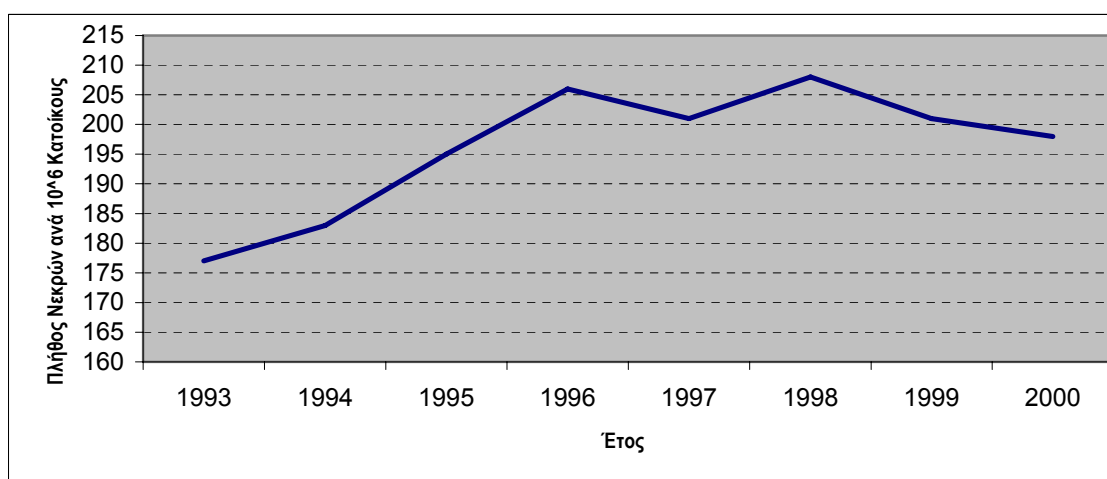
Διάγραμμα 1.2 Εξέλιξη πλήθους θανατηφόρων ατυχημάτων (ΕΣΥΕ 2001)



Διάγραμμα 1.3 Εξέλιξη πλήθους βαριά τραυματιών και νεκρών (ΕΣΥΕ 2001)

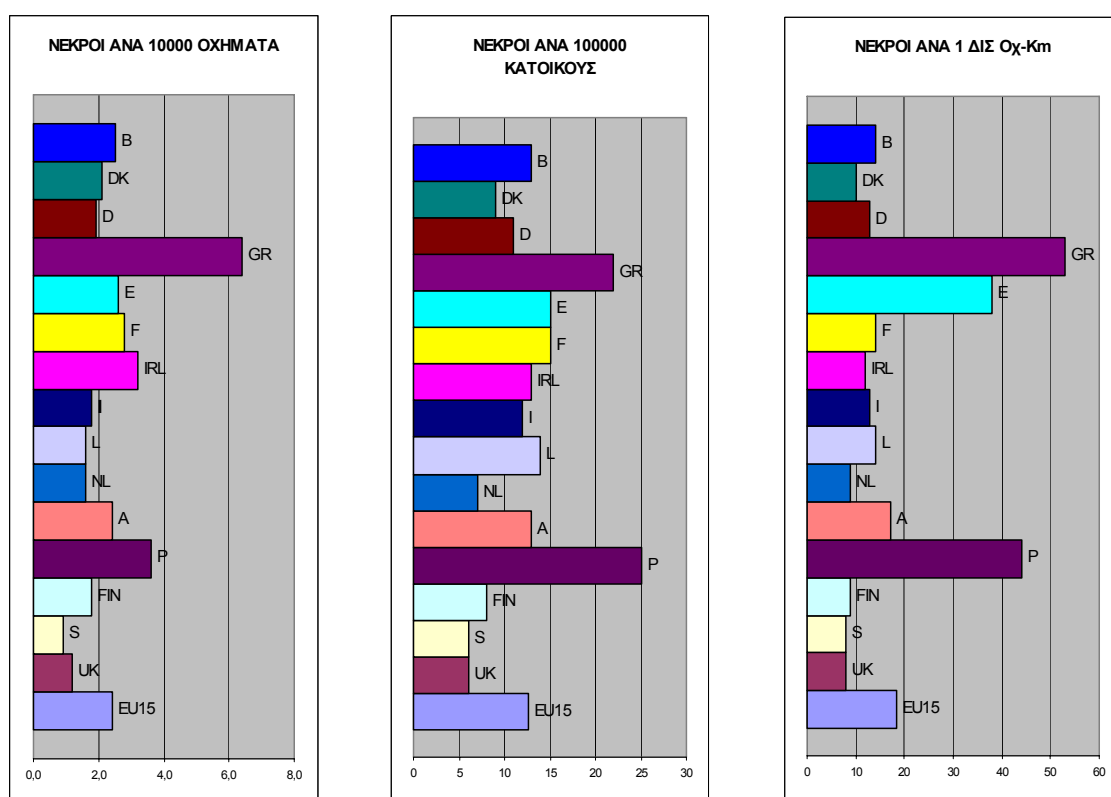


Διάγραμμα 1.4 Πλήθος νεκρών ανά εκατομμύριο οχήματα (ΕΣΥΕ 2001)



Διάγραμμα 1.5 Πλήθος νεκρών ανά εκατομμύριο κατοίκους (ΕΣΥΕ 2001)

Σε σχέση με τις υπόλοιπες ανεπτυγμένες χώρες, η Ελλάδα έχει έναν από τους υψηλότερους δείκτες θανάτων από οδικά ατυχήματα κυρίως λόγω της έλλειψης συστηματικής προσπάθειας πρόληψης (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994). Είναι χαρακτηριστικό ότι **η Ελλάδα και η Πορτογαλία είναι στις τελευταίες θέσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε ότι αφορά στην οδική ασφάλεια** (Διάγραμμα 1.6). Γίνεται επομένως φανερό η αναγκαιότητα βελτίωσης της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα ώστε να επιτευχθεί η μείωση του δείκτη θανάτων από οδικά ατυχήματα σε επίπεδα ανάλογα με εκείνα που έχουν επιτύχει οι περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Γκόλιας, Ματσούκης, Γιαννής, 1999).



Διάγραμμα 1.6 Αντιπροσωπευτικοί δείκτες νεκρών σε κάθε χώρα της Ευρώπης για το έτος 1997 (Ανάπτυξη στρατηγικού σχεδίου για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα 2001 – 2005 – ΕΜΠ – Τομέας ΜΣΥ)

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

α) Το όχημα

β) Η οδός και το περιβάλλον

γ) Οι χρήστες της οδού

Στις περισσότερες περιπτώσεις δύο ή και τρεις από τους παραπάνω παράγοντες συμβάλλουν στο ατύχημα. Η πολυπλοκότητα και η έλλειψη λεπτομερούς καταγραφής και ανάλυσης των συνθηκών υπό τις οποίες πραγματοποιήθηκε ένα ατύχημα, δεν επιτρέπουν πάντα τον αντικειμενικό εντοπισμό της συμβολής κάθε παράγοντα. Παρόλα αυτά διάφορες έρευνες ατυχημάτων σε βάθος δείχνουν ότι ο **χρήστης** της οδού μόνος ή σε συνδυασμό με τους άλλους δυο παράγοντες, **αποτελεί την κύρια αιτία των οδικών ατυχημάτων** (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994).

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

Οι **συνθήκες οδού και γενικότερα του οδικού περιβάλλοντος** που θεωρείται ότι έχουν επιρροή στην οδική ασφάλεια είναι οι παρακάτω (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994):

1. Ανεπαρκή γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδού, όπως λωρίδες κυκλοφορίας και ερείσματα με ανεπαρκές πλάτος, έλλειψη μεσαίων διαχωριστικών νησίδων, και κακή διαμόρφωση κόμβων
2. Χαμηλά πρότυπα κατασκευής όπως μειωμένη πρόσφυση και ανεπαρκής αποστράγγιση
3. Κακή μελέτη, τοποθέτηση και κατασκευή παρόδιων στοιχείων όπως στύλοι, στηθαία, κρασπεδόρειθρα.

4.Κακή οργάνωση της κυκλοφορίας όπως έλλειψη ή ανεπαρκής σήμανση, στάθμευση στην οδό

5.Πλήρης έλλειψη ή ανεπάρκεια οδικού φωτισμού

6.**Δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες** όπως ομίχλη, βροχή, υγρές επιφάνειες, χιόνι, παγετός, άνεμος.

7.Κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού.

Για την επίτευξη δυναμικής παρέμβασης στο **πολυπαραμετρικό** πρόβλημα της οδικής ασφάλειας απαιτείται λεπτομερής ανάλυση των επιμέρους παραγόντων που θα βοηθήσουν σε μια καλύτερη προσέγγιση του φαινομένου καθώς και σε μια σειρά αναλυτικών συμπερασμάτων . Η διερεύνηση της επιρροής του οδικού περιβάλλοντος στην οδική ασφάλεια έχει αποτελέσει εκτεταμένο αντικείμενο ερευνών στις ΗΠΑ και σε αρκετές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπου το πρόβλημα της οδικής ασφάλειας αντιμετωπίζεται με μεγάλη σοβαρότητα. Στόχος της διερεύνησης αυτής είναι να επισημανθούν τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού καθώς και **οι περιβαλλοντικές συνθήκες** που παίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόκληση ατυχημάτων και να προταθούν εναλλακτικές λύσεις βελτίωσης. Στις περισσότερες από τις έρευνες αυτές για την ορθή μακροσκοπική εξέταση των ατυχημάτων χρησιμοποιούνται διεθνώς διάφοροι **δείκτες ατυχημάτων** που ανάγουν τον αριθμό ή τα αποτελέσματα των ατυχημάτων ως προς κάποιο μέγεθος που εκφράζει το οδικό έργο στο οποίο αντιστοιχούν.

Οι αντιπροσωπευτικότεροι **δείκτες ατυχημάτων** είναι εκείνοι που συσχετίζουν τα ατυχήματα και τα θύματα τους με τα διανυθέντα οχηματοχιλιόμετρα και τα επιβατοχιλιόμετρα. Θεωρείται ότι ο δείκτης του αριθμού νεκρών ή ατυχημάτων ανά οχηματοχιλιόμετρα είναι ο καταλληλότερος και ακριβέστερος διότι λαμβάνει υπόψη και το βαθμό χρησιμοποίησης των οχημάτων και επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε μικροκλίμακα (οδός, κόμβος). Ακόμα όμως και για αυτή την περίπτωση, τα αποτελέσματα δεν είναι πάντα συγκρίσιμα λόγω των ειδικών συνθηκών που μπορεί να υπάρχουν σε κάθε εξεταζόμενη περιοχή και που απαιτούν τη χρήση πολυπλοκότερων σχέσεων και μοντέλων (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994).

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

1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στην παραπάνω γενική ανασκόπηση, σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **διερεύνηση της μακροσκοπικής συσχέτισης των καιρικών συνθηκών, της επικινδυνότητας και της σοβαρότητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας**. Για τη διερεύνηση αυτής της επιρροής επιχειρήθηκε η ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων συσχέτισης μέσω των οποίων θα είναι δυνατή η εκτίμηση της επικινδυνότητας και της σοβαρότητας των ατυχημάτων συναρτήσει των καιρικών συνθηκών και συγκεκριμένα της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας. Δίνεται επομένως η δυνατότητα στους υπεύθυνους φορείς να γνωρίζουν την επιρροή αυτών των δύο σημαντικών καιρικών μεταβλητών στην πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα και στην αντίστοιχη σοβαρότητα και έτσι να σχεδιάζουν ανάλογα με τη δυσμενέστερη κάθε φορά κατάσταση. Παραδείγματος χάριν, η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από αυτά τα μαθηματικά πρότυπα συσχέτισης μπορεί να βοηθήσει στην περαιτέρω ενημέρωση των οδηγών και έτσι να συμβάλλουν στην συνολική προσπάθεια για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα.

Αναλυτικότερα, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία καταβάλλεται προσπάθεια για την ανάπτυξη ενός **μαθηματικού προτύπου** που θα υπολογίζει την τιμή του πλήθους των ατυχημάτων και των δεικτών της σοβαρότητας και της επικινδυνότητας για δεδομένες τιμές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της

χώρας. Βασική επιδίωξη κατά την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας είναι το μαθηματικό πρότυπο που θα προκύψει να επιτρέπει τον προσδιορισμό εκείνων των μεταβλητών που συμβάλουν στα οδικά ατυχήματα και να ποσοτικοποιήσει το βαθμό επιρροής της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας στο τελικό αποτέλεσμα, ώστε να είναι δυνατή η επιλογή των κατάλληλων μέτρων για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας.

Σε γενικές γραμμές, η πιθανότητα πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος συναρτάται με **βασικές μεταβλητές** όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων, ο διαχωρισμός κατευθύνσεων με κεντρική νησίδα, οι κλιματολογικές συνθήκες, οι συνθήκες φωτισμού, ο τύπος του οχήματος και ο τύπος του ατυχήματος.

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

Με βάση όσα εξετάζονται σε αυτή την εργασία **επιδιώκεται να προσδιοριστεί ο** τρόπος με τον οποίο οι μεταβλητές της βροχόπτωσης, της θερμοκρασίας, του κυκλοφοριακού φόρτου και του τύπου του οχήματος επηρεάζουν την επικινδυνότητα για δημιουργία οδικού ατυχήματος και τη σοβαρότητα αυτού όταν συμβεί. Εκτιμάται ότι τα αποτελέσματα της ανάλυσης θα δώσουν τη δυνατότητα λήψης αποτελεσματικότερων μέτρων στοχεύοντας στην αντιμετώπιση του μεγάλου προβλήματος της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα.

1.3 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ακολουθήθηκε συγκεκριμένη μεθοδολογία, όπως αυτή που παρουσιάζεται στη συνέχεια και φαίνεται σχηματικά στο Διάγραμμα 1.7.

Αρχικά μετά την οριστικοποίηση του επιδιωκόμενου στόχου πραγματοποιήθηκε **βιβλιογραφική ανασκόπηση** τόσο σε Ελληνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Στη φάση αυτή πραγματοποιήθηκε αναζήτηση παρεμφερών ερευνών, επιστημονικών άρθρων καθώς και γενικών πληροφοριών σχετικά με το εξεταζόμενο αντικείμενο που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες για τη συγκεκριμένη έρευνα. Μέσω των παρεμφερών ερευνών καταβλήθηκε προσπάθεια να αποκτηθεί μια σχετική εμπειρία στην επεξεργασία τέτοιων θεμάτων, καθώς επίσης και να αποφασιστεί η μέθοδος με βάση την οποία θα πραγματοποιηθεί η επεξεργασία των στοιχείων και να επιτευχθεί ο επιδιωκόμενος στόχος.

Αφού μελετήθηκαν τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, προέκυψε ότι τα **στοιχεία** για την περαιτέρω ανάλυση, είναι εκείνα που αφορούν στο πλήθος των ατυχημάτων και των νεκρών και συλλέγονται αφενός από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος (Ε.Σ.Υ.Ε.) μέσω των Δελτίων Οδικών Τροχαίων Ατυχημάτων (Δ.Ο.Τ.Α) και αφετέρου από την υπάρχουσα βάση δεδομένων του τομέα συγκοινωνιακής υποδομής του ΕΜΠ, εκείνα που αφορούν σε κυκλοφοριακούς φόρτους και συλλέγονται από τους Σταθμούς Διοδίων των εξεταζόμενων υπεραστικών οδικών τμημάτων, και τέλος εκείνα που αφορούν στην βροχόπτωση και τη θερμοκρασία και που συλλέγονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.).

Το επόμενο βήμα ήταν η **στατιστική ανάλυση** των στοιχείων που συλλέχθηκαν για την οκταετία 1992 έως 1999 (περίοδος για την οποία είναι διαθέσιμα όλα τα απαραίτητα δεδομένα) και που αφορούν σε τρία σημαντικά σημεία του υπάρχοντος εθνικού υπεραστικού οδικού δικτύου: την Κόρινθο, την Αθήνα, και τη Λάρισα. Η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε σε προκαταρκτικό στάδιο με το Microsoft Excel. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε λεπτομερέστερη και πληρέστερη στατιστική επεξεργασία με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS, το οποίο επιτρέπει την εκτέλεση γραμμικής

παλινδρόμησης (linear regression) και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης (lognormal regression). Πιο συγκεκριμένα στην παρούσα έρευνα όλες οι εξεταζόμενες παράμετροι κωδικοποιήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελούν μεταβλητές συμβατές με το λογισμικό. Το εύρος των τιμών προήλθε από τον αριθμό των ατυχημάτων στο υπεραστικό δίκτυο της χώρας (Π.Α.Θ.Ε), για την περίοδο από το 1992 έως το 1999. Στο λογισμικό αυτό εφαρμόστηκε η μέθοδος εισόδου STEPWISE σε συνδυασμό με τη μέθοδο ENTER (περιγράφεται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο), όπου η τελευταία κρίθηκε απαραίτητη για την στατιστική επεξεργασία καθώς καθορίζει ποιες από τις υπό εξέταση μεταβλητές είναι στατιστικά σημαντικές για να συμπεριληφθούν στο μαθηματικό πρότυπο που προκύπτει.

Στην πορεία της εργασίας έγινε φανερό ότι η χρήση της **γραμμικής παλινδρόμησης δεν εξασφάλιζε μια ικανοποιητική συσχέτιση** μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής (πλήθος ατυχημάτων, επικινδυνότητα ανά τύπο οχήματος – δίκυκλα, επιβατικά, φορτηγά/λεωφορεία - και για το σύνολο αυτών και σοβαρότητα για το σύνολο των ατυχημάτων) και των υπό εξέταση ανεξάρτητων μεταβλητών (μέσο ημερήσιο ύψος βροχόπτωσης σε mm, πλήθος ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα, μέση ημερήσια θερμοκρασία σε °C και πλήθος ημερών ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας - <7°C – ανά μήνα). Με άλλα λόγια δηλαδή η στατιστική επεξεργασία με γραμμική παλινδρόμηση δεν οδήγησε σε ένα αποδεκτό μαθηματικό πρότυπο που θα ήταν χρήσιμο για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων. Το γεγονός αυτό έστρεψε την έρευνα στην αναζήτηση νέας στατιστικής μεθόδου για την επεξεργασία των στοιχείων.

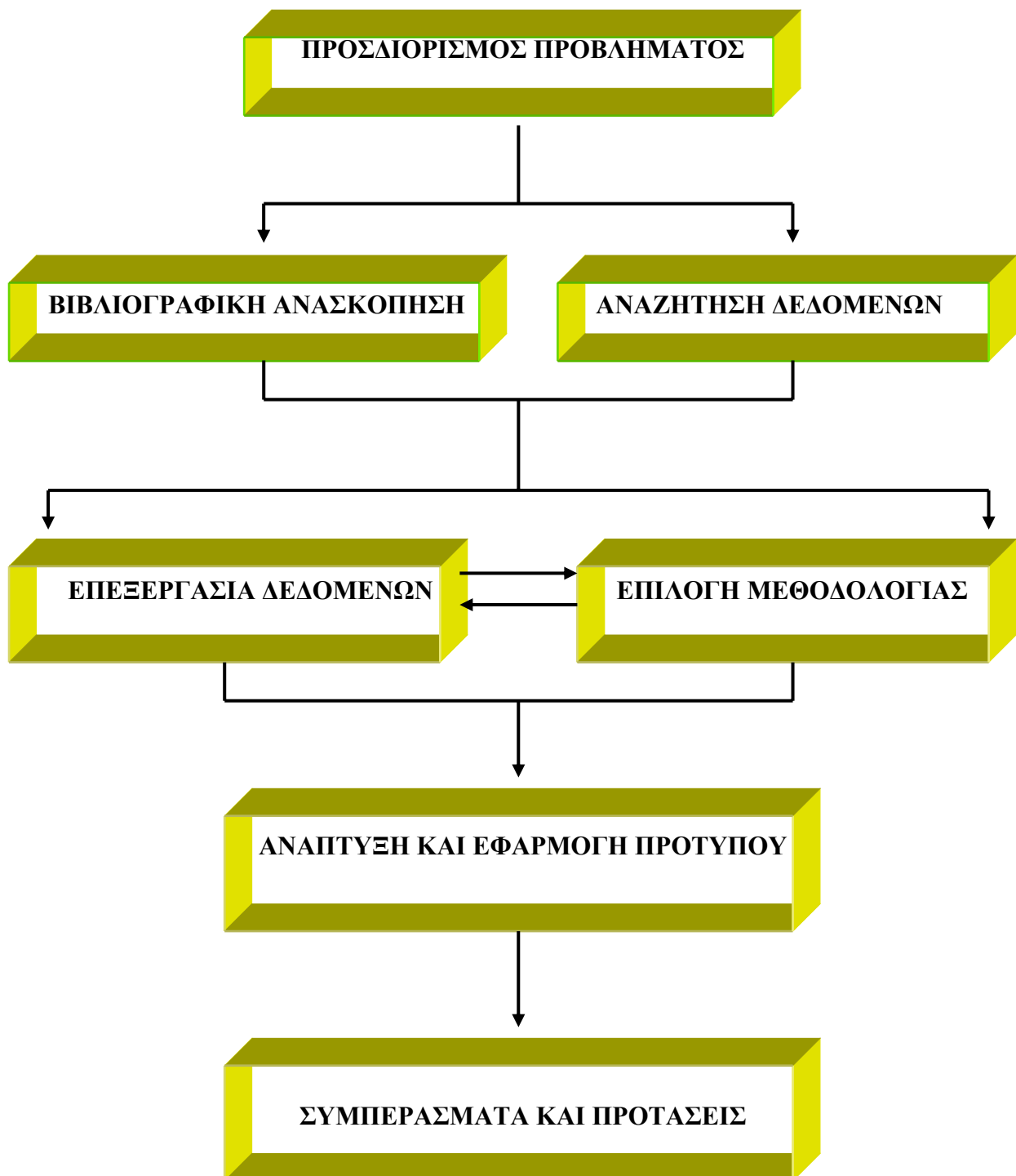
Στη συνέχεια της έρευνας επιδιώχθηκε η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων με χρήση της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης** είναι το ίδιο με εκείνο που χρησιμοποιήθηκε κατά την εκτέλεση της γραμμικής παλινδρόμησης με τη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή λάβαμε υπόψη το λογάριθμο της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανάλυση με τη μέθοδο που αναφέρθηκε οδήγησε σε **τρία μαθηματικά πρότυπα** που περιγράφουν ικανοποιητικά τη σχέση μεταξύ του πλήθους των ατυχημάτων (για όλες τις κατηγορίες οχημάτων), της επικινδυνότητας για τα δίκυκλα, και της σοβαρότητας του συνόλου των ατυχημάτων με τις επιλεγμένες ανεξάρτητες

μεταβλητές που αφορούν στη βροχόπτωση και στη θερμοκρασία. Τα αποτελέσματα κρίνονται ως αξιόπιστα και χρήσιμα.

Σε ότι αφορά στην επικινδυνότητα για το σύνολο των οχημάτων, για τα επιβατικά και για τα φορτηγά/λεωφορεία, ούτε η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση δίνει στατιστικώς αποδεκτά αποτελέσματα. Συνεπώς τα αντίστοιχα πρότυπα που προκύπτουν δεν θεωρούνται αποδεκτά.

Επιπλέον, για όλες τις προαναφερθείσες περιπτώσεις εξετάστηκε, σε εισαγωγικό και προκαταρκτικό στάδιο, το κατά πόσο η κατανομή Poisson περιγράφει ικανοποιητικά τη σχέση μεταξύ των προαναφερθέντων ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήσαμε το στατιστικό πρόγραμμα R το οποίο υπερτερεί των Excel και SPSS στο ότι παρέχει τη δυνατότητα διερεύνησης της κατανομής Poisson.

Από τις σχέσεις αυτές προκύπτουν πολύτιμες πληροφορίες ικανές να οδηγήσουν σε σημαντικά συμπεράσματα τα οποία αν εφαρμοστούν σωστά μπορούν να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση του σοβαρού προβλήματος της οδικής ασφάλειας.



Διάγραμμα 1.7 Σχηματική απεικόνιση της ακολουθούμενης μεθοδολογίας.

1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το **κεφάλαιο «1»** είναι **εισαγωγικό** και έχει σκοπό να δώσει στον αναγνώστη τη δυνατότητα να σχηματίσει μια εικόνα για το αντικείμενο με το οποίο ασχολείται η παρούσα διπλωματική. Αρχικά πραγματοποιείται γενική ανασκόπηση του προβλήματος της οδικής ασφάλειας, στο οποίο παρουσιάζονται ορισμένες γενικές πληροφορίες που αφορούν στο φαινόμενο των οδικών ατυχημάτων καθώς και διάφορα στατιστικά δεδομένα σχετικά με τη διαχρονική εξέλιξη του πλήθους των ατυχημάτων και των παθόντων τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρώπη. Ακολούθως, παρουσιάζεται ο σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, γίνεται δηλαδή λόγος για τη διερεύνηση της μακροσκοπικής συσχέτισης των καιρικών συνθηκών, του πλήθους των ατυχημάτων, της επικινδυνότητας και της σοβαρότητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας. Στη συνέχεια περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε κατά τη διεξαγωγή της έρευνας. Τέλος, το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παρουσίαση της δομής της Διπλωματικής Εργασίας.

Το **κεφάλαιο «2»** περιέχει τα αποτελέσματα της **βιβλιογραφικής ανασκόπησης** που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά παρουσιάζονται διάφορες έρευνες στατιστικής ανάλυσης των φαινομένων ατυχηματικού χαρακτήρα. Ο τρόπος ανάλυσης που εφαρμόζεται στις έρευνες αυτές, καθώς και η μεθοδολογία που αυτές ακολουθούν, αποτελούν μια πρώτη κατευθυντήρια γραμμή πάνω στην οποία κινείται και η παρούσα εργασία. Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικότερα τα αποτελέσματα διαφόρων ερευνών συσχέτισης του πλήθους των ατυχημάτων, της επικινδυνότητας και της σοβαρότητας των ατυχημάτων με τις καιρικές συνθήκες. Οι έρευνες αυτές παρέχουν πολύτιμο υλικό για τις μεθοδολογίες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και στη συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία. Τέλος, παρουσιάζονται ορισμένες έρευνες διαχρονικής εξέλιξης και εποχιακής διακύμανσης των ατυχημάτων που αφορούν συγκεκριμένα στην Ελλάδα και το κεφάλαιο κλείνει με την κριτική αξιολόγηση των ερευνών προκειμένου να διαπιστωθεί ποιες από αυτές μπορούν να προσφέρουν ουσιαστική βοήθεια για την εκπόνηση της παρούσας έρευνας. Στο συγκεκριμένο δηλαδή κεφάλαιο παρουσιάζεται μια σύνοψη όλων των βιβλιογραφικών πηγών που μελετήθηκαν, ώστε να αποκτηθεί το απαραίτητο γνωσιολογικό υπόβαθρο για την εκπόνηση της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **κεφάλαιο «3»** περιγράφεται ο τρόπος σύμφωνα με τον οποίο πραγματοποιήθηκε η **συλλογή των στοιχείων**, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στη διερεύνηση της συσχέτισης των καιρικών συνθηκών και των ατυχημάτων. Στην αρχή παρουσιάζονται τα απαραίτητα στοιχεία προς εξέταση, όπως αυτά καθορίζονται από τη μορφή της συσχέτισης που διερευνάται. Στη συνέχεια, περιγράφονται οι πηγές των στοιχείων αυτών καθώς και η διαδικασία συλλογής που ακολουθήθηκε προκειμένου αυτά να συλλεχθούν όσο το δυνατόν πιο λεπτομερή, ακριβή και ολοκληρωμένα. Τέλος, ακολουθεί η απαρίθμηση των συλλεχθέντων στοιχείων, τα οποία και τελικά χρησιμοποιήθηκαν στη στατιστική ανάλυση και πάνω στα οποία βασίστηκε η δημιουργία των προτύπων συσχέτισης.

Στο **κεφάλαιο «4»** περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο έγινε η **επεξεργασία των στοιχείων**, δηλαδή η συμπλήρωση διαφόρων ελλειπών τιμών, και η εύρεση μέσα από ευρύτερες βάσεις δεδομένων των συγκεκριμένων στοιχείων που ήταν αναγκαία για την παρούσα έρευνα (με τη χρήση ερωτημάτων στο λογισμικό MS Access) καθώς και των διαφόρων συνδυασμών αυτών. Η περιγραφή έγινε ξεχωριστά για κάθε μια από τις μεταβλητές που αποτελούν τη βάση διερεύνησης της συσχέτισης (βροχή, θερμοκρασία, ατυχήματα, νεκροί, κυκλοφοριακός φόρτος). Τέλος παρουσιάζονται τα επεξεργασμένα πλέον στοιχεία που αποτελούν τα μητρώα εισόδου στην ανάλυση που παρουσιάζεται στα επόμενα κεφάλαια.

Το θέμα του **κεφαλαίου «5»** είναι το **θεωρητικό υπόβαθρο** πάνω στο οποίο στηρίζεται η παρούσα Διπλωματική Εργασία. Παρουσιάζεται δηλαδή το γνωσιολογικό υπόβαθρο, στο οποίο στηρίζεται η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων καθώς και η ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Στη συνέχεια, περιγράφονται οι διάφορες στατιστικές μέθοδοι διερεύνησης συσχέτισης μεταξύ σειρών μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη έρευνα, δηλαδή η γραμμική και η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση καθώς και η κατανομή Poisson και τα κριτήρια αποδοχής σχέσεων βάσει των οποίων θα αποφασιστεί η ορθότητα των προτύπων συσχέτισης που προκύπτουν. Τέλος γίνεται εκτενής περιγραφή της λειτουργίας των λογισμικών Excel, SPSS, και R-Project που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα επιμέρους βήματα της στατιστικής ανάλυσης μέχρι την ανάπτυξη του τελικού μαθηματικού προτύπου.

Στο κεφάλαιο «6» περιγράφεται όλη η διαδικασία **ανάλυσης των δεδομένων και ανάπτυξης και εφαρμογής του τελικού μαθηματικού προτύπου**. Περιέχονται ακόμη τα εξαγόμενα από το πρότυπο αποτελέσματα, τα οποία παρουσιάζονται σε αναλυτική μορφή.

Τέλος, στο κεφάλαιο «7» **συνοψίζονται τα συμπεράσματα** που εξάγονται με βάση τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης και διατυπώνονται οι σχετικές προτάσεις για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Το **φαινόμενο των οδικών ατυχημάτων** παρουσιάζεται σχεδόν ταυτόχρονα με την κυκλοφορία των πρώτων αυτοκινήτων στις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Έκτοτε, η συνεχής διάδοση του αυτοκινήτου και η ολοένα και αυξανόμενη χρήση του είχαν ως αποτέλεσμα και την αύξηση των οδικών ατυχημάτων σε σημείο που σήμερα αποτελούν μια από τις κύριες αιτίες θανάτου. Είναι επομένως φυσικό το ότι το δυσάρεστο αυτό φαινόμενο από πολύ νωρίς προσέλκυσε το ενδιαφέρον των ειδικών, οι οποίοι εξακολουθούν να προσπαθούν να προσδιορίσουν τη διαχρονική εξέλιξη του και να εντοπίσουν τα αίτια που ευθύνονται γι' αυτό, ώστε να προτείνουν τα κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης.

Οι **στατιστικές** που αφορούν στα οδικά ατυχήματα χρησιμοποιούνται από τα ΜΜΕ, τους διάφορους αρμόδιους φορείς (Τροχαία, Υπουργείο Μεταφορών κλπ), τους ειδικούς επιστήμονες που ασχολούνται με τον τομέα της οδικής ασφάλειας (συγκοινωνιολόγοι κλπ), αλλά και από την κοινή γνώμη. Οι περίοδοι όπου παρατηρείται ασυνήθιστα υψηλή συχνότητα ατυχημάτων επισημαίνονται ιδιαίτερα και συνήθως προκαλούν κύμα αντιδράσεων υπέρ της λήψης περαιτέρω μέτρων (Fridstrom et al., 1994).

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Fridstrom et al., 1994, Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, 1994) το **οδικό ατύχημα** αποτελεί ένα συμβάν, το οποίο έχει τόσο έναν προκαθορισμένο όσο και έναν τυχηματικό χαρακτήρα. Τα αίτια που εξηγούν ένα συγκεκριμένο πλήθος ατυχημάτων είναι πολλά. Πρωτίστως, το πλήθος των ατυχημάτων για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο υπόκειται σε τυχαία διακύμανση. Επιπλέον, ο αριθμός των ατυχημάτων επηρεάζεται σημαντικά (κατά κανόνα αναλογικά) από τον αριθμό των οχηματοχιλιομέτρων που πραγματοποιούνται στην αντίστοιχη χρονική περίοδο. Επίσης, η εξέλιξη και η εποχικότητα των ατυχημάτων είναι σε κάποιο βαθμό

συνάρτηση των φυσικών – καιρικών φαινομένων ενώ σημαντικό ρόλο παίζει και το οδικό περιβάλλον όπως αυτό προσδιορίζεται από τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού, τον φωτισμό κλπ. Τέλος, η αναφερθείσα συχνότητα των ατυχημάτων επηρεάζεται και από τον εκάστοτε τρόπο καταγραφής, κωδικοποίησης, και επεξεργασίας των στοιχείων των ατυχημάτων. Η στατιστική ανάλυση επιχειρεί να εξηγήσει το βαθμό, στον οποίο η διακύμανση των ατυχημάτων εξηγείται από τους παραπάνω παράγοντες ώστε να γίνει κατανοητό γιατί το πλήθος των ατυχημάτων αφενός ακολουθεί μια συγκεκριμένη διακύμανση ή εξέλιξη και αφετέρου να γίνει δυνατή η πρόβλεψη του.

Πράγματι είναι πολύ **δύσκολο** να προβλεφθούν ατυχήματα στο μικροσκοπικό επίπεδο (πότε, που ακριβώς και από ποιόν θα συμβεί ατύχημα). Το καλύτερο που μπορεί να επιτευχθεί είναι να προβλεφθεί **προσεγγιστικά** και στατιστικά το πλήθος των ατυχημάτων (μακροσκοπικό επίπεδο). Είναι αναγκαίο να χρησιμοποιηθεί ένα πιθανολογικό πρότυπο περιγραφής του συνόλου των μεμονωμένων συμβάντων που παρατηρούνται σε τυχαία χρονικά διαστήματα.

Αν θεωρηθεί ότι το πλήθος των ατυχημάτων (λ) είναι συνάρτηση του χρόνου (t) και της περιοχής (r) – δηλαδή $\lambda(r,t)$ – υπάρχει μια συστηματική μεταβλητότητα που οφείλεται σε συγκεκριμένα αίτια, που μπορεί να ελεγχθεί, και που ουσιαστικά μας ενδιαφέρει. Η κατανομή Poisson δίδεται από τη σχέση: $P[y(r,t) = m] = [\lambda(r,t)]^m e^{-\lambda(r,t)} / m!$ όπου η παράμετρος $\lambda(r,t)$ = αναμενόμενη τιμή = διασπορά. Για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων των συστηματικών παραγόντων στο πλήθος των ατυχημάτων ισχύει $\lambda(r,t) = e^{\sum x_j(r,t)\beta_j}$, όπου x_j = ανεξάρτητες μεταβλητές, β_j = ελαστικότητες. Ακόμα και αν προσδιοριστεί ακριβώς το $\lambda(r,t)$ δεν είναι δυνατή η πρόβλεψη του πλήθους των ατυχημάτων με απόλυτη σιγουριά αφού υπάρχει αναπόφευκτα μια καθαρή τυχηματική διασπορά. Επισημαίνεται ότι εφόσον στην κατανομή Poisson η διασπορά ισούται με τον μέσο όρο, αν έχει εξηγηθεί η συστηματική διασπορά τότε μπορεί να γίνει πρόβλεψη και για την τυχηματική. Επίσης η κατανομή Poisson είναι μια καλή κατανομή εφόσον τα γεγονότα που αναλύουμε είναι ανεξάρτητα, διαφορετικά προτιμάται η αρνητική διωνυμική κατανομή. Τέλος, για μετρήσεις λιγότερες από δέκα δεν έχει βρεθεί πρότυπο πρόβλεψης διασποράς με ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Η διεθνής βιβλιογραφία έδειξε ότι αναφορικά με τα ατυχήματα με τραυματίες ή/και νεκρούς, λιγότερο από 10% της διασποράς του δείγματος μπορεί να αποδοθεί σε τυχαματικούς παράγοντες. Ο **κυκλοφοριακός φόρτος** έχει τη μεγαλύτερη επιρροή και είναι ο **πιο σημαντικός παράγοντας** που «κρύβεται» πίσω από το πλήθος των ατυχημάτων.

Ένα άλλο πρότυπο πρόβλεψης του πλήθους των ατυχημάτων είναι εκείνο που διατύπωσε ο καθηγητής Smeed (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994) και το οποίο αφορά στην εθνική κλίμακα κάθε χώρας. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα θανάτων από οδικά ατυχήματα, πληθυσμού και αριθμού κυκλοφορούντων οχημάτων από 20 χώρες για το 1938. Μετά από στατιστική ανάλυση, προέκυψε η σχέση: $F = 0,0003(VP^2)^{1/3}$ όπου F = αριθμός νεκρών από οδικά ατυχήματα, V = αριθμός κυκλοφορούντων οχημάτων, και P = πληθυσμός της χώρας. Η σχέση του Smeed εξελίχθηκε την περίοδο 1957 – 67 σε δύο επιμέρους τύπους: $F/V = 0,0003(V/P)^{-2/3}$ και $F/P = 0,0003(V/P)^{1/3}$. Σύμφωνα με τους τύπους αυτούς, 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%.

2.2 ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΙΣ ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΝ ΟΔΟ ΧΩΡΟΥ.

Ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν την οδήγηση είναι οι **καιρικές συνθήκες** όπως η ομίχλη, η βροχή, το χιόνι, και ο άνεμος. Είναι λοιπόν αναμενόμενο να έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες προκειμένου να προσδιοριστεί η ακριβής επιρροή των καιρικών φαινομένων στην επικινδυνότητα και στη σοβαρότητα των ατυχημάτων.

Σχετικά με την **ομίχλη**, σύμφωνα με διαφορετικές έρευνες (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994), η ομίχλη αυξάνει αφενός τον δείκτη ατυχημάτων κατά 40 – 50%, και αφετέρου τη σοβαρότητα των ατυχημάτων περίπου κατά 40%. Της ίδιας τάξης είναι και η αύξηση του λόγου των θανατηφόρων ατυχημάτων προς το σύνολο των ατυχημάτων. Επίσης, η ομίχλη αυξάνει σημαντικά τον αριθμό των οχημάτων που εμπλέκονται στο ατύχημα. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι στους αυτοκινητόδρομους, 50% των

ατυχημάτων σε ομίχλη αφορούν σε περισσότερα από δύο οχήματα ενώ το αντίστοιχο ποσοστό όταν δεν υπάρχει ομίχλη είναι 10%.

Ωστόσο, διαφορετικά είναι τα συμπεράσματα μιας άλλης έρευνας που πραγματοποιήθηκε στην Βρετανία (Smeed, 1953), σύμφωνα με την οποία η ομίχλη προκαλεί μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου και έτσι παρατηρήθηκαν λιγότερα ατυχήματα ανά οχηματο – μίλια. Επίσης παρατηρήθηκε μείωση στα ατυχήματα με τραυματισμό αλλά τα ατυχήματα με μόνο υλικές ζημιές αυξήθηκαν. Μια λογική εξήγηση για τα συμπεράσματα της έρευνας αυτής είναι ότι οι δυσμενείς συνθήκες τελικά δεν επιδρούν στο πλήθος των ατυχημάτων είτε επειδή οι οδηγοί είναι πιο προσεκτικοί, είτε επειδή μειώνεται ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων.

Τέλος, έρευνα που πραγματοποιήθηκε (Perry, Symons, 1991) κατέληξε ότι από όλες τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες οι οδηγοί φοβούνται περισσότερο την ομίχλη επειδή μειώνει σημαντικά την ορατότητά τους (οι οδηγοί επηρεάζονται όταν βλέπουν λιγότερο από 150m). Η ομίχλη μειώνει μεν την κυκλοφορία κατά περίπου 20% αλλά αυξάνει τον κίνδυνο για αυτούς που βρίσκονται στο δρόμο. Στους αυτοκινητόδρομους, οι ταχύτητες μειώνονται όχι όμως σε τέτοιο βαθμό ώστε να μειώνουν σημαντικά και τα ατυχήματα τα οποία είναι και πιο «εντυπωσιακά» (συμμετοχή πολλών οχημάτων). Δυστυχώς δεν έχει βρεθεί μια εξίσωση που να επιτρέπει τον υπολογισμό της επιρροής της ομίχλης στον αριθμό των ατυχημάτων.

Σε ότι αφορά στο **χιόνι** και στο **παγωμένο οδόστρωμα**, σύμφωνα με έρευνες (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994), προκύπτει ότι οδηγούν σε αύξηση του δείκτη ατυχημάτων. Επιπλέον, μεγαλύτερη είναι και η σοβαρότητα των ατυχημάτων που συμβαίνουν όταν χιονίζει ή όταν το οδόστρωμα είναι παγωμένο. Παρόμοια είναι και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από έρευνα (Perry, Symons, 1991) σύμφωνα με τους οποίους το χιόνι αποτελεί έναν σημαντικό λόγο ατυχημάτων καθώς προκαλεί προβλήματα ορατότητας και κίνησης.

Μια ακόμα έρευνα (Peltola, Kantonen, 1987) στη Φινλανδία οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το 1/3 των ατυχημάτων συμβαίνει όταν υπάρχει χιόνι ή πάγος επειδή οι συνεπακόλουθες συνθήκες ολισθηρότητας του οδοστρώματος αιφνιδιάζουν τους οδηγούς. Επίσης αποδείχθηκε ότι τα βαρέα οχήματα είναι πιο επικίνδυνα από ότι τα

επιβατικά και ότι περίπου τα μισά από τα θανατηφόρα ατυχήματα συνέβησαν όταν η θερμοκρασία ήταν μεταξύ -2 και 1°C . Επιπλέον, έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Σουηδία (Schandersson, 1988) οδήγησε στο συμπέρασμα ότι για μικρές και μέσες τιμές χιονόπτωσης ο κίνδυνος ατυχήματος αυξάνεται απότομα. Για χιονόπτωση μεγαλύτερη από 5 με 10mm, ο κίνδυνος ατυχήματος είναι 3 με 5 φορές μεγαλύτερος από ότι για κανονικές συνθήκες. Η αύξηση αυτή είναι μεγαλύτερη στους αυτοκινητόδρομους. Τέλος, έρευνα του οργανισμού διαχείρισης οδών της Φινλανδίας οδήγησε στο συμπέρασμα ότι ο κίνδυνος ατυχήματος σε παγωμένο δρόμο είναι 25 με 35 φορές μεγαλύτερος από ότι σε στεγνό (αυτοκινητόδρομοι) ωστόσο όσο συχνότερη είναι η εμφάνιση πάγου, τόσο ο κίνδυνος ατυχήματος μειώνεται.

Ο **δυνατός άνεμος** αποτελεί μια ακόμα δυσμενή περιβαλλοντική κατάσταση που επηρεάζει τα ατυχήματα. Έρευνα (Pauwelussen, De Vos, 1991) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο κίνδυνος λόγω του ανέμου αυξάνεται όταν βρέχει και ακόμα περισσότερο, όταν η ταχύτητα των οχημάτων είναι μεγάλη. Μια άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Βρετανία (Baker, Reynolds, 1992) κατέληξε στο ότι ο δυνατός άνεμος προκαλεί πιο συχνά ανατροπές (47%), εκτροπή από την πορεία (19%) και πρόσκρουση σε δέντρα (16%). Επίσης το 66% των ατυχημάτων με τραυματίες ή/και νεκρούς αφορούν σε βαρέα οχήματα ενώ το 27% αφορά σε επιβατικά αυτοκίνητα, οπότε είναι εμφανές ότι τα πρώτα εμφανίζουν μεγαλύτερη επικινδυνότητα στον άνεμο. Τέλος, τα ατυχήματα με θύματα υπό συνθήκες ανέμου αποτελούν ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνόλου. Τα περισσότερα ατυχήματα αφορούσαν σε επιβατικά οχήματα όμως στα ατυχήματα με φορτηγά είναι πιο πιθανό να υπάρχουν τραυματίες.

Σε ότι αφορά στην επιρροή της **βροχόπτωσης** στον αριθμό των ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους, υπάρχει σημαντικός αριθμός μελετών και ερευνών. Τα αποτελέσματα εργασίας που πραγματοποιήθηκε στον Καναδά και που βασίστηκε στη μέθοδο της αντιστοίχισης των μέσων όρων, απέδειξε ότι όταν βρέχει συμβαίνουν 70% περισσότερα ατυχήματα (Andrey, Yagar, 1993). Το ποσοστό αυτό είναι ιδιαίτερα αυξημένο τις τελευταίες ώρες μακρών γεγονότων βροχής ενώ όταν σταματήσει η βροχόπτωση η επικινδυνότητα επανέρχεται στο κανονικό.

Τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας επιβεβαιώνονται από την έρευνα των Shankar, Mannering, και Barfield (Shankar et al., 1995) οι οποίοι κατέληξαν στο

συμπέρασμα ότι η μέγιστη βροχόπτωση και ο αριθμός βροχερών ημερών επηρεάζουν σημαντικά τη συχνότητα των ατυχημάτων. Αυτό συμβαίνει λόγω της υδρολίσθησης και της κακής ορατότητας. Συγκεκριμένα, όταν αυξάνεται η μέγιστη ημερήσια βροχή, αυξάνονται οι συγκρούσεις με το πλαϊνό μέρος του οχήματος, με άλλο παρκαρισμένο όχημα ή σταθερό αντικείμενο και οι ανατροπές ενώ μειώνονται οι συγκρούσεις με συμμετοχή πολλών οχημάτων οι οποίες όμως αυξάνονται όταν αυξάνεται η μέση ημερήσια βροχόπτωση. Τέλος, όταν αυξάνεται ο αριθμός των ημερών βροχής ανά μήνα, μειώνονται οι πλάγιες και νωτομετωπικές συγκρούσεις αλλά αυξάνονται οι προσκρούσεις με σταθερά αντικείμενα.

Μια ακόμα έρευνα (Perry, Symons, 1991) απέδειξε ότι η βροχή αποτελεί πιθανή αιτία για αρκετά ατυχήματα λόγω της κακής ορατότητας, της μείωσης της πρόσφυσης των ελαστικών με το οδόστρωμα αλλά και της ανάκλασης. Ειδικά τα δίκυκλα είναι πιο ευάλωτα στη βροχή. Η αυξημένη επικινδυνότητα λόγω της βροχής είναι ακόμα πιο έντονη σε περιοχές που δεν βρέχει συχνά και συνεπώς οι οδηγοί δεν είναι συνηθισμένοι να αντιμετωπίζουν τέτοιες συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα αποτελέσματα δίνει η εργασία του R. J. Smeed (Smeed, 1953) ο οποίος έβγαλε το συμπέρασμα ότι όταν βρέχει έχουμε αύξηση των ατυχημάτων λόγω της ολισθηρότητας, της μείωσης της ορατότητας και της δημιουργίας οπτικών εμποδίων. Το 16% των ατυχημάτων οφείλεται στην ολισθηρότητα ενώ το υπόλοιπο οφείλεται στα οπτικά εμπόδια που προκαλεί η βροχή.

Η έρευνα της J. B. Edwards (Edwards, 1999) κατέληξε στο ότι τα ατυχήματα αυξάνουν όταν βρέχει αφού τουλάχιστον το 1/3 των ατυχημάτων με τραυματισμό συμβαίνουν σε υγρό οδόστρωμα. Αυτό συμβαίνει γιατί οι οδηγοί δεν μειώνουν αρκετά την ταχύτητα των οχημάτων τους όταν βρέχει επειδή υπερεκτιμούν την ικανότητά τους να αντεπεξέλθουν στις δυσμενείς οδικές συνθήκες. Επίσης, είναι χαρακτηριστικό ότι συνήθως οι οδηγοί δεν αναβάλλουν τις διαδρομές τους λόγω βροχής.

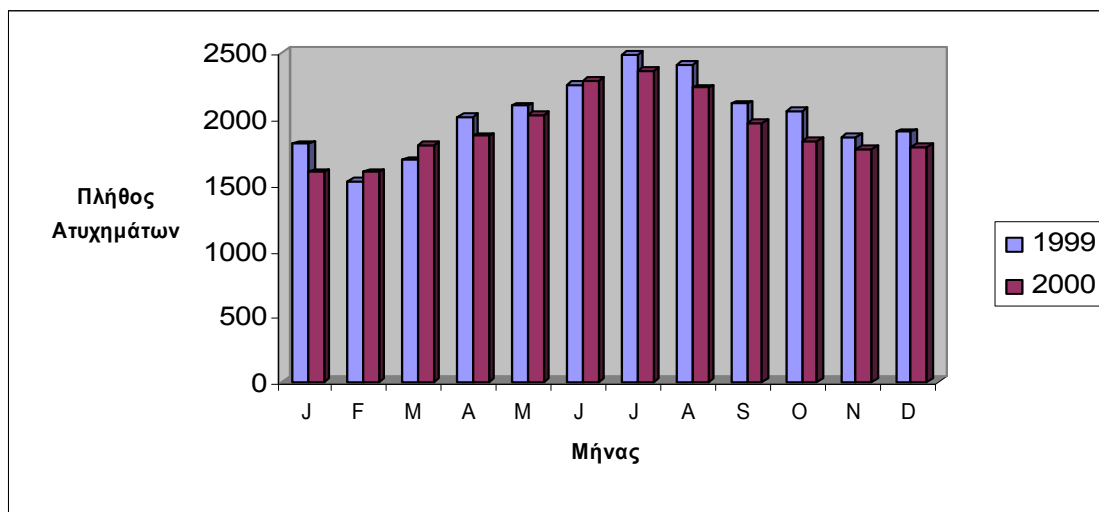
Μια έρευνα που αφορά στην επιρροή της βροχόπτωσης στα ατυχήματα και που έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον επειδή πραγματοποιήθηκε με δεδομένα βροχόπτωσης και κυκλοφορίας από το Ισραήλ, μια χώρα που κλιματολογικά μοιάζει με την Ελλάδα, συμπεραίνει ότι η βροχή και το υγρό οδόστρωμα προκαλούν οδηγικούς κινδύνους ειδικά τη νύχτα που η ορατότητα είναι κακή (Brodsky, Hakkert, 1988). Συγκεκριμένα,

όταν το οδόστρωμα είναι υγρό, ο κίνδυνος θανατηφόρου ατυχήματος είναι 3,9 με 4,5 φορές μεγαλύτερος. Ιδιαίτερα επικίνδυνες είναι οι βροχές που ακολουθούν μια παρατεταμένη περίοδο καλοκαιρίας (λόγω του σχηματισμού «γλίτσας») καθώς και αυτές που είναι σποραδικές και διαρκούν λίγο και που παρατηρούνται συνήθως τους μεταβατικούς μήνες (Νοέμβριος, Μάρτιος).

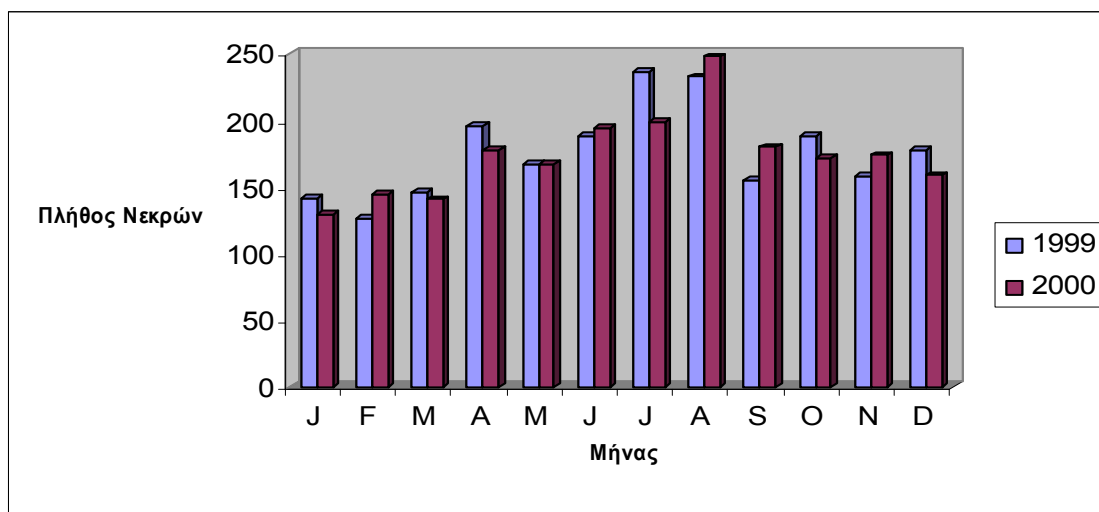
2.3 ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΤΗΣ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΚΑΙ ΕΠΟΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

Στην Ελλάδα οι φορείς που παρακολουθούν τα ατυχήματα, την εξέλιξή τους και την εποχιακή διακύμανσή τους είναι κυρίως το Υπουργείο Μεταφορών, η Εθνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΣΥΕ) και ο Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του ΕΜΠ. Σε ότι αφορά στην επεξεργασία των δεδομένων από την ΕΣΥΕ, σε τακτά χρονικά διαστήματα εκδίδονται ειδικές ενημερωτικές εκδόσεις που αφορούν στα οδικά ατυχήματα. Τα αποτελέσματα της έρευνας (Αύγουστος 2001) που αφορούν στην εξέλιξη του αριθμού των οδικών ατυχημάτων, του αριθμού των θανατηφόρων ατυχημάτων, του αριθμού των βαριά τραυματιών και νεκρών, των νεκρών ανά εκατομμύριο οχήματα και των νεκρών ανά εκατομμύριο κατοίκους παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 1 (είναι αντιστοίχως τα διαγράμματα 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, και 1.5).

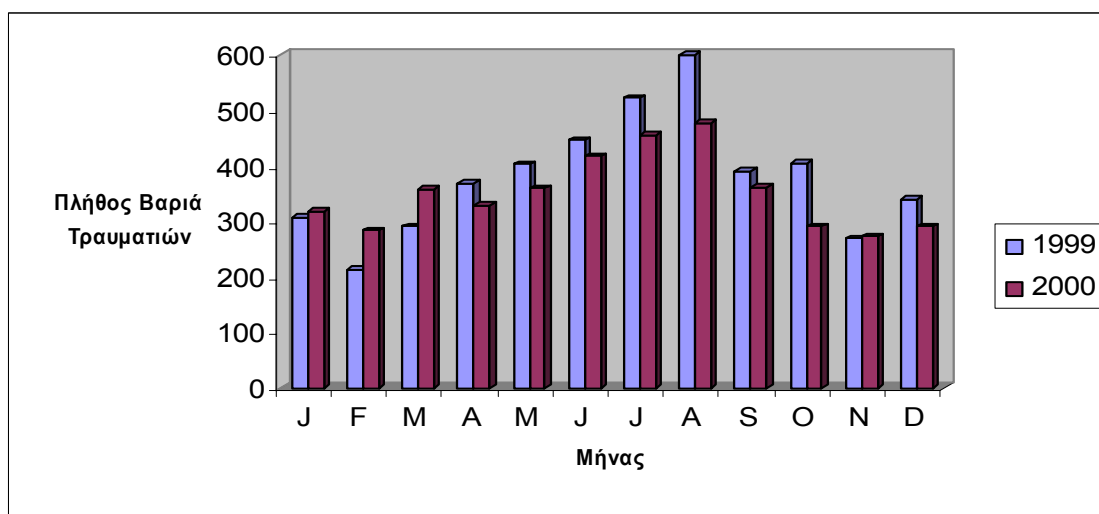
Επιπλέον, η προαναφερθείσα έρευνα συμπέρανε ότι τα περισσότερα ατυχήματα συνέβησαν τον Ιούλιο (για τα έτη 1999 και 2000) (Διάγραμμα 2.1) ενώ οι περισσότεροι νεκροί κατεγράφησαν τον Ιούλιο (1999) και τον Αύγουστο (2000) (Διάγραμμα 2.2). Σε ότι αφορά στους βαριά τραυματίες τόσο το 1999 όσο και το 2000, ο μεγαλύτερος αριθμός παρατηρήθηκε τον Αύγουστο (Διάγραμμα 2.3) ενώ ο αντίστοιχος μήνας μέγιστου πλήθους για τους ελαφρά τραυματίες ήταν ο Ιούλιος (Διάγραμμα 2.4). Σχετικά με τη γεωγραφική κατανομή των ατυχημάτων, η περιφέρεια της Πρωτεύουσας έχει τους περισσότερους παθόντες ανά 100000 κατοίκους (Διάγραμμα 2.5), η λοιπή Στερεά Ελλάδα και η Εύβοια τους περισσότερους νεκρούς ανά 100000 κατοίκους (Διάγραμμα 2.6) ενώ η Θράκη έχει τους περισσότερους βαριά τραυματίες ανά 100000 κατοίκους (Διάγραμμα 2.7).



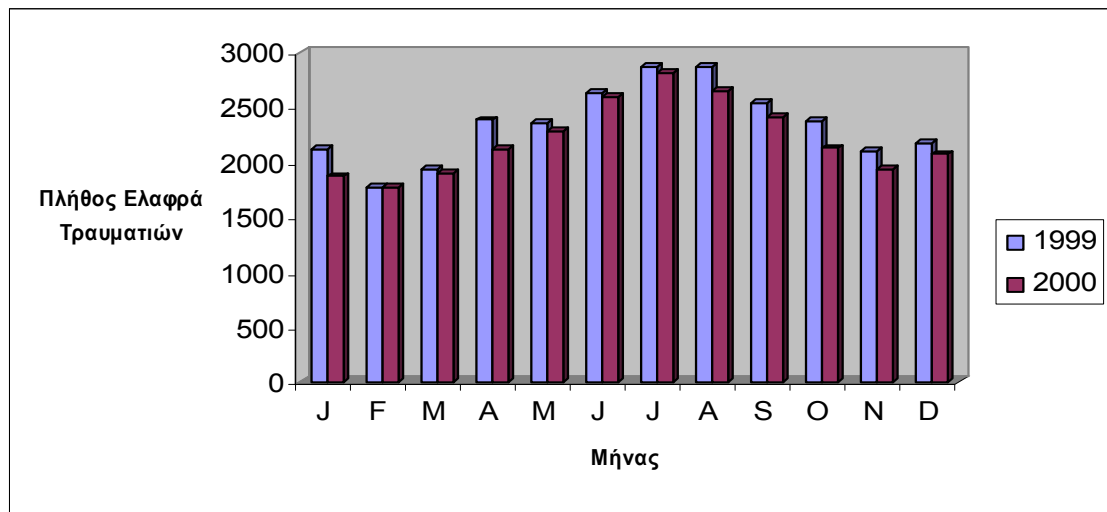
Διάγραμμα 2.1 Μηνιαία διακύμανση πλήθους ατυχημάτων (ΕΣΥΕ 2001)



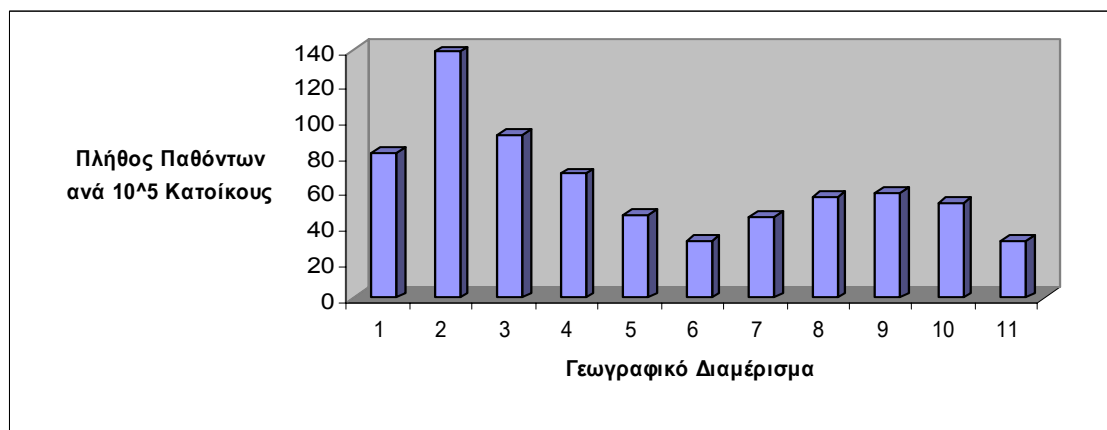
Διάγραμμα 2.2 Μηνιαία διακύμανση πλήθους νεκρών (ΕΣΥΕ 2001)



Διάγραμμα 2.3 Μηνιαία διακύμανση πλήθους βαριά τραυματιών (ΕΣΥΕ 2001)



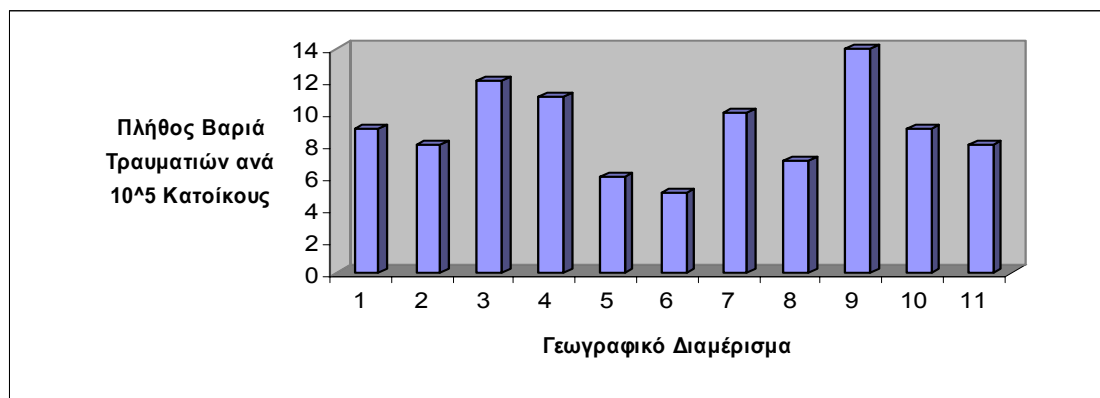
Διάγραμμα 2.4 Μηνιαία διακύμανση πλήθους ελαφρά τραυματιών (ΕΣΥΕ 2001)



Διάγραμμα 2.5 Πλήθος παθόντων ανά 100.000 κατοίκους (ΕΣΥΕ 2001)



Διάγραμμα 2.6 Πλήθος νεκρών ανά 100.000 κατοίκους (ΕΣΥΕ 2001)



Διάγραμμα 2.7 Πλήθος βαριά τραυματιών ανά 100.000 κατοίκους (ΕΣΥΕ 2001)

(Στα διαγράμματα 2.5 – 2.7 ισχύει: 1=Σύνολο Ελλάδος, 2=Περιφέρεια Πρωτευούσης, 3=Λοιπή Στερεά Ελλάς και Εύβοια, 4=Πελοπόννησος, 5=Ιόνιοι Νήσοι, 6=Ηπειρος, 7=Θεσσαλία, 8=Μακεδονία, 9=Θράκη, 10=Νήσοι Αιγαίου, 11=Κρήτη)

Τέλος, σύμφωνα με άλλα στατιστικά στοιχεία της ΕΣΥΕ (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994) ο λόγος των θανατηφόρων ατυχημάτων προς το σύνολο των ατυχημάτων με παθόντες είναι 0,14 για ατυχήματα σε χιονοπτώσεις έναντι 0,06 για ατυχήματα με αίθριο καιρό. Επίσης, ο λόγος αυτός γίνεται 0,11 για τα ατυχήματα σε παγωμένο οδόστρωμα ενώ παραμένει στο 0,06 για το στεγνό οδόστρωμα.

Μια από τις πιο συνηθισμένες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες στη χώρα μας αποτελεί η **βροχή** και το **υγρό οδόστρωμα**. (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994) Σε σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Ελλάδα (Παραβάντης, 1984) βρέθηκε ότι για υγρό οδόστρωμα ο δείκτης για το σύνολο των ατυχημάτων και ο δείκτης ατυχημάτων με παθόντες είναι περίπου διπλάσιοι από τους αντίστοιχους για στεγνό οδόστρωμα. Είναι χαρακτηριστικό ότι η μηνιαία διακύμανση του δείκτη ατυχημάτων σε υγρό οδόστρωμα παρακολουθεί την αντίστοιχη μηνιαία διακύμανση του αριθμού ολίσθησης, κάτι που επηρεάζει έντονα την οδική ασφάλεια.

Τέλος, έρευνα που αφορά στα έτη 1986 – 1993 (Γκόλιας, Γιαννής, 1995) καταλήγει στο ότι το επίπεδο ασφαλείας σε απόλυτους αριθμούς στις Ελληνικές οδούς δεν δείχνει σημάδια βελτίωσης. Τα ατυχήματα με θύματα αυξήθηκαν κατά 14% ενώ οι νεκροί αυξήθηκαν κατά 26%. Βεβαίως θα πρέπει να ληφθεί υπ'όψη και το ότι την περίοδο αυτή ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων στην Ελλάδα αυξήθηκε κατά 40% και το ότι το μήκος του οδικού δικτύου αυξήθηκε μόνο κατά 1%. Το γεγονός ότι

οι αντίστοιχοι Ευρωπαϊκοί δείκτες για την ίδια περίοδο αυξήθηκαν κατά πολύ μικρότερο ποσοστό ενώ τα κυκλοφορούντα οχήματα δεν αυξήθηκαν με τόσο μεγάλο ρυθμό όσο στην Ελλάδα, δείχνει ότι το επίπεδο της οδικής ασφάλειας στη χώρα μας απαιτεί προσπάθειες για τη βελτίωση του.

2.4 ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Όλες οι προαναφερθείσες έρευνες παρουσιάζουν σαφώς **ενδιαφέροντα αποτελέσματα** που αφορούν τόσο στην διαχρονική εξέλιξη και εποχιακή διακύμανση των ατυχημάτων όσο και στην επιρροή των περιβαλλοντικών – κλιματικών συνθηκών στην επικινδυνότητα αλλά και στη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Η πλειοψηφία των ερευνών αυτών είναι χρήσιμη και για την παρούσα Διπλωματική Εργασία επειδή προσφέρει αφενός χρήσιμο υλικό για τις μεθοδολογίες που θα επιλεγούν και αφετέρου ερμηνείες και εξηγήσεις σχετικά με αρκετά από τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

Η έρευνα των H. Brodsky και A. Shalom Hakkert (Brodsky, Hakkert, 1988) σχετικά με τον κίνδυνο οδικού ατυχήματος κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα επειδή περιέχει δεδομένα και από το **Ισραήλ**, μια χώρα με καιρικές συνθήκες παρόμοιες με αυτές της Ελλάδας. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα της εργασίας αυτής είναι και το ότι αφορά συγκεκριμένα στον τρόπο με τον οποίο η βροχή επηρεάζει την επικινδυνότητα του οδικού δικτύου. Παρουσιάζει μια αρκετά αναλυτική μεθοδολογία διερεύνησης η οποία θέτει ορισμένες κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τη συσχέτιση δύο τυχαίων μεταβλητών όπως τα ατυχήματα και η βροχόπτωση.

Εξίσου **ενδιαφέρουσα** είναι και η έρευνα των Ivey, Griffin, Newton, Lytton και Hankins (Ivey et al., 1981) που αφορά στην πρόγνωση των ατυχημάτων σε συνθήκες βροχόπτωσης. Στην εργασία αυτή αναλύεται ο τρόπος κατασκευής ενός προτύπου συσχέτισης μεταξύ διαφόρων στοιχείων του οδικού περιβάλλοντος και των ατυχημάτων και η δημιουργία εξισώσεων πρόβλεψης. Ωστόσο η χρησιμοποιούμενη μέθοδος βασίζεται στην παλινδρόμηση SAS και στην περιορισμένη παλινδρόμηση 2 – βημάτων οι οποίες είναι σαφώς πιο σύνθετες από την γραμμική και τη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση. Επίσης, η έρευνα των Andrey και Yagar (Andrey,

Yagar, 1993) αν και καταλήγει σε ενδιαφέροντα συμπεράσματα δεν ταιριάζει στην περίπτωση της Ελλάδας γιατί χρησιμοποιεί τη μέθοδο αντιστοίχισης μέσω όρων και απαιτεί ένα πυκνό βροχομετρικό δίκτυο, το οποίο δεν υπάρχει στη χώρα μας.

Τέλος, η εργασία του Γ. Παραβάντη (Παραβάντης, 1984) παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον γιατί είναι από τις πρώτες στην Ελλάδα που επιχείρησαν να διερευνήσουν τη συσχέτιση των καιρικών συνθηκών με τα ατυχήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

3.1 ΕΙΔΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΡΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗ

Η απόφαση σχετικά με το είδος των στοιχείων που θα ήταν απαραίτητα ακολούθησε την οριστικοποίηση του αντικειμένου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, δηλαδή τη συσχέτιση των βασικών καιρικών συνθηκών (βροχόπτωση, θερμοκρασία) με το πλήθος των ατυχημάτων, την επικινδυνότητα (ατυχήματα/οχηματοχιλιόμετρα) και την σοβαρότητα (νεκροί/ατυχήματα) στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας. Είναι λοιπόν προφανές ότι προκειμένου να γίνει η στατιστική διερεύνηση του βαθμού, στον οποίο υπάρχει μια τέτοια συσχέτιση και να προκύψει ένα πρότυπο πρόβλεψης (όπως περιγράφεται σε επόμενο κεφάλαιο) ήταν **αναγκαίο να συλλεχθούν δεδομένα**: α) βροχόπτωσης, β) θερμοκρασίας, γ) πλήθους οδικών ατυχημάτων, δ) αριθμού νεκρών σε οδικά ατυχήματα, και ε) κυκλοφορίας οχημάτων, που αφορούσαν στην περίοδο έρευνας και στα εξεταζόμενα οδικά τμήματα.

Ο **στόχος** ήταν αφενός να αυξηθεί η πιθανότητα ανάπτυξης αξιόπιστου προτύπου συσχέτισης και πρόβλεψης και αφετέρου να εξασφαλιστεί στον μέγιστο δυνατό βαθμό, ότι το πρότυπο αυτό θα περιγράφει ικανοποιητικά τον τρόπο με τον οποίο η βροχόπτωση και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επηρεάζουν την επικινδυνότητα και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Για αυτό τον λόγο ήταν επιθυμητή η συλλογή δεδομένων που να καλύπτουν μεγάλη χρονική περίοδο (τουλάχιστον 10 έτη). Ακόμα, είναι σημαντικό αυτή η χρονική περίοδος να περιλαμβάνει και όσο το δυνατόν πιο πρόσφατα έτη. Επίσης, προκειμένου να αναπτυχθεί ένα πρότυπο αντιπροσωπευτικό για το σύνολο του υπεραστικού οδικού δικτύου της χώρας ήταν απαραίτητο τα παραπάνω στοιχεία να αφορούν σε διάφορες χαρακτηριστικές περιοχές. Για αυτό τον λόγο επιλέχθηκε καταρχήν ως οδικός άξονας έρευνας, ο Οδικός Άξονας Πατρών – Αθήνας – Θεσσαλονίκης – Ευζώνων (Π.Α.Θ.Ε.).

Επομένως, τα **στοιχεία** που αναζητήθηκαν για τον Π.Α.Θ.Ε. συγκεκριμένα ήταν:

1. Ύψος βροχόπτωσης (mm)
2. Ύψος θερμοκρασίας (°C)
3. Πλήθος οδικών ατυχημάτων
4. Πλήθος νεκρών σε οδικά ατυχήματα
5. Κυκλοφοριακός φόρτος (οχηματοχιλιόμετρα)

3.2 ΠΗΓΕΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ

Από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω είναι εμφανές ότι ήταν αναγκαίο να αναζητηθεί και να συλλεχθεί μια πληθώρα διαφορετικών δεδομένων. Για να είναι χρήσιμα τα δεδομένα αυτά πρέπει να είναι **συγκρίσιμα**, να έχουν δηλαδή συλλεχθεί και καταγραφεί με ομοιόμορφο τρόπο, βάσει προτύπων συλλογής και κατάταξης που έχουν καθοριστεί από τις αρμόδιες υπηρεσίες. (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994)

Σε ότι αφορά στα καιρικά δεδομένα (βροχόπτωση και θερμοκρασία), ο αρμόδιος φορέας καταγραφής, κωδικοποίησης, ταξινόμησης, και «αποθήκευσης» είναι η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.) και συγκεκριμένα η Διεύθυνση Κλιματολογίας – Τμήμα Στατιστικής Κλιματολογίας. Η ελεύθερη παροχή των στοιχείων είναι εφικτή σε οποιονδήποτε τα ζητήσει αρκεί να δικαιολογήσει επαρκώς τους λόγους για τους οποίους τα αναζητεί.

Για τη μέτρηση της **βροχόπτωσης**, υπάρχει ένα δίκτυο βροχομετρικών σταθμών σε ολόκληρη την Ελληνική επικράτεια. Σε κάθε σταθμό είναι εγκατεστημένη μια διάταξη μέτρησης του ύψους της βροχόπτωσης (σε mm). Η διάταξη αυτή περιλαμβάνει ένα μεταλλικό δοχείο υποδοχής της βροχής και έναν κύλινδρο συλλογής της βροχής με χιλιοστομετρική κλίμακα μέτρησης του ύψους βροχόπτωσης. Στις μοντέρνες εγκαταστάσεις συναντώνται βροχογράφοι, δηλαδή βροχόμετρα, στα οποία προστίθεται ένας καταγραφικός μηχανισμός ύψους – χρόνου βροχής. Σε τακτά χρονικά διαστήματα (24 ώρες ή εβδομάδα) η ταινία καταγραφής του ύψους βροχόπτωσης αντικαθίσταται και τα δεδομένα περνούν στον υπολογιστή.

Σε περίπτωση που ακολουθείται η παλαιά μέθοδος (απλά βροχόμετρα), ο αρμόδιος υπάλληλος διαβάζει περιοδικά (ανά 12 ή 24 ώρες) το ύψος του νερού στη δεξαμενή.

Είναι προφανές ότι οι ακριβέστερες μετρήσεις δίνονται από τους βροχογράφους, ωστόσο το βροχομετρικό δίκτυο στη χώρα μας δεν έχει πλήρως ανανεωθεί με αποτέλεσμα να υπάρχουν ακόμα βροχομετρικοί σταθμοί που χρησιμοποιούν τις παλαιές διατάξεις. Ένα επιπλέον πρόβλημα είναι ότι το βροχομετρικό δίκτυο της Ελλάδας χαρακτηρίζεται από μια ασυντόνιστη εγκατάσταση των σταθμών μέτρησης με αποτέλεσμα σε ορισμένες περιοχές να συσσωρεύονται σταθμοί διαφόρων υπηρεσιών, ενώ άλλες περιοχές να παραμένουν σχεδόν ακάλυπτες. Έτσι η ποιότητα της συλλεγόμενης πληροφορίας δεν είναι πάντα επαρκής (Ξανθόπουλος, 1990). Παρόλα αυτά, και με βάση πρόσφατες βελτιώσεις, τα δεδομένα της Ε.Μ.Υ. είναι τα πλέον έγκυρα που υπάρχουν αυτή τη στιγμή διαθέσιμα. Τα στοιχεία αφορούν ξεχωριστά σε κάθε βροχομετρικό σταθμό, κάθε έτος, και περιγράφουν τη μέση ημερήσια βροχόπτωση για κάθε ημέρα του έτους.

Σε ότι αφορά στη μέτρηση της **θερμοκρασίας**, χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι θερμομέτρων (συνήθη, μεγίστου, ελαχίστου) που τοποθετούνται μέσα σε μετεωρολογικούς κλωβούς που εξασφαλίζουν σκίαση επιτρέποντας την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα. Η θερμοκρασία καταγράφεται σε συνεχή βάση με τη χρήση θερμογράφου. Τα δεδομένα θερμοκρασίας που συνήθως παρουσιάζονται είναι η μέση, μέγιστη, και ελάχιστη θερμοκρασία σε ημερήσια βάση καθώς και οι συνεπαγόμενοι μέσοι όροι αυτών σε μηνιαία βάση. Η μέγιστη και η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία προκύπτουν από άμεσες αναγνώσεις της ταινίας του θερμογράφου (θερμογράφημα). Η μέση ημερήσια θερμοκρασία προκύπτει με ακρίβεια από την ολοκλήρωση του ημερήσιου θερμογραφήματος. Στην Ελλάδα η θερμοκρασία μετράται σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$). Τα παρεχόμενα από την Ε.Μ.Υ. στοιχεία και σε αυτή την περίπτωση αφορούν ξεχωριστά σε κάθε σταθμό μέτρησης, κάθε έτος, και περιγράφουν τη μέση ημερήσια θερμοκρασία για κάθε ημέρα του έτους και αποτελούν τα πιο ακριβή διαθέσιμα (Κουτσογιάννης, Ξανθόπουλος, 1997).

Σε ότι αφορά **στο πλήθος των οδικών ατυχημάτων και των αντίστοιχων νεκρών**, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση. Η ανάλυση των οδικών ατυχημάτων θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και να αποφεύγεται η άκριτη σύγκριση απολύτων

αριθμών ή απλών ποσοστών. Για παράδειγμα η παρατήρηση ότι το 9% των ατυχημάτων συμβαίνουν στο εθνικό δίκτυο δεν παρέχει απ' ευθείας χρήσιμη γνώση και αντιθέτως παραπλανεί αφού δεν είναι γνωστός ο αριθμός των οχηματοχιλιομέτρων και επιβατοχιλιομέτρων στο εθνικό οδικό δίκτυο. (Γκόλιας, Γιαννής, 1995)

Για την εκπόνηση της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκε η **βάση ατυχημάτων του ΕΜΠ** συμπληρωμένη με τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (ΕΣΥΕ) Το σημαντικότερο πρόβλημα για τους μελετητές και ερευνητές στην Ελλάδα αποτελεί η έλλειψη στοιχείων και πληροφοριών και το οποίο αντιμετωπίζεται μόνο εφόσον δημιουργηθούν οι κατάλληλοι μηχανισμοί συλλογής και επεξεργασίας στοιχείων. Οι ερευνητές που επιθυμούν να συσχετίσουν τα οδικά ατυχήματα και τους αντίστοιχους νεκρούς με τις καιρικές συνθήκες απαιτούν τη διαθεσιμότητα αξιόπιστων στοιχείων και πληροφοριών από τις αρμόδιες υπηρεσίες. Οι έρευνες συσχέτισης των οδικών ατυχημάτων και των αντίστοιχων νεκρών με τις καιρικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν την περιοχή που διασχίζει ένας οδικός άξονας επιτρέπουν την πρόβλεψη της επικινδυνότητας αυτού του άξονα και της σοβαρότητας των ατυχημάτων που θα συμβούν με στόχο τον ασφαλή σχεδιασμό και τη λήψη μέτρων βελτίωσης της οδικής ασφάλειας. Λόγω του περιορισμένου πεδίου εφαρμογής της πλειοψηφίας αυτών των ερευνών, η γενίκευση των αποτελεσμάτων τους πρέπει να γίνεται πάντα με ιδιαίτερη προσοχή.

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

Στο **ΔΟΤΑ** περιλαμβάνονται πληροφορίες που περιγράφουν όλες τις αντικειμενικές μεταβλητές του ατυχήματος καθώς και τις συνθήκες που επικρατούσαν όταν συνέβη

αυτό. Αναλυτικότερα, περιλαμβάνει πληροφορίες που σχετίζονται με το χρόνο που συνέβη το ατύχημα (έτος, μήνα, ημέρα, ώρα), τον τόπο του ατυχήματος (κατοικημένη ή μη κατοικημένη περιοχή, είδος και τύπος οδού), τον τύπο του ατυχήματος (μετωπική, πλαγιομετωπική κ.α.), τους συμμετέχοντες στο ατύχημα (αριθμός παθόντων), τις ανθρώπινες απώλειες (νεκροί, βαριά ή ελαφριά τραυματίες), το είδος του ελιγμού που προκάλεσε το ατύχημα (προσπέραση, αλλαγή λωρίδας, κ.α.), τις καιρικές συνθήκες (βροχή, καλοκαιρία κ.α.), το είδος και την κατάσταση του οδοστρώματος, την ύπαρξη σηματοδότησης - σηματορύθμισης και τέλος κάποια συμπληρωματικά στοιχεία που αφορούν στην ηλικία, υπηκοότητα των παθόντων, την ηλικία των οχημάτων, τις κατηγορίες των διπλωμάτων, και τη γενική χρήση εξοπλισμού ασφαλείας όπως οι ζώνες ασφαλείας και το κράνος.

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

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

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

Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά οι **μεταβλητές** που περιλαμβάνονται στο ΔΟΤΑ και εισάγονται κωδικοποιημένες στη βάση δεδομένων. Στη συνέχεια παρατίθεται πίνακας (3.1) στο οποίο περιγράφονται επιλεγμένες μεταβλητές της βάσης δεδομένων.

- ❑ Τόπος ατυχήματος
- ❑ Είδος Οδού
- ❑ Χρόνος Ατυχήματος
- ❑ Παθόντες
- ❑ Αριθμός οχημάτων
- ❑ Ατμοσφαιρικές συνθήκες
- ❑ Συνθήκες οδοστρώματος
- ❑ Κατάσταση οδοστρώματος
- ❑ Φωτισμός κατά τη νύχτα
- ❑ Ειδικά στοιχεία οχήματος
- ❑ Τύπος οδού
- ❑ Γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδού
- ❑ Τύπος ατυχήματος πρώτης σύγκρουσης
- ❑ Ελιγμός οχημάτων
- ❑ Θέση και κίνηση πεζών
- ❑ Ρύθμιση κυκλοφορίας, σήμανση και σηματοδότηση
- ❑ Σκαρίφημα
- ❑ Δίπλωμα οδήγησης - Κατηγορία και έτος απόκτησης αυτού
- ❑ Εξάρτημα ασφαλείας
- ❑ Αλκοτέστ
- ❑ Στοιχεία οδηγού και παθόντων προσώπων

Τα στοιχεία αυτά, υφίστανται μια **δευτερογενή επεξεργασία - κωδικοποίηση** με βάση την οποία όλες οι μεταβλητές κατηγοριοποιούνται σε τέσσερα επιμέρους αρχεία. Το πρώτο αρχείο αφορά στα στοιχεία του ατυχήματος (Accident Table), το δεύτερο αρχείο έχει να κάνει με τα στοιχεία του οχήματος (Vehicle Table), το τρίτο αρχείο αναφέρεται στις πληροφορίες για τα εμπλεκόμενα πρόσωπα (Person Table), και το τελευταίο αρχείο αποτελείται από δεδομένα σχετικά με τον εξοπλισμό ασφαλείας του οχήματος (Safety Equipment Table). Κάθε ένα από τα ατυχήματα περιγράφεται από μια εγγραφή (Record), η οποία αποτελείται από κάποια πεδία (Fields) που αντιστοιχούν στις μεταβλητές του ΔΟΤΑ που κωδικογραφούνται στην ΕΣΥΕ. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η βάση δεδομένων αναφέρεται σε στοιχεία οδικών ατυχημάτων **δεκατεσσάρων ετών, από το 1985 μέχρι και το 1999.**

Πίνακας 3.1 Περιγραφή επιλεγμένων μεταβλητών της βάσης δεδομένων για την περίοδο 1985-1999 της ΕΣΥΕ.

Βάση Δεδομένων 1985-1999	
▪	A/A Ατυχήματος (Serial number of accident)
▪	Γεωγραφικός κώδικας οικισμού (Geographical code)
▪	Τύπος περιοχής (Area type) - κατοικημένη περιοχή - μη κατοικημένη περιοχή
▪	Είδος οδού (Road type) - Νέα Εθνική - Παλαιά Εθνική - Επαρχιακή - Δημοτική - Κοινοτική - Άλλο είδος
▪	Έτος (Year)
▪	Νεκροί (number of persons killed)
▪	Βαριά τραυματίες (number of persons seriously injured)
▪	Ελαφρά τραυματίες (number of persons slightly injured)

▪ Αριθμός οχημάτων (number of vehicles)
▪ Καιρός 2 (Weather 2) - καλοκαιρία - βροχή - άλλος
▪ Συνθήκες οδοστρώματος (pavement conditions) - κανονικές (υγρό σε καλή κατάσταση) - υγρό – βρεγμένο - γλίτσα, λάδια - χιονισμένο - παγωμένο - άλλες
▪ Συνθήκες φωτισμού (lighting conditions) - μέρα - σούρουπο - νύχτα ▪ φωτισμός κατά τη νύχτα (night lighting) - τεχνητός φωτισμός επαρκής - τεχνητός φωτισμός αμυδρός - τεχνητός φωτισμός σβηστός - χωρίς εγκατάσταση φωτισμού
▪ κατευθύνσεις (number of directions) - μία - δύο ▪ αριθμός λωρίδων ανά κατεύθυνση (number of lanes per direction) ▪ διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού (direction markings) - ευκρινής - μη ευκρινής - όχι
▪ Όχημα (vehicle)

▪ Τύπος ατυχήματος (accident type)

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

▪ Ηλικία 2 (Age 2)

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

Σε ότι αφορά στη συλλογή στοιχείων για την **κυκλοφορία** στο εθνικό υπεραστικό οδικό δίκτυο, οι φορείς που κατά κύριο λόγο διαθέτουν σχετικές μετρήσεις είναι το Ταμείο Εθνικής Οδοποιίας (Τ.Ε.Ο.) και το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας, και Δημοσίων Έργων (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ).

Σε ότι αφορά στα στοιχεία του **Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ**, αυτά συλλέγονται με τη βοήθεια ειδικά εγκατεστημένων σταθμών μετρήσεως σε επιλεγμένες διατομές των εθνικών οδών. Οι σταθμοί αυτοί είναι εξοπλισμένοι με ειδικές διατάξεις μέτρησης του αριθμού οχημάτων που διέρχονται από συγκεκριμένη διατομή της οδού σε ορισμένο χρονικό διάστημα. Η θέση των σταθμών είναι εύκολο να προσδιοριστεί αφού για κάθε μια από αυτές δίνεται ο κωδικός του σταθμού, η ονομασία της οδού, ο αριθμός, οι οδοί μεταξύ των οποίων βρίσκεται ο σταθμός, καθώς και οι συντεταγμένες όπως αυτές ορίζονται στους σχετικούς οδικούς χάρτες. Οι μετρήσεις γίνονται σε ωριαία βάση και αρκετές φορές καλύπτουν όλο το 24ώρο. Δυστυχώς, οι ημέρες μέτρησης είναι λίγες (π.χ. για την Εθνική Οδό Αθηνών – Λαμίας με κατεύθυνση προς Αθήνα, μετρήσεις για το 1988 έγιναν μόνο στις 1 και 2 Δεκεμβρίου). Ως αποτέλεσμα, τα δεδομένα αυτά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να δώσουν μια συνολική εικόνα για κάποιο έτος σε ημερήσια ή ετήσια βάση. Επιπλέον, δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία μετά το 1993.

Τα δεδομένα του **Τ.Ε.Ο** είναι σαφώς καλύτερα γιατί βασίζονται στις αποδείξεις είσπραξης του αντιτίμου για τη διέλευση των οχημάτων από τα διόδια οπότε η μέτρηση του κυκλοφοριακού φόρτου είναι συνεχής για κάθε 24ώρο του έτους. Ένα ακόμα πλεονέκτημα των δεδομένων του Τ.Ε.Ο είναι ότι αυτά είναι κατηγοριοποιημένα σύμφωνα με τον τύπο της απόδειξης και συνεπώς και του οχήματος (δίκυκλα και τρίκυκλα, επιβατικά και φορτηγά κάτω των 3,5tn, φορτηγά άνω των 3,5tn με 2 άξονες και λεωφορεία, φορτηγά με 3 άξονες, και φορτηγά άνω των 3 αξόνων). Δυστυχώς, η πλειονότητα των στοιχείων αυτών δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για ανάλυση σε ημερήσια βάση ή ακόμα και σε μηνιαία βάση γιατί μετά την αποστολή τους από τους διάφορους Σταθμούς Διοδίων στα κεντρικά γραφεία του Τ.Ε.Ο ομαδοποιούνται με αποτέλεσμα οι μετρήσεις που διατίθενται να αφορούν στο σύνολο του έτους ανά σταθμό και κατηγορία οχημάτων, και συνεπώς να απαιτούν περαιτέρω επεξεργασία (όπως περιγράφεται στο Κεφάλαιο 4). Κατ'εξάιρεση, μπορεί κάποιος να βρει στοιχεία σε μηνιαία βάση για πρόσφατα έτη. Μετρήσεις κυκλοφοριακού φόρτου (μέσω των αποδείξεων) σε ημερήσια βάση για

κάποιο πρόσφατο έτος μπορεί να βρει κανείς με επιτόπου επίσκεψη στους Σταθμούς Διοδίων, όπως έγινε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

3.3 ΣΥΛΛΕΧΘΕΝΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σχετικά με τη **βροχόπτωση** συλλέχθηκαν τα εξής δεδομένα: Για τον σταθμό 671 (Βέλο Κορινθίας), για τον σταθμό 701 (Νέα Φιλαδέλφεια), και για τον σταθμό 648 (Λάρισα), μέσο ημερήσιο ύψος βροχόπτωσης (mm) για κάθε ημέρα των ετών 1992 – 2000. Σε ότι αφορά στη **θερμοκρασία**, για τον σταθμό 671 βρέθηκε η μέση ημερήσια θερμοκρασία (°C) για κάθε ημέρα των ετών 1988 – 1999, και για τους σταθμούς 648 και 701 η μέση ημερήσια θερμοκρασία για κάθε ημέρα των ετών 1985 – 1999.

Αναφορικά με τον **αριθμό των ατυχημάτων** και των **νεκρών**, η βάση δεδομένων του Ε.Μ.Π. περιέχει στοιχεία για τα καταγεγραμμένα οδικά ατυχήματα που συνέβησαν σε οποιαδήποτε περιοχή της Ελλάδος από το 1985 μέχρι και το 1999. Ο τρόπος εύρεσης του αριθμού των νεκρών και των ατυχημάτων σε επιλεγμένα τμήματα του Π.Α.Θ.Ε περιγράφεται στο Κεφάλαιο 4.

Τέλος, σε ότι αφορά στα δεδομένα των **κυκλοφοριακών φόρτων**, συλλέχθηκαν στοιχεία που περιγράφουν τον ετήσιο αριθμό αποδείξεων ανά κατηγορία οχήματος και για όλους τους Σταθμούς Διοδίων της χώρας για τα έτη 1992 – 1999, στοιχεία που αφορούν στον μηνιαίο αριθμό αποδείξεων ανά κατηγορία οχήματος για όλους τους Σταθμούς Διοδίων για το έτος 2000, και τέλος, στοιχεία που περιγράφουν τον ημερήσιο αριθμό αποδείξεων ανά κατηγορία οχήματος για το 1996 στους Σταθμούς Διοδίων του Ζευγολατειού (96^ο χιλιόμετρο της Εθνικής Οδού Αθηνών – Πατρών) στην κατεύθυνση προς Πάτρα και των Αφιδνών (28^ο χιλιόμετρο της Εθνικής Οδού Αθηνών – Θεσσαλονίκης) και προς τις δύο κατευθύνσεις. Ακολουθεί ο πίνακας 3.2 που περιγράφει τα διαθέσιμα στοιχεία.

Πίνακας 3.2 Διαθέσιμα στοιχεία (με τη βάση καταχώρησής τους)

	Κόρινθος	Αθήνα	Λάρισα
Ύψος βροχόπτωσης (mm)	ημερήσια, 92 - 00	ημερήσια, 92 - 00	ημερήσια, 92 - 00
Θερμοκρασία (βαθμοί Κελσίου)	ημερήσια, 88 - 99	ημερήσια, 85 - 99	ημερήσια, 85 - 99
Αριθμός ατυχημάτων	ημερήσια, 85 - 99	ημερήσια, 85 - 99	ημερήσια, 85 - 99
Αριθμός νεκρών	ημερήσια, 85 - 99	ημερήσια, 85 - 99	ημερήσια, 85 - 99
Κυκλ. Φόρτος (οχηματοχιλιόμετρα)	ετήσια, 92 - 99	ετήσια, 92 - 99	ετήσια, 92 - 99
	μηνιαία, 86 - 88 και 00	μηνιαία, 00	μηνιαία, 86 - 88 και 00
	ημερήσια, 96	ημερήσια, 96	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η επεξεργασία που υπέστησαν τα συλλεχθέντα στοιχεία προκειμένου να ακολουθήσει η ανάλυσή τους στο επόμενο στάδιο της Διπλωματικής Εργασίας. Ουσιαστικά, η **διαδικασία** που παρουσιάζεται παρακάτω αποτελείται από τη συμπλήρωση των ελλειπόν στοιχείων και η αιτιολόγησή της, όπως επίσης και από την άντληση επιπλέον και πιο συγκεκριμένων πληροφοριών που είναι απαραίτητες για τη συνέχιση της πραγματοποιούμενης εργασίας.

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα **στοιχεία προς επεξεργασία** είναι εκείνα που αντιστοιχούν στη χρονική περίοδο 1992 – 1999 και αφορούν σε τρία χαρακτηριστικά κομβικά σημεία του Π.Α.Θ.Ε (Λάρισα, Αθήνα, και Κόρινθο). Η ανάλυση επεκτάθηκε σε ένα μήκος 25 km εκατέρωθεν κάθε αντιπροσωπευτικού σταθμού διοδίων για κάθε μια από τις τρεις προαναφερθείσες περιοχές (Μοσχοχώρι για τη Λάρισα, Αφίδνες για την Αθήνα, και Ζευγολατειό για την Κόρινθο) όπου και υπολογίστηκε το πλήθος των οδικών ατυχημάτων, των νεκρών, καθώς και ο κυκλοφοριακός φόρτος. Επιλέχθηκαν οι προαναφερθέντες περιοχές έρευνας επειδή δεν παρουσιάζουν μεγάλες κλιματολογικές διακυμάνσεις μικροκλίμακας. Επιπλέον, το γεγονός της εγγύτητας των Σταθμών Διοδίων με τους μετεωρολογικούς σταθμούς της Ε.Μ.Υ. (Βέλο – Ζευγολατειό, Νέα Φιλαδέλφεια – Αφίδνες, και Λάρισα) βοήθησε στο να υπάρχει μια σχετικά ακριβής περιγραφή των κλιματικών συνθηκών που αντιστοιχούν στα προαναφερθέντα μεγέθη των ατυχημάτων, των νεκρών, και του κυκλοφοριακού φόρτου.

4.2 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Τα συλλεχθέντα στοιχεία που αφορούν στη βροχόπτωση δόθηκαν σε ημερήσια βάση και είναι στο σύνολο τους επαρκή. Ωστόσο, υπήρξαν περιπτώσεις όπου **έλειπαν**

ελάχιστες τιμές (ημέρες όπου λόγω βλάβης του βροχόμετρου, του βροχογράφου, ή αδυναμίας του αρμόδιου υπαλλήλου να προσεγγίσει το σταθμό μέτρησης δεν καταγράφηκε το ύψος βροχόπτωσης). Επιπλέον, για το 1992 (που είναι και η πιο παλιά χρονική περίοδος για την οποία βρέθηκαν δεδομένα βροχόπτωσης) δεν ήταν διαθέσιμες οι τιμές για τους πρώτους έξι μήνες. Έτσι, προκειμένου να μη μειωθεί το πλήθος των δεδομένων εισόδου για τη δημιουργία του προτύπου συσχέτισης (όσο περισσότερα είναι τα δεδομένα εισόδου τόσο πιο ακριβές είναι το πρότυπο), **συμπληρώθηκαν οι κενές θέσεις** σύμφωνα με την ακόλουθη τακτική:

Σε φύλλο **Excel**, τοποθετήθηκαν σε τρεις διαδοχικές στήλες τα ημερήσια δεδομένα ύψους βροχόπτωσης για κάθε ημέρα της περιόδου 1992 – 1996 και για τα τρία σημεία έρευνας (Αθήνα, Λάρισα, Κόρινθος). Στη συνέχεια, βρέθηκαν οι μηνιαίοι μέσοι όροι για κάθε μήνα αυτής της χρονικής περιόδου και χρησιμοποιώντας τους αντίστοιχους μήνες (π.χ. Ιανουάριος με Ιανουάριο, Φεβρουάριος με Φεβρουάριο κ.ο.κ) δύο διαδοχικών ετών για τους οποίους ήταν δυνατόν να υπολογιστεί ο μέσος όρος βροχόπτωσης, υπολογίστηκε ένας συντελεστής αναλογίας βροχόπτωσης για αυτά τα δύο έτη. Έτσι, ένας ελλιπής μήνας κάποιου έτους μπόρεσε να συμπληρωθεί πολλαπλασιάζοντας (ή διαιρώντας) τον συντελεστή αναλογίας με την τιμή του αντίστοιχου μήνα του αμέσως επόμενου (ή προηγούμενου) έτους, εφόσον αυτή ήταν διαθέσιμη. Στην αντίθετη περίπτωση, χρησιμοποιήθηκε η τιμή του αντίστοιχου μήνα δύο έτη πριν ή μετά. Έτσι συμπληρώθηκαν όλοι οι μηνιαίοι μέσοι όροι για τους μήνες από το 1992 μέχρι και το 1999. Η ίδια μεθοδολογία ακολουθήθηκε και στην περίπτωση συμπλήρωσης κάποιων ημερών για τις οποίες δεν υπήρχαν δεδομένα βροχόπτωσης (με χρήση των αντίστοιχων ημερών των επομένων ή προηγούμενων ετών). Ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιήθηκε η προαναφερθείσα συμπλήρωση των ελλιπών στοιχείων φαίνεται αναλυτικά στο **Παράρτημα 1**.

4.3 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Σε ότι αφορά στα δεδομένα θερμοκρασίας, δεν χρειάστηκε να συμπληρωθεί μεγάλο πλήθος ελλιπών στοιχείων χάρη στο γεγονός ότι αυτά είναι καταχωρημένα και ταξινομημένα σε **ηλεκτρονική μορφή** οπότε οι όποιες συμπληρώσεις έχουν πραγματοποιηθεί από την Ε.Μ.Υ (τα δεδομένα βροχόπτωσης δεν έχουν συγκεντρωθεί

σε ηλεκτρονική μορφή αλλά βρίσκονται ακόμα στα εκάστοτε δελτία καταγραφής όπου η καταχώρηση γίνεται με το χέρι). Στις λίγες περιπτώσεις που χρειάστηκε η συμπλήρωση στοιχείων ακολουθήθηκε η εξής μεθοδολογία:

Τα ημερήσια δεδομένα θερμοκρασίας χωρίστηκαν σε εβδομάδες και έτσι διαπιστώθηκε ποιες εβδομάδες συμπεριλάμβαναν ημέρες για τις οποίες δεν υπήρχαν τιμές. Δημιουργήθηκαν στο **Excel** τρεις στήλες (μια για κάθε εβδομάδα). Στη μεσαία στήλη τοποθετήθηκε η εβδομάδα στην οποία επρόκειτο να συμπληρωθούν τιμές και εκατέρωθεν αυτής (1^η και 3^η στήλη) τοποθετήθηκαν οι προηγούμενη και επόμενη εβδομάδα αντιστοίχως. Στην περίπτωση που και αυτές οι βοηθητικές εβδομάδες περιείχαν ημέρες χωρίς τιμή θερμοκρασίας έγινε χρήση των δύο εβδομάδων πριν ή μετά κ.ο.κ. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν τα αθροίσματα των ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας για κάθε μια από τις δύο βοηθητικές εβδομάδες και υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους ο οποίος και θεωρήθηκε ότι αποτελεί το αντίστοιχο άθροισμα για την εβδομάδα υπό συμπλήρωση. Στη συνέχεια συμπληρώθηκαν οι τιμές θερμοκρασίας που έλειπαν ελέγχοντας αφενός αν ο μέσος όρος παρέμενε ο ίδιος (έστω και ως τάξη μεγέθους) και αφετέρου αν οι τιμές αυτές είχαν την ίδια τάξη μεγέθους με τις αντίστοιχες των δύο βοηθητικών εβδομάδων. Ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιήθηκε η προαναφερθείσα συμπλήρωση των ελλিপών στοιχείων φαίνεται αναλυτικά στο **Παράρτημα 1**.

4.4 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

Η επεξεργασία των στοιχείων των ατυχημάτων πραγματοποιήθηκε προκειμένου τα στοιχεία οδικών ατυχημάτων που βρίσκονται στη βάση δεδομένων του Ε.Μ.Π. (στοιχεία Ε.Σ.Υ.Ε.) να αναλυθούν χρονικά και γεωγραφικά. Η βάση δεδομένων χωρίζεται σε δύο μέρη που αντιστοιχούν σε δύο χρονικές περιόδους: 1985 – 1995 και 1996 – 1999. Κάθε οδικό ατύχημα περιγράφεται με 67 μεταβλητές (τόπου, χρόνου, τρόπου οδήγησης κ.α) για την περίοδο 1985 – 1995 και με 57 μεταβλητές για την περίοδο 1996 – 1999. Οι βάσεις δεδομένων είναι καταχωρημένες στο λογισμικό **MS – Access** οπότε υπάρχει η δυνατότητα να κατηγοριοποιήσει κανείς τα ατυχήματα ανάλογα με τα κοινά χαρακτηριστικά που αυτός θέλει να τα διακρίνουν. Πιο συγκεκριμένα, η Access παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας **ερωτημάτων** (queries)

που επιτρέπουν στο χρήστη να επιλέξει από τους πίνακες (tables) όσα στοιχεία θεωρεί σύμφωνα με την κρίση του ότι είναι σημαντικότερα.

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

Πιο συγκεκριμένα, η **βάση δεδομένων χωρίζεται σε επιμέρους ενότητες**: για την περίοδο 1985 – 1995, υπάρχουν δύο πίνακες (tables) που αφορούν στα ατυχήματα (Record Type 1) και τους παθόντες (Record Type 2), ενώ για την περίοδο 1996 – 1999, η ταξινόμηση είναι πιο λεπτομερής και έτσι υπάρχουν τέσσερις πίνακες που αφορούν στα ατυχήματα (Accident), τους παθόντες (Person), τον εξοπλισμό ασφαλείας (Safety Equipment), και το όχημα (Vehicle). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν οι πίνακες για τα ατυχήματα (και για τις δύο χρονικές περιόδους), οι οποίοι περιλαμβάνουν στοιχεία και για τους νεκρούς, και ο πίνακας για τα οχήματα (περίοδος 1996 – 1999). Στη συνέχεια στους πίνακες αυτούς διενεργήθηκαν **ερωτήματα** (queries) ώστε να υπολογιστεί το πλήθος των ατυχημάτων που πραγματοποιήθηκαν:

1. κατά τη χρονική περίοδο 1992 - 1999
2. στον Οδικό Άξονα Πατρών – Αθηνών – Θεσσαλονίκης – Ευζώνων (Π.Α.Θ.Ε.)
3. 25 Km εκατέρωθεν των Σταθμών Διοδίων
4. σε ημερήσια και μηνιαία βάση
5. ανά κατηγορία οχήματος

Η επιλογή των συγκεκριμένων αυτών περιορισμών για την πραγματοποίηση των ερωτημάτων έγινε για τους ακόλουθους λόγους:

1. Όπως ήδη αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η χρονική περίοδος **1992 – 1999** είναι η μόνη για την οποία είναι διαθέσιμα ακριβή και ανελλιπή στοιχεία για όλες τις μεταβλητές υπολογισμού του προτύπου συσχέτισης (θερμοκρασία, βροχή, κυκλοφορία, κ.ο.κ.)
2. Επιλέχθηκε ο οδικός άξονας **Π.Α.Θ.Ε** ως άξονας έρευνας γιατί το μεγαλύτερο ποσοστό ατυχημάτων παρατηρείται στο υπεραστικό δίκτυο της χώρας παρά στο αστικό. Το γεγονός αυτό διαπιστώθηκε και με την επεξεργασία των στοιχείων που καταγράφονται στη βάση δεδομένων και τη συμπλήρωση των συγκεντρωτικών πινάκων.
3. Επιλέχθηκε **ακτίνα έρευνας 25 Km γύρω από τους Σταθμούς Διοδίων** γιατί για την περιοχή αυτή είναι διαθέσιμα στοιχεία κυκλοφοριακού φόρτου (λαμβάνοντας υπ' όψη όπως περιγράφεται παρακάτω, τις πιθανές εισόδους ή εξόδους οχημάτων στο τμήμα αυτό και υπολογίζοντας έτσι την αυξομείωση του αριθμού τους σε σχέση με την καταγραφείσα τιμή στους Σταθμούς Διοδίων). Επιπλέον, από κλιματολογικής άποψης, οι Σταθμοί Διοδίων βρίσκονται πλησίον των μετεωρολογικών σταθμών και συνεπώς είναι ασφαλές να υποθεθεί ότι οι καταγραφείσες καιρικές συνθήκες στους σταθμούς μέτρησης περιγράφουν επαρκώς την κλιματική κατάσταση που επικρατούσε στην περιοχή έρευνας.
4. Σύμφωνα με αρχική επιλογή, η διερεύνηση θα πραγματοποιείτο σε ημερήσια βάση αλλά για λόγους στατιστικής επεξεργασίας (τα νούμερα ήταν πολύ μικρά) επιλέχθηκε τελικά ο υπολογισμός να γίνει σε **μηνιαία** βάση.
5. Εξετάστηκε το **πλήθος των ατυχημάτων ανά κατηγορία οχήματος** γιατί δεδομένης και της δυνατότητας αντιστοίχισης του κυκλοφοριακού φόρτου στις διάφορες κατηγορίες οχημάτων (μέσω των αποδείξεων των Σταθμών Διοδίων) κατέστη δυνατός, όπως θα παρουσιαστεί στη συνέχεια, ο υπολογισμός της επικινδυνότητας (ατυχήματα/οχηματοχιλιόμετρα) ανά τύπο οχήματος.

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 23 ερωτήματα για κάθε μια από τις περιόδους 1985 – 1995 και 1996 – 1999 ώστε να δοκιμαστούν διάφοροι συνδυασμοί χαρακτηριστικών

ατυχημάτων και να επιλεγούν τελικά εκείνοι που συμβάλλουν στη διαδικασία δημιουργίας του προτύπου συσχέτισης. Προκειμένου να γίνει κατανοητή η μεθοδολογία πραγματοποίησης και χρήσης των ερωτημάτων και των αποτελεσμάτων τους, ακολουθεί ένα **παράδειγμα**:

Το ερώτημα αφορά στην εύρεση των ατυχημάτων ανά κατηγορία οχήματος που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή έρευνας του σταθμού διοδίων του Μοσχοχωρίου σε μηνιαία βάση (Accidents by Vehicle Type – Month – Larisa) (Πίνακες 4.1 και 4.2).

Πίνακας 4.1 Ερώτημα στην Access για την εύρεση των ατυχημάτων ανά τύπο οχήματος και σε μηνιαία βάση για την περιοχή έρευνας της Λάρισας (Design View).

Microsoft Access - [Accidents by Vehicle Type - Month - Larisa : Crosstab Query]

Field: Year, Month, Dpt code, SN accident, Vehicle type 3, Road Km, SN accident, Dpt code, Road code, Road Km

Table: Accident, Accident, Accident, Accident, Accident, Accident, Accident, Accident, Accident, Accident

Total: Group By, Group By, Group By, Group By, Group By, Group By, Count, Where, Where, Where

Crosstab: Row Heading, Row Heading, Row Heading, Row Heading, Row Heading, Row Heading, Column Heading, Value, Value, Value

Sort: Row Heading, Row Heading, Row Heading, Row Heading, Row Heading, Row Heading, Column Heading, Value, Value, Value

Criteria: "42", "001a", ">312 And <362"

Ready

Ο πίνακας 4.1 παρουσιάζει τη δομή του ερωτήματος. Αναλυτικά, έχουν καθοριστεί τα πεδία: Έτος (Year) ώστε να είναι δυνατός ο εντοπισμός των ατυχημάτων που συνέβησαν στη χρονική περίοδο έρευνας (1992 – 1999), Μήνας (Month) προκειμένου να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα σε μηνιαία βάση, Κωδικός Νομού (Dpt Code) προκειμένου να εξακριβωθεί ποια ατυχήματα συνέβησαν στο νομό Λαρίσης όπου ανήκει ο σταθμός διοδίων του Μοσχοχωρίου, Τύπος Οχήματος (Vehicle Type) επειδή

διερευνάται το πλήθος ατυχημάτων ανά τύπο οχήματος, Χιλιομετρική Θέση (Road Km) ώστε να είναι εμφανές σε ποιο σημείο της οδού συνέβη το ατύχημα. Ο αύξων αριθμός ατυχήματος είναι αναγκαίος ως βάση υπολογισμού του αθροίσματος των ατυχημάτων. Τέλος, καθορίστηκε να δοθούν τα ατυχήματα που συνέβησαν στον νομό 42 (Λάρισα) και στο τμήμα 001α του Π.Α.Θ.Ε (Αθήνα – Θεσσαλονίκη) στο οποίο ανήκει ο Σ.Δ Μοσχοχωρίου και συγκεκριμένα καθορίστηκε ως περιοχή διερεύνησης το τμήμα μεταξύ του 312^{ου} και του 362^{ου} χιλιομέτρου. Αυτό έγινε γιατί ο Σ.Δ Μοσχοχωρίου βρίσκεται στο 337^ο χιλιόμετρο οπότε το τμήμα με ακτίνα 25 Km γύρω από το σταθμό βρίσκεται μεταξύ των προαναφερθέντων χιλιομέτρων ($337 - 25 = 312$ και $337 + 25 = 362$).

Πίνακας 4.2 Αποτελέσματα ερωτήματος (query) στην Access (**Datasheet View**)

Year	Month	Dpt code	SN accident	Vehicle type 3	320	320_5	321	321_5	322	322_5	323
96	1	42	949	1							
96	1	42	949	5							
96	1	42	949	7							
96	1	42	977	1							
96	1	42	977	2							
96	2	42	1119	1							
96	2	42	1119	2							
96	2	42	1131	1							
96	2	42	1131	2							
96	2	42	1171	1							
96	2	42	1171	5							
96	4	42	505	1							
96	4	42	545	1							
96	4	42	588	6							
96	4	42	608	1							
96	4	42	657	1							
96	4	42	657	2							
96	5	42	1946	1							
96	7	42	1751	1							
96	7	42	1781	1							
96	7	42	1889	1							
96	7	42	1941	1							
96	7	42	1941	2							
96	7	42	1951	6							
96	7	42	1951	7							
96	8	42	1144	1							
96	8	42	1144	6							
96	8	42	1168	1							
96	8	42	1168	3							
96	8	42	1544	1							
96	8	42	1626	2							
96	8	42	1626	6							
96	8	42	1669	1							
96	8	42	1671	1							
96	8	42	1684	6							

Ο πίνακας 4.2 παρουσιάζει το αποτέλεσμα του ερωτήματος όπως αυτό διατυπώθηκε στον πίνακα 4.1. Επειδή το συγκεκριμένο παράδειγμα αφορά στη βάση δεδομένων για τη χρονική περίοδο 1996 – 1999, τα έτη ξεκινούν από το 1996. Τα ατυχήματα είναι συγκεντρωμένα σε μηνιαία βάση, αφορούν στο νομό Λαρίσης (κωδικός 42), σε κάθε ένα εμφανίζεται ο αύξων αριθμός ατυχήματος ώστε να είναι κατανοητό ποια από τα διάφορα οχήματα που εμφανίζονται στον τύπο οχήματος ενεπλάκησαν στο ίδιο

ατύχημα. Ο τύπος οχήματος ακολουθεί την εξής κωδικοποίηση: 1 = Επιβατικό, 2 = Φορτηγό, 3 = Λεωφορείο, 4 = Ποδήλατο, 5 = Δίκυκλο μέχρι 49κ.ε., 6 = Δίκυκλο 50 κ.ε. και άνω, 7 = Άλλο. Η οδός έχει διαιρεθεί σε τμήματα των 500 μέτρων και τέλος, είναι εμφανής ο αριθμός των ατυχημάτων που παρατηρήθηκαν σε κάθε τμήμα, κάθε μήνα του εκάστοτε έτους (π.χ. τον Απρίλιο του 1996 στο χιλιόμετρο 321 πραγματοποιήθηκαν τρία ατυχήματα και αφορούσαν όλα επιβατικά οχήματα ενώ τον Ιανουάριο του ίδιου έτους πραγματοποιήθηκε ατύχημα στο χιλιόμετρο 354 στο οποίο ενεπλάκησαν τρία οχήματα διαφορετικού τύπου – 1,5,7 - και γι'αυτό ο αύξων αριθμός του ατυχήματος εμφανίζεται τρεις φορές).

Παρόμοια μεθοδολογία ακολουθήθηκε και στα υπόλοιπα ερωτήματα ώστε τελικά δημιουργήθηκε ένα **πλήθος πινάκων** με επεξεργασμένα πλέον στοιχεία ατυχημάτων, από τους οποίους άλλοι χρησίμευσαν στο να συμβάλλουν στην κατανόηση της ευρύτερης εικόνας του φαινομένου των ατυχημάτων ενώ άλλοι παρείχαν τα στοιχεία εισόδου στην στατιστική επεξεργασία που περιγράφεται σε επόμενο κεφάλαιο.

Πίνακας 4.3 Αριθμός ατυχημάτων (ποσοστιαία αναλογία) ανά έτος και μήνα για τον Π.Α.Θ.Ε.

Αριθμός Ατυχημάτων ανά Έτος και Μήνα (Π.Α.Θ.Ε.)																	
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Μέγιστο	Ελάχιστο
Ιανουάριος	6,49%	9,73%	6,27%	6,05%	6,30%	4,97%	7,14%	8,07%	8,73%	7,13%	7,88%	7,26%	8,31%	9,25%	9,56%	9,73%	4,97%
Φεβρουάριος	7,00%	5,74%	6,41%	6,51%	5,10%	11,68%	7,27%	6,39%	5,40%	6,41%	5,63%	8,69%	5,39%	5,39%	7,65%	11,68%	5,10%
Μάρτιος	6,23%	6,68%	5,71%	7,91%	6,10%	4,77%	8,37%	7,31%	6,79%	7,48%	8,63%	6,70%	9,62%	6,35%	5,00%	9,62%	4,77%
Απρίλιος	6,49%	8,32%	8,36%	7,91%	14,00%	13,71%	8,50%	7,61%	6,51%	8,91%	8,88%	6,70%	9,77%	9,53%	7,94%	14,00%	6,49%
Μάιος	7,76%	9,73%	5,57%	5,58%	6,40%	12,18%	10,22%	5,18%	7,89%	9,50%	5,75%	6,13%	6,12%	6,77%	6,03%	12,18%	5,18%
Ιούνιος	3,44%	7,62%	7,52%	10,00%	7,30%	9,04%	7,88%	7,76%	8,73%	6,65%	7,75%	7,12%	10,20%	6,77%	7,94%	10,20%	3,44%
Ιούλιος	13,23%	11,84%	16,16%	11,05%	14,30%	9,64%	11,08%	11,57%	11,63%	10,21%	10,88%	8,69%	10,06%	9,39%	10,59%	16,16%	8,69%
Αύγουστος	14,12%	10,32%	13,37%	9,07%	9,80%	8,12%	12,32%	13,55%	10,94%	9,86%	13,75%	12,54%	8,02%	10,64%	10,29%	14,12%	8,02%
Σεπτέμβριος	7,76%	7,74%	7,94%	7,79%	7,20%	4,37%	6,28%	8,83%	9,00%	7,96%	7,63%	10,11%	5,69%	8,43%	9,26%	10,11%	4,37%
Οκτώβριος	8,52%	7,50%	8,50%	9,07%	6,90%	7,11%	8,62%	8,83%	8,86%	9,26%	8,13%	9,54%	9,33%	10,08%	9,12%	10,08%	6,90%
Νοέμβριος	9,54%	6,10%	6,96%	7,67%	9,00%	5,18%	7,02%	8,07%	8,03%	7,36%	6,50%	9,97%	8,02%	9,94%	8,97%	9,97%	5,18%
Δεκέμβριος	9,41%	8,68%	7,24%	11,40%	7,60%	9,24%	5,30%	6,85%	7,48%	9,26%	8,63%	6,55%	9,48%	7,46%	7,65%	11,40%	5,30%
Αθροισμα	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%		
Μέγιστο	14,12%	11,84%	16,16%	11,40%	14,30%	13,71%	12,32%	13,55%	11,63%	10,21%	13,75%	12,54%	10,20%	10,64%	10,59%		
Ελάχιστο	3,44%	5,74%	5,57%	5,58%	5,10%	4,37%	5,30%	5,18%	5,40%	6,41%	5,63%	6,13%	5,39%	5,39%	5,00%		

Στον Πίνακα 4.3 είναι εμφανές ότι στην πλειοψηφία των ετών (για την περίοδο 1985 – 1999) το μεγαλύτερο ποσοστό των ατυχημάτων πραγματοποιήθηκε μεταξύ του Μαΐου και του Σεπτεμβρίου, δηλαδή τους μήνες που στην Ελλάδα παρατηρούνται οι υψηλότερες θερμοκρασίες και οι λιγότερες βροχοπτώσεις. Αυτό θα μπορούσε να ερμηνευτεί ως ένδειξη αυξητικής επιρροής που έχει η υψηλή θερμοκρασία και το μικρό ύψος βροχόπτωσης στον αριθμό ατυχημάτων. Ωστόσο, όπως θα παρουσιαστεί και σε επόμενο κεφάλαιο, μεταξύ Μαΐου και Σεπτεμβρίου παρατηρείται και ο υψηλότερος κυκλοφοριακός φόρτος ο οποίος είναι μια σημαντική μεταβλητή που

σχετίζεται με τον αριθμό των ατυχημάτων. Παρόμοιο είναι και το συμπέρασμα που προκύπτει από τον επόμενο πίνακα (4.4) ο οποίος αφορά στο συνολικό αριθμό ατυχημάτων και για τις 3 περιοχές έρευνας (Κόρινθος, Αθήνα, και Λάρισα).

Πίνακας 4.4 Συνολικός αριθμός ατυχημάτων (ποσοστιαία αναλογία) ανά έτος και μήνα και για τις τρεις περιοχές έρευνας

Αριθμός Ατυχημάτων ανά Έτος και Μήνα (Σύνολο για τις 3 περιοχές έρευνας)																	
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Μέγιστο	Ελάχιστο
Ιανουάριος				7,35%	5,52%	1,64%	8,33%	10,34%	4,69%	5,59%	7,34%	7,25%	6,99%	10,60%	10,56%	10,60%	1,64%
Φεβρουάριος				5,39%	3,31%	5,46%	9,31%	8,62%	7,03%	10,56%	6,21%	9,66%	4,30%	6,62%	6,83%	10,56%	3,31%
Μάρτιος				7,35%	4,97%	4,92%	11,76%	8,62%	9,38%	6,83%	9,04%	3,38%	10,22%	7,28%	6,83%	11,76%	3,38%
Απρίλιος				6,37%	7,73%	10,93%	6,37%	10,34%	7,81%	9,32%	11,86%	6,76%	9,14%	8,61%	6,21%	11,86%	6,21%
Μάιος				6,37%	5,52%	14,75%	6,37%	6,90%	9,38%	11,18%	2,82%	4,83%	6,45%	4,64%	6,21%	14,75%	2,82%
Ιούνιος				9,80%	7,18%	10,38%	8,33%	2,59%	8,59%	8,70%	8,47%	6,28%	10,75%	7,95%	6,83%	10,75%	2,59%
Ιούλιος				8,33%	6,63%	12,57%	10,29%	12,07%	7,03%	6,83%	10,73%	9,18%	13,98%	9,27%	10,56%	13,98%	6,63%
Αύγουστος				11,76%	12,15%	6,01%	13,73%	10,34%	8,59%	7,45%	10,73%	9,66%	6,99%	8,61%	7,45%	13,73%	6,01%
Σεπτέμβριος				11,27%	7,73%	5,46%	5,88%	8,62%	7,03%	8,70%	7,91%	12,08%	5,38%	6,62%	9,94%	12,08%	5,38%
Οκτώβριος				8,82%	10,50%	9,84%	6,37%	10,34%	5,47%	6,83%	9,60%	7,73%	8,60%	9,27%	9,32%	10,50%	5,47%
Νοέμβριος				8,82%	14,36%	4,37%	8,33%	6,03%	13,28%	8,07%	5,08%	16,43%	5,91%	9,27%	12,42%	16,43%	4,37%
Δεκέμβριος				8,33%	14,36%	13,66%	4,90%	5,17%	11,72%	9,94%	10,17%	6,76%	11,29%	11,26%	6,83%	14,36%	4,90%
Άθροισμα				100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%		
Μέγιστο				11,76%	14,36%	14,75%	13,73%	12,07%	13,28%	11,18%	11,86%	16,43%	13,98%	11,26%	12,42%		
Ελάχιστο				5,39%	3,31%	1,64%	4,90%	2,59%	4,69%	5,59%	2,82%	3,38%	4,30%	4,64%	6,21%		

Πίνακας 4.5 Σοβαρότητα των ατυχημάτων (ποσοστιαία αναλογία) ανά έτος και μήνα για τον Π.Α.Θ.Ε.

Σοβαρότητα Ατυχημάτων ανά Έτος και Μήνα (Π.Α.Θ.Ε.)																	
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Μέγιστο	Ελάχιστο
Ιανουάριος	10,86%	11,87%	11,97%	6,47%	7,28%	8,51%	5,35%	10,07%	4,82%	10,59%	10,21%	8,85%	7,76%	7,50%	8,29%	11,97%	4,82%
Φεβρουάριος	9,51%	6,70%	7,81%	1,80%	11,11%	8,29%	7,36%	12,71%	9,34%	5,88%	7,74%	6,47%	7,17%	6,06%	4,51%	12,71%	1,80%
Μάρτιος	10,05%	7,04%	5,84%	16,82%	6,19%	6,34%	10,04%	13,65%	7,44%	10,08%	10,88%	7,80%	4,47%	13,49%	10,34%	16,82%	4,47%
Απρίλιος	5,43%	5,65%	9,97%	7,92%	5,40%	11,03%	4,95%	4,85%	10,98%	5,51%	7,93%	7,20%	12,32%	8,99%	14,75%	14,75%	4,85%
Μάιος	11,10%	4,40%	8,98%	11,91%	4,22%	8,69%	11,22%	3,57%	7,46%	6,75%	7,57%	5,25%	7,72%	6,63%	12,00%	12,00%	3,57%
Ιούνιος	5,70%	13,47%	5,54%	5,48%	12,20%	9,04%	9,21%	7,14%	8,19%	3,40%	6,48%	6,77%	7,16%	6,03%	3,04%	13,47%	3,04%
Ιούλιος	7,10%	7,23%	5,93%	7,79%	5,10%	7,84%	6,90%	6,07%	7,59%	12,19%	9,55%	5,55%	6,41%	9,13%	8,79%	12,19%	5,10%
Αύγουστος	6,93%	7,88%	6,55%	12,94%	9,91%	12,66%	6,83%	8,18%	10,76%	11,48%	6,33%	8,66%	10,72%	6,91%	6,02%	12,94%	6,02%
Σεπτέμβριος	10,59%	7,74%	7,35%	6,03%	9,37%	4,85%	14,00%	4,60%	8,88%	7,59%	4,39%	11,92%	9,07%	8,72%	5,58%	14,00%	4,39%
Οκτώβριος	4,59%	11,40%	7,85%	11,21%	7,04%	7,23%	10,20%	6,69%	8,54%	8,14%	6,18%	11,79%	8,75%	10,53%	10,58%	11,79%	4,59%
Νοέμβριος	11,49%	2,81%	8,98%	4,08%	6,90%	7,01%	8,17%	10,07%	4,19%	10,25%	13,40%	6,85%	10,72%	7,80%	8,45%	13,40%	2,81%
Δεκέμβριος	6,65%	13,81%	13,24%	7,55%	15,27%	8,51%	5,77%	12,40%	11,81%	8,14%	9,32%	12,88%	7,71%	8,21%	7,66%	15,27%	5,77%
Άθροισμα	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%		
Μέγιστο	37,33%	37,84%	44,23%	50,00%	56,58%	42,50%	45,10%	56,25%	38,89%	38,37%	50,00%	45,65%	41,79%	45,65%	62,96%		
Ελάχιστο	14,93%	7,69%	18,52%	5,36%	15,63%	16,28%	15,94%	14,71%	13,79%	10,71%	16,39%	18,60%	15,15%	20,41%	12,96%		

Στον Πίνακα 4.5 παρατηρείται ότι η σοβαρότητα των ατυχημάτων δεν ακολουθεί την εποχική διακύμανση του απόλυτου αριθμού των ατυχημάτων. Αντιθέτως, οι μήνες με τον υψηλότερο δείκτη σοβαρότητας είναι συνήθως οι Οκτώβριος, Νοέμβριος, Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Απρίλιος, και Μάρτιος κατά τη διάρκεια των οποίων παρατηρούνται χαμηλές θερμοκρασίες και μεγάλο ύψος βροχόπτωσης. Παρόμοιο συμπέρασμα προκύπτει και από τον επόμενο πίνακα (4.6) ο οποίος αφορά στη σοβαρότητα των ατυχημάτων που συνολικά πραγματοποιήθηκαν και στις τρεις περιοχές έρευνας.

Πίνακας 4.6 Σοβαρότητα των ατυχημάτων (ποσοστιαία αναλογία) και για τις τρεις περιοχές έρευνας

Σοβαρότητα Ατυχημάτων ανά Έτος και Μήνα (Σύνολο για τις 3 περιοχές έρευνας)																	
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Μέγιστο	Ελάχιστο
Ιανουάριος				9,16%	9,58%	17,43%	4,43%	8,67%	15,50%	5,82%	5,91%	2,69%	3,31%	9,05%	9,31%	17,43%	2,69%
Φεβρουάριος				3,12%	10,64%	10,46%	9,92%	23,40%	6,89%	4,62%	17,45%	8,06%	0,00%	14,49%	9,59%	23,40%	0,00%
Μάρτιος				11,46%	10,64%	5,81%	7,85%	10,40%	5,17%	2,38%	2,40%	5,76%	0,00%	0,00%	23,97%	23,97%	0,00%
Απρίλιος				5,29%	2,28%	13,07%	8,69%	2,17%	0,00%	3,49%	10,97%	2,88%	10,13%	3,71%	10,55%	13,07%	0,00%
Μάιος				5,29%	15,96%	5,81%	23,19%	3,25%	7,75%	8,73%	7,68%	4,03%	21,53%	0,00%	5,27%	23,19%	0,00%
Ιούνιος				6,87%	0,00%	6,88%	6,65%	17,33%	2,82%	5,61%	0,00%	0,00%	10,76%	4,02%	0,00%	17,33%	0,00%
Ιούλιος				8,09%	5,32%	15,92%	5,38%	7,43%	13,78%	16,66%	4,04%	2,12%	9,94%	6,90%	24,82%	24,82%	2,12%
Αύγουστος				12,89%	5,80%	14,26%	8,07%	6,50%	11,27%	24,00%	4,04%	8,06%	6,62%	3,71%	0,00%	24,00%	0,00%
Σεπτέμβριος				4,48%	11,40%	0,00%	3,14%	2,60%	10,33%	7,48%	8,23%	14,51%	4,31%	14,49%	3,30%	14,51%	0,00%
Οκτώβριος				13,36%	5,04%	2,91%	11,59%	2,17%	8,86%	11,90%	15,81%	30,22%	13,46%	13,80%	0,00%	30,22%	0,00%
Νοέμβριος				3,82%	11,05%	3,27%	11,08%	7,43%	7,29%	6,04%	17,07%	13,04%	11,74%	24,14%	13,19%	24,14%	3,27%
Δεκέμβριος				16,17%	12,28%	4,18%	0,00%	8,67%	10,33%	3,27%	6,40%	8,64%	8,20%	5,68%	0,00%	16,17%	0,00%
Αθροισμα				100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%		
Μέγιστο				16,17%	15,96%	17,43%	23,19%	23,40%	15,50%	24,00%	17,45%	30,22%	21,53%	24,14%	24,82%		
Ελάχιστο				3,12%	0,00%	0,00%	0,00%	2,17%	0,00%	2,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		

Το σύνολο των πινάκων παρουσιάζεται στο **Παράρτημα 1**.

4.5 ΝΕΚΡΟΙ

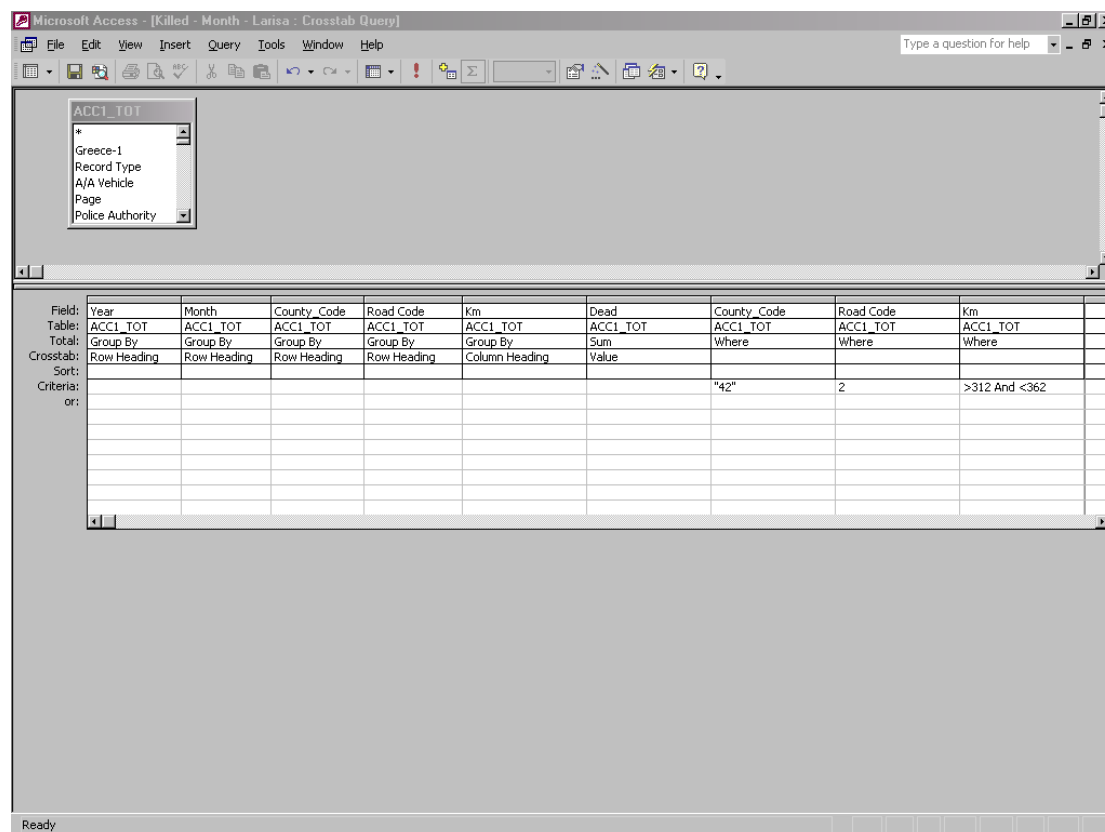
Η **μεθοδολογία** που ακολουθήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων που αφορούν στο πλήθος των νεκρών από οδικά ατυχήματα είναι παρόμοια με αυτή που περιγράφηκε παραπάνω σχετικά με τα ατυχήματα. Χρησιμοποιήθηκαν οι 2 βάσεις δεδομένων που περιγράφηκαν παραπάνω (για τις περιόδους 1985 – 1995 και 1996 – 1999). Και οι δύο περιέχουν ξεχωριστή κατηγορία καταχωρημένων δεδομένων που αφορούν στους παθόντες από οδικά ατυχήματα και παρέχουν μια λεπτομερή περιγραφή των χαρακτηριστικών τους όπως π.χ. το φύλο, την ηλικία, ή την εθνικότητα. Ωστόσο όλες αυτές οι πληροφορίες δεν χρειάζονται στην παρούσα ανάλυση και γι' αυτό χρησιμοποιήθηκε μόνο η πληροφορία που αφορά στον αριθμό των νεκρών από οδικά ατυχήματα η οποία περιλαμβάνεται μέσα στην περιγραφή των χαρακτηριστικών των ατυχημάτων.

Και στην περίπτωση αυτή, δημιουργήθηκαν **ερωτήματα** (queries) στην **Access** προκειμένου να υπολογιστεί το πλήθος των νεκρών από οδικά ατυχήματα που παρατηρήθηκε:

1. κατά τη χρονική περίοδο 1992 - 1999
2. στον Οδικό Άξονα Πατρών – Αθηνών – Θεσσαλονίκης – Ευζώνων (Π.Α.Θ.Ε.)

3. 25 Km εκατέρωθεν των Σταθμών Διοδίων
4. σε ημερήσια και μηνιαία βάση

Πίνακας 4.7 Ερώτημα στην Access για την εύρεση του πλήθους των νεκρών από οδικά ατυχήματα σε μηνιαία βάση για την περιοχή έρευνας της Λάρισας (**Design View**).



Ο πίνακας 4.7 παρουσιάζει τη δομή του ερωτήματος. Αναλυτικά, έχουν καθοριστεί τα πεδία: Έτος (Year) ώστε να είναι δυνατός ο εντοπισμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα που συνέβησαν στη χρονική περίοδο έρευνας (1992 – 1999), Μήνας (Month) προκειμένου να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα σε μηνιαία βάση, Κωδικός Νομού (County Code) προκειμένου να εξακριβωθεί πόσοι νεκροί παρατηρήθηκαν στο νομό Λαρίσης όπου ανήκει ο σταθμός διοδίων του Μοσχοχωρίου, Κωδικό Οδού (Road Code), ώστε το αποτέλεσμα του ερωτήματος να αφορά στον Π.Α.Θ.Ε, Χιλιομετρική Θέση (Km) ώστε να είναι εμφανές σε ποιο σημείο της οδού συνέβη το ατύχημα στο οποίο υπήρξε νεκρός. Το ερώτημα λαμβάνει εντολή να εμφανίσει την τιμή του πλήθους των νεκρών λόγω οδικού ατυχήματος (Killed). Τέλος, καθορίστηκε να δοθεί ο αριθμός των νεκρών από ατυχήματα που συνέβησαν στον νομό 42 (Λάρισα) και στο τμήμα 2 του Π.Α.Θ.Ε (Αθήνα – Θεσσαλονίκη) στο οποίο ανήκει ο

Σ.Δ Μοσχοχωρίου και συγκεκριμένα, καθορίστηκε ως περιοχή διερεύνησης το τμήμα μεταξύ του 312^{ου} και του 362^{ου} χιλιομέτρου. Αυτό έγινε γιατί ο Σ.Δ Μοσχοχωρίου βρίσκεται στο 337^ο χιλιόμετρο οπότε το τμήμα με ακτίνα 25 Km γύρω από το σταθμό βρίσκεται μεταξύ των προαναφερθέντων χιλιομέτρων ($337 - 25 = 312$ και $337 + 25 = 362$).

Πίνακας 4.8 Αποτελέσματα ερωτήματος (query) στην Access (**Datasheet View**)

Year	Month	County_Code	Road Code	314	316	318	320	321	322
85	1	42	2						
85	2	42	2						
85	4	42	2						
85	5	42	2						
85	7	42	2					1	
85	8	42	2						
85	9	42	2						
85	10	42	2						
85	12	42	2						
86	1	42	2						
86	4	42	2						
86	5	42	2						
86	6	42	2			0			
86	7	42	2						0
86	8	42	2						
86	9	42	2						
86	10	42	2						0
86	11	42	2						
86	12	42	2						
87	1	42	2						
87	3	42	2						
87	4	42	2						
87	5	42	2						
87	6	42	2						
87	7	42	2						
87	8	42	2						
87	9	42	2						
87	10	42	2						0
87	11	42	2						
87	12	42	2						
88	1	42	2				0		
88	2	42	2						
88	3	42	2						
88	5	42	2						
88	6	42	2						
88	7	42	2						

Ο πίνακας 4.8 παρουσιάζει το αποτέλεσμα του ερωτήματος όπως αυτό διατυπώθηκε στον πίνακα 4.7. Επειδή το συγκεκριμένο παράδειγμα αφορά στη βάση δεδομένων για τη χρονική περίοδο 1985 - 1995, τα έτη ξεκινούν από το 1985. Τα ατυχήματα είναι συγκεντρωμένα σε μηνιαία βάση, αφορούν στον νομό Λαρίσης (κωδικός 42), και το τμήμα 2 του Π.Α.Θ.Ε (Αθήνα – Θεσσαλονίκη). Η οδός έχει διαιρεθεί σε τμήματα των 2 χιλιομέτρων και τέλος, προσδιορίζεται το πλήθος των νεκρών που παρατηρήθηκε σε κάθε τμήμα, κάθε μήνα του εκάστοτε έτους (π.χ. τον Ιούλιο του 1985 στο χιλιόμετρο 321 υπήρξε ένας νεκρός από οδικό ατύχημα ενώ τον Ιούνιο του 1986 πραγματοποιήθηκε ατύχημα στο χιλιόμετρο 318 στο οποίο όμως δεν υπήρξε νεκρός).

Παρόμοια μεθοδολογία ακολουθήθηκε και στα υπόλοιπα ερωτήματα ώστε τελικά δημιουργήθηκε μια **πληθώρα πινάκων** με επεξεργασμένα πλέον στοιχεία νεκρών από οδικά ατυχήματα, από τους οποίους άλλοι χρησίμευσαν στο να συμβάλλουν στην κατανόηση της ευρύτερης εικόνας του φαινομένου των ανθρωπίνων απωλειών ενώ άλλοι παρείχαν τα στοιχεία εισόδου στην στατιστική επεξεργασία που περιγράφεται σε επόμενο κεφάλαιο.

Πίνακας 4.9 Πλήθος νεκρών (ποσοστιαία αναλογία) από οδικά ατυχήματα ανά έτος και μήνα για τον Π.Α.Θ.Ε.

	Αριθμός Νεκρών ανά Έτος και Μήνα (Π.Α.Θ.Ε)																	
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Μέγιστο	Ελάχιστο	
Ιανουάριος	8,53%	13,71%	9,38%	4,67%	5,76%	4,84%	4,61%	9,91%	5,08%	8,89%	9,76%	7,62%	7,77%	8,29%	9,70%	13,71%	4,61%	
Φεβρουάριος	8,06%	4,57%	6,25%	1,40%	7,12%	11,07%	6,45%	9,91%	6,09%	4,44%	5,28%	6,67%	4,66%	3,90%	4,22%	11,07%	1,40%	
Μάρτιος	7,58%	5,58%	4,17%	15,89%	4,75%	3,46%	10,14%	12,16%	6,09%	8,89%	11,38%	6,19%	5,18%	10,24%	6,33%	15,89%	3,46%	
Απρίλιος	4,27%	5,58%	10,42%	7,48%	9,49%	17,30%	5,07%	4,50%	8,63%	5,78%	8,54%	5,71%	14,51%	10,24%	14,35%	17,30%	4,27%	
Μάιος	10,43%	5,08%	6,25%	7,94%	3,39%	12,11%	13,82%	2,25%	7,11%	7,56%	5,28%	3,81%	5,70%	5,37%	8,86%	13,82%	2,25%	
Ιούνιος	2,37%	12,18%	5,21%	6,54%	11,19%	9,34%	8,76%	6,76%	8,63%	2,67%	6,10%	5,71%	8,81%	4,88%	2,95%	12,18%	2,37%	
Ιούλιος	11,37%	10,15%	11,98%	10,28%	9,15%	8,65%	9,22%	8,56%	10,66%	14,67%	12,60%	5,71%	7,77%	10,24%	11,39%	14,67%	5,71%	
Αύγουστος	11,85%	9,64%	10,94%	14,02%	12,20%	11,76%	10,14%	13,51%	14,21%	13,33%	10,57%	12,86%	10,36%	8,78%	7,59%	14,21%	7,59%	
Σεπτέμβριος	9,95%	7,11%	7,29%	5,61%	8,47%	2,42%	10,60%	4,95%	9,64%	7,11%	4,07%	14,29%	6,22%	8,78%	6,33%	14,29%	2,42%	
Οκτώβριος	4,74%	10,15%	8,33%	12,15%	6,10%	5,88%	10,60%	7,21%	9,14%	8,89%	6,10%	13,33%	9,84%	12,68%	11,81%	13,33%	4,74%	
Νοέμβριος	13,27%	2,03%	7,81%	3,74%	7,80%	4,15%	6,91%	9,91%	4,06%	8,89%	10,57%	8,10%	10,36%	9,27%	9,28%	13,27%	2,03%	
Δεκέμβριος	7,58%	14,21%	11,98%	10,28%	14,58%	9,00%	3,69%	10,36%	10,66%	8,89%	9,76%	10,00%	8,81%	7,32%	7,17%	14,58%	3,69%	
Αθροισμα	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%			
Μέγιστο	13,27%	14,21%	11,98%	15,89%	14,58%	17,30%	13,82%	13,51%	14,21%	14,67%	12,60%	14,29%	14,51%	12,68%	14,35%			
Ελάχιστο	2,37%	2,03%	4,17%	1,40%	3,39%	2,42%	3,69%	2,25%	4,06%	2,67%	4,07%	3,81%	4,66%	3,90%	2,95%			

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.9 η γενική τάση είναι να παρατηρείται το μεγαλύτερο ποσοστό νεκρών στο τέλος της εαρινής, κατά τη θερινή, και στην αρχή της φθινοπωρινής περιόδου όπου οι θερμοκρασίες είναι υψηλές και το ύψος βροχόπτωσης μικρό. Επειδή όμως, όπως ήδη αναφέρθηκε, την περίοδο αυτή αυξάνεται και ο κυκλοφοριακός φόρτος, δεν είναι ασφαλές να υποτεθεί στο σημείο αυτό ότι η υψηλή θερμοκρασία και το μικρό ύψος βροχόπτωσης συμβάλλουν στην αύξηση του πλήθους των νεκρών από οδικά ατυχήματα. Παρόμοια συμπεράσματα προκύπτουν και από την εξέταση του επόμενου πίνακα (4.10).

Πίνακας 4.10 Συνολικό πλήθος νεκρών (ποσοστιαία αναλογία) από οδικά ατυχήματα ανά έτος και μήνα για τις 3 περιοχές έρευνας

	Αριθμός Νεκρών ανά Έτος και Μήνα (Σύνολο για τις 3 περιοχές έρευνας)																
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Μέγιστο	Ελάχιστο
Ιανουάριος				7,84%	6,38%	3,57%	4,44%	11,76%	9,09%	4,08%	5,56%	2,08%	2,70%	11,11%	11,11%	11,76%	2,08%
Φεβρουάριος				1,96%	4,26%	7,14%	11,11%	26,47%	6,06%	6,12%	13,89%	8,33%	0,00%	11,11%	7,41%	26,47%	0,00%
Μάρτιος				9,80%	6,38%	3,57%	11,11%	11,76%	6,06%	2,04%	2,78%	2,08%	0,00%	0,00%	18,52%	18,52%	0,00%
Απρίλιος				3,92%	2,13%	17,86%	6,67%	2,94%	0,00%	4,08%	16,67%	2,08%	10,81%	3,70%	7,41%	17,86%	0,00%
Μάιος				3,92%	10,64%	10,71%	17,78%	2,94%	9,09%	12,24%	2,78%	2,08%	16,22%	0,00%	3,70%	17,78%	0,00%
Ιούνιος				7,84%	0,00%	8,93%	6,67%	5,88%	3,03%	6,12%	0,00%	0,00%	13,51%	3,70%	0,00%	13,51%	0,00%
Ιούλιος				7,84%	4,26%	25,00%	6,67%	11,76%	12,12%	14,29%	5,56%	2,08%	16,22%	7,41%	29,63%	29,63%	2,08%
Αύγουστος				17,65%	8,51%	10,71%	13,33%	8,82%	12,12%	22,45%	5,56%	8,33%	5,41%	3,70%	0,00%	22,45%	0,00%
Σεπτέμβριος				5,88%	10,64%	0,00%	2,22%	2,94%	9,09%	8,16%	8,33%	18,75%	2,70%	11,11%	3,70%	18,75%	0,00%
Οκτώβριος				13,73%	6,38%	3,57%	8,89%	2,94%	6,06%	10,20%	19,44%	25,00%	13,51%	14,81%	0,00%	25,00%	0,00%
Νοέμβριος				3,92%	19,15%	1,79%	11,11%	5,88%	12,12%	6,12%	11,11%	22,92%	8,11%	25,93%	18,52%	25,93%	1,79%
Δεκέμβριος				15,69%	21,28%	7,14%	0,00%	5,88%	15,15%	4,08%	8,33%	6,25%	10,81%	7,41%	0,00%	21,28%	0,00%
Αθροισμα				100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%		
Μέγιστο				17,65%	21,28%	25,00%	17,78%	26,47%	15,15%	22,45%	19,44%	25,00%	16,22%	25,93%	29,63%		
Ελάχιστο				1,96%	0,00%	0,00%	0,00%	2,94%	0,00%	2,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		

Το σύνολο των πινάκων παρουσιάζεται στο **Παράρτημα 1**.

4.6 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ

Τα δεδομένα που αφορούν στον κυκλοφοριακό φόρτο υπέστησαν **δύο μορφές επεξεργασίας** ώστε αφενός να εκφραστούν τα διάφορα στοιχεία σε μηνιαία βάση και αφετέρου να μετατραπεί ο αριθμός των οχημάτων σε αριθμό οχηματοχιλιομέτρων δεδομένου ότι τα συλλεχθέντα στοιχεία από το Τ.Ε.Ο και τους Σταθμούς Διοδίων (Σ.Δ.) αφορούν μόνο στο πλήθος των οχημάτων (όπως αυτό προκύπτει από το πλήθος των εκδιδόμενων αποδείξεων διέλευσης).

Καταρχήν, οι **πέντε κατηγορίες αποδείξεων** πληρωμής του αντιτίμου των διοδίων (Δίκυκλα και Τρίκυκλα, Επιβατικά και Φορτηγά κάτω των 3,5 τόνων, Φορτηγά άνω των 3,5 τόνων με 2 άξονες και Λεωφορεία, Φορτηγά με 3 άξονες, και Φορτηγά άνω των 3 αξόνων) **ενοποιήθηκαν σε τρεις**:

1. Δίκυκλα (Ποδήλατα, Μοτοσικλέτες κάθε κυβισμού, Τρίκυκλα)
2. Επιβατικά (Επιβατικά, Ταξί, Φορτηγά κάτω των 3,5 τόνων)
3. Φορτηγά – Λεωφορεία (Φορτηγά άνω των 3,5 τόνων με 2 άξονες και Λεωφορεία, Φορτηγά με 3 άξονες, και Φορτηγά άνω των 3 αξόνων)

Σε ότι αφορά στην έκφραση των στοιχείων σε μηνιαία βάση, δεδομένα αριθμού οχημάτων ήταν διαθέσιμα για όλα τα έτη έρευνας (1992 – 1999). Το πρόβλημα ήταν

ότι τα δεδομένα αυτά βρίσκονταν σε ετήσια βάση. Μόνο για το έτος 1996 και για τους Σταθμούς Διοδίων των Αφιδνών και του Ζευγολατειού ήταν διαθέσιμα σε ημερήσια βάση οπότε ήταν εύκολο να υπολογιστεί το μηνιαίο άθροισμα. Για τα υπόλοιπα έτη, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από το Τ.Ε.Ο, τα οποία δίνουν το πλήθος των οχημάτων που πέρασε κάθε χρόνο από κάθε Σταθμό Διοδίων της χώρας καθώς και τα δεδομένα παλαιότερης εργασίας (Γιώτης, Ποριώτης, 1990) που εκφράζονται σε μηνιαία βάση και αφορούν σε παλαιότερα έτη (1986, 1987, 1988).

Η μεθοδολογία αναγωγής των δεδομένων από ετήσια σε μηνιαία βάση ήταν η ακόλουθη: Επιλέχθηκε κάθε Σ.Δ ξεχωριστά και διαπιστώθηκε για ποια έτη υπάρχουν δεδομένα σε μηνιαία βάση. Λόγου χάρη, για το Ζευγολατειό υπάρχουν δεδομένα πλήθους οχημάτων σε μηνιαία βάση για τα έτη 1988 και 1996 (πίνακες 4.11, 4.12, 4.13, 4.14).

Πίνακας 4.11 Πλήθος αποδείξεων ανά κατηγορία οχήματος ανά μήνα για το Σ.Δ Ζευγολατειού και για το 1988

Σταθμός Διοδίων Ζευγολατειού				
Αριθμός Διελεύσεων (Κυκλοφοριακός Φόρτος)				
Έτος	Μήνας	Δίκυκλα	Επιβατικά	Φορτηγά - Λεωφορεία
1988	1	348	99.454	21.631
1988	2	432	99.593	22.486
1988	3	447	98.718	26.286
1988	4	1.389	159.385	26.244
1988	5	1.854	123.920	30.053
1988	6	2.475	134.778	30.934
1988	7	5.423	238.975	31.693
1988	8	8.344	222.594	28.159
1988	9	2.680	136.363	27.727
1988	10	1.332	129.122	27.468
1988	11	418	99.966	27.570
1988	12	528	123.002	24.921
	Σύνολο	25.670	1.665.870	325.172

Πίνακας 4.12 Ποσοστιαία κατανομή πλήθους οχημάτων ανά μήνα για το Σ.Δ Ζευγολατειού και για το 1988

Αριθμός Διελύσεων (Κυκλοφοριακός Φόρτος)				
Έτος	Μήνας	Δίκυκλα	Επιβατικά	Φορτηγά - Λεωφορεία
1988	1	1,36%	5,97%	6,65%
1988	2	1,68%	5,98%	6,92%
1988	3	1,74%	5,93%	8,08%
1988	4	5,41%	9,57%	8,07%
1988	5	7,22%	7,44%	9,24%
1988	6	9,64%	8,09%	9,51%
1988	7	21,13%	14,35%	9,75%
1988	8	32,50%	13,36%	8,66%
1988	9	10,44%	8,19%	8,53%
1988	10	5,19%	7,75%	8,45%
1988	11	1,63%	6,00%	8,48%
1988	12	2,06%	7,38%	7,66%
	Σύνολο	100,00%	100,00%	100,00%

Πίνακας 4.13 Πλήθος αποδείξεων ανά κατηγορία οχήματος ανά μήνα για το Σ.Δ Ζευγολατειού και για το 1996

Αριθμός Διελύσεων (Κυκλοφοριακός Φόρτος)				
Έτος	Μήνας	Δίκυκλα	Επιβατικά	Φορτηγά - Λεωφορεία
1996	1	318	191.456	90.206
1996	2	458	229.944	88.656
1996	3	740	217.154	95.644
1996	4	854	327.720	102.282
1996	5	2.032	240.576	110.246
1996	6	3.062	302.120	109.748
1996	7	3.710	431.108	125.192
1996	8	9.924	490.162	114.850
1996	9	2.178	257.304	105.838
1996	10	916	247.086	106.042
1996	11	676	219.724	100.244
1996	12	216	146.810	48.372
	Σύνολο	25.084	3.301.164	1.197.320

Πίνακας 4.14 Ποσοστιαία κατανομή πλήθους οχημάτων ανά μήνα για το Σ.Δ Ζευγολατειού και για το 1996

Αριθμός Διελύσεων (Κυκλοφοριακός Φόρτος)				
Έτος	Μήνας	Δίκυκλα	Ι.Χ Επιβατικά	Φορτηγά - Λεωφορεία
1996	1	1,27%	5,80%	7,53%
1996	2	1,83%	6,97%	7,40%
1996	3	2,95%	6,58%	7,99%
1996	4	3,40%	9,93%	8,54%
1996	5	8,10%	7,29%	9,21%
1996	6	12,21%	9,15%	9,17%
1996	7	14,79%	13,06%	10,46%
1996	8	39,56%	14,85%	9,59%
1996	9	8,68%	7,79%	8,84%
1996	10	3,65%	7,48%	8,86%
1996	11	2,69%	6,66%	8,37%
1996	12	0,86%	4,45%	4,04%
	Σύνολο	100,00%	100,00%	100,00%

Υπολογίστηκε ο μέσος όρος για τα δύο έτη των ποσοστιαίων κατανομών του πλήθους των ατυχημάτων για το Σ.Δ Ζευγολατειού όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα (4.15). Λόγου χάρη, για τα δίκυκλα ισχύει ότι τον Ιανουάριο διέρχεται από το Σ.Δ το 1,31% του ετήσιου συνόλου (ποσοστό που αναμενόταν να είναι μικρό επειδή τον μήνα αυτό δεν κυκλοφορούν πολλά δίκυκλα λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας).

Πίνακας 4.15 Μέση Ποσοστιαία Κατανομή Κυκλοφορίας ανά Μήνα

Αριθμός Διελύσεων (Κυκλοφοριακός Φόρτος)				
Έτος	Μήνας	Δίκυκλα	Ι.Χ Επιβατικά	Φορτηγά - Λεωφορεία
19XX	1	1,31%	5,88%	7,09%
19XX	2	1,75%	6,47%	7,16%
19XX	3	2,35%	6,25%	8,04%
19XX	4	4,41%	9,75%	8,31%
19XX	5	7,66%	7,36%	9,22%
19XX	6	10,92%	8,62%	9,34%
19XX	7	17,96%	13,70%	10,10%
19XX	8	36,03%	14,11%	9,13%
19XX	9	9,56%	7,99%	8,68%
19XX	10	4,42%	7,62%	8,65%
19XX	11	2,16%	6,33%	8,43%
19XX	12	1,46%	5,92%	5,85%
	Σύνολο	100,00%	100,00%	100,00%

Με τη χρήση των ποσοστών αυτών που προέκυψαν είναι πλέον δυνατός ο προσεγγιστικός αλλά «ασφαλής» υπολογισμός του αριθμού των οχημάτων σε μηνιαία βάση για τα έτη 1992 – 1999 δεδομένου ότι το ετήσιο σύνολο για κάθε έτος είναι γνωστό (πίνακας 4.16).

Πίνακας 4.16 Ετήσιο πλήθος οχημάτων διερχόμενων από το Σ.Δ Ζευγολατειού

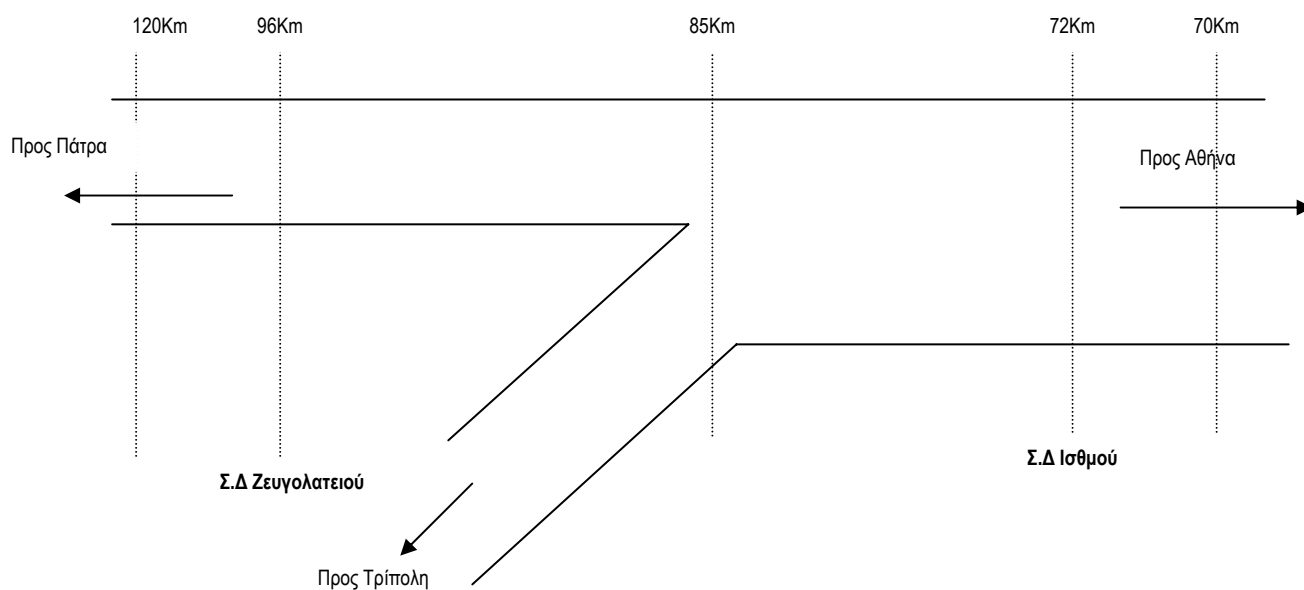
Σ.Δ: Ζευγολ.ατειό			
Έτος	Δίκυκλα	Επιβατικά	Φορτηγά - Λεωφορεία
1992	27.500	1.676.900	340.300
1993	25.100	1.698.800	346.800
1994	16.800	1.788.000	365.800
1995	15.400	1.879.300	392.000
1996	12.400	1.866.500	368.600
1997	6.200	2.011.400	380.900
1998	6.835	2.180.500	414.187
1999	10.832	2.330.217	419.266

Το σύνολο των πινάκων που αφορούν στην προαναφερθείσα διαδικασία για όλες τις περιοχές έρευνας παρατίθεται στο **Παράρτημα 1**.

Μετά την ολοκλήρωση της αναγωγής των δεδομένων του πλήθους των ατυχημάτων από ετήσια σε μηνιαία βάση, ήταν αναγκαίο αυτά να μετατραπούν σε αριθμό **οχηματοχιλιομέτρων** που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε περιοχή έρευνας. Δεδομένου ότι κάθε περιοχή έρευνας έχει ακτίνα 25 Km τα οχηματοχιλιόμετρα που πραγματοποιήθηκαν κάθε μήνα προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό του αριθμού των διερχομένων οχημάτων από τους Σταθμούς Διοδίων επί 50 Km. Αυτή είναι μια ασφαλής μέθοδος αρκεί να ληφθούν υπ'όψη οι οποίες αλλαγές προκαλούνται στο πλήθος των οχημάτων, όπως αυτό περιγράφεται από τις αποδείξεις των Σταθμών Διοδίων, λόγω εισόδου ή εξόδου σημαντικού αριθμού οχημάτων εκατέρωθεν κάθε Σ.Δ και στα όρια κάθε περιοχής έρευνας. Σε ότι αφορά στους Σταθμούς Διοδίων των Αφιδνών και του Μοσχοχωρίου, η εξέταση ενός οδικού χάρτη δείχνει ότι είναι ασφαλές να θεωρηθεί ότι δεν υπάρχει σημαντική είσοδος ή έξοδος οχημάτων από τον οδικό άξονα Π.Α.Θ.Ε (για την περιοχή έρευνας).

Ωστόσο, σε ότι αφορά στο Σ.Δ του Ζευγολατειού, η κυκλοφορία χωρίζεται σε 2 μεγάλα μέρη μέσα στα όρια της περιοχής έρευνας εκ των οποίων το ένα οδηγεί στην Πάτρα ενώ το άλλο στην Τρίπολη. Συγκεκριμένα, η έξοδος για την Τρίπολη βρίσκεται στο 85^ο χιλιόμετρο, ο Σ.Δ του Ισθμού βρίσκεται στο 72^ο χιλιόμετρο, ο Σ.Δ του Ζευγολατειού βρίσκεται στο 96^ο χιλιόμετρο, και η περιοχή έρευνας βρίσκεται μεταξύ των χιλιομέτρων 70 και 120 (Σχήμα 4.1). Συνεπώς, ο αριθμός των οχηματοχιλιομέτρων που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή έρευνας του Ζευγολατειού προκύπτει αν πολλαπλασιαστεί ο αριθμός των οχημάτων που διήλθαν από το Σ.Δ Ζευγολατειού επί 35 ($120 - 85 = 35$), πολλαπλασιαστεί ο αριθμός των οχημάτων που διήλθαν από το Σ.Δ Ισθμού (συνεπώς υπήρξε ανάγκη εύρεσης των δεδομένων του πλήθους οχημάτων που πέρασαν και από τον Ισθμό) επί 13 ($85 - 70 = 15$) και τελικά προστεθούν τα 2 γινόμενα.

Σχήμα 4.1 Σκαρίφημα της διάταξης του εξεταζόμενου τμήματος στην περιοχή της Κορίνθου



Οι πίνακες με τα δεδομένα για το πλήθος των οχημάτων που διήλθαν από κάθε Σταθμό Διοδίων καθώς και για τον αριθμό των οχηματοχιλιομέτρων που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε περιοχή έρευνας παρατίθενται στο **Παράρτημα 1**.

4.7 ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η επεξεργασία των στοιχείων ολοκληρώθηκε με την ενοποίηση και αντιστοίχιση τους σε **τρεις πίνακες** (έναν για κάθε περιοχή έρευνας – Κόρινθος, Αθήνα, και Λάρισα) οι οποίοι και αποτέλεσαν τη βάση της στατιστικής επεξεργασίας όπως αυτή περιγράφεται σε επόμενο κεφάλαιο. Έτσι κάθε ένας από τους πίνακες αυτούς περιλαμβάνει τα επεξεργασμένα δεδομένα για το ύψος βροχόπτωσης, τη θερμοκρασία, το πλήθος των ατυχημάτων, τον αντίστοιχο αριθμό των νεκρών εξ' αιτίας αυτών των ατυχημάτων, και τα πραγματοποιηθέντα οχηματοχιλιόμετρα για την περίοδο έρευνας 1992 – 1999. Επίσης, οι τρεις αυτοί πίνακες περιλαμβάνουν και από δύο επιπλέον στήλες έκαστος, οι οποίες αφορούν στην επικινδυνότητα (ατυχήματα/οχηματοχιλιόμετρα) και στη σοβαρότητα (νεκροί/ατυχήματα) των ατυχημάτων. Ο υπολογισμός των δεικτών αυτών ήταν εύκολος δεδομένου ότι όλα τα δεδομένα είναι καταχωρημένα σε φύλλο Excel. Οι 3 συγκεντρωτικοί πίνακες παρατίθενται στο **Παράρτημα 1**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

5.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΣΕΙΡΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Αφού συμπληρωθούν οι αρχικοί πίνακες και γίνουν οι συγκεντρωτικοί έλεγχοι, ακολουθεί η **στατιστική ανάλυση** η οποία οδηγεί στην εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων. Η μέθοδος στατιστικής ανάλυσης που επιλέγεται από τον ερευνητή για την πραγματοποίηση της έρευνας και την επίτευξη του στόχου της εξαρτάται τόσο από το αντικείμενο της ανάλυσης όσο και από τη μορφή και το περιεχόμενο της βάσης δεδομένων από την οποία έχουν συλλεχθεί τα απαραίτητα στοιχεία. Στην παρούσα Διπλωματική, χρησιμοποιήθηκαν τελικά 3 στατιστικές μέθοδοι διερεύνησης της συσχέτισης μεταξύ σειρών μεταβλητών: Η Γραμμική Παλινδρόμηση, η Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση, και σε εισαγωγικό – προκαταρκτικό στάδιο, η Κατανομή Poisson.

5.1.1 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

Σε αρχικό στάδιο ανάλυσης ερευνήθηκε η χρήση της γραμμικής παλινδρόμησης, η οποία αποτελεί την πιο απλή και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο παλινδρόμησης. Η **γραμμική παλινδρόμηση** (linear regression) οδηγεί στην ανάπτυξη γραμμικού μαθηματικού προτύπου που υπολογίζει τη συνάρτηση χρησιμότητας κάποιου συγκεκριμένου γεγονότος συναρτήσει παραγόντων που το επηρεάζουν (Pindyuck et al.1991). Η σχέση που προκύπτει είναι γραμμική. Στη συνέχεια από τη συνάρτηση χρησιμότητας, με κατάλληλο μετασχηματισμό υπολογίζεται η πιθανότητα να πραγματοποιηθεί το συγκεκριμένο γεγονός και για το λόγο αυτό το πρότυπο που τελικά αναπτύσσεται ονομάζεται **πρότυπο πρόβλεψης πιθανότητας**. Η σχέση που συνδέει τη συνάρτηση χρησιμότητας και την πιθανότητα είναι μη γραμμική. Στη γραμμική παλινδρόμηση οι παράμετροι εκτιμώνται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Αυτό σημαίνει ότι οι συντελεστές υπολογίζονται κατά τέτοιο τρόπο,

ώστε το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών των παρατηρούμενων και των υπολογιζόμενων να είναι το ελάχιστο.

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

5.1.2 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

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

Στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση (lognormal regression) οι συντελεστές των μεταβλητών του προτύπου είναι οι συντελεστές της γραμμικής παλινδρόμησης. Υπολογίζονται από την ανάλυση της παλινδρόμησης με βάση την **αρχή των**

ελαχίστων τετραγώνων, δηλαδή υπολογίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται το άθροισμα :

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

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

Με τη διαδικασία της παλινδρόμησης συσχετίζεται μια **εξαρτημένη μεταβλητή** με άλλες, τις **ανεξάρτητες μεταβλητές**. Βρίσκει εφαρμογές στη μελλοντική πρόβλεψη μιας μεταβλητής σε σχέση με μια άλλη ή στον προσδιορισμό μιας συναρτησιακής σχέσης $\log(\mu_i) = f(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iq})$ μεταξύ των παρατηρηθέντων τιμών μ_i ($i = 1, 2, \dots, q$) της εξαρτημένης μεταβλητής και των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών (Bauer, Harwood, 1998). Η διατύπωση της σε μαθηματική μορφή, όπου ο ερευνητής προσδιορίζει τη σχέση μεταξύ της εξαρτημένης και των όποιων ανεξάρτητων μεταβλητών, μπορεί να έχει διάφορες εκφράσεις. Ωστόσο το πιο απλό και ευέλικτο πρότυπο περιγράφεται από τη σχέση :

$$\text{Log}(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_q X_{iq} \quad (5.1)$$

όπου:

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

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

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q$: είναι οι προσδιοριστέες παράμετροι, που καλούνται συντελεστές μερικής παλινδρόμησης. Εκφράζουν, ο καθένας ξεχωριστά το ποσό κατά το οποίο

μεταβάλλεται η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής όταν μεταβληθεί κατά μια μονάδα η αντίστοιχη ανεξάρτητη μεταβλητή, ενώ οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές.

Εναλλακτικά μπορεί να διατυπωθεί με την παρακάτω πιο πολύπλοκη μορφή:

$$\mu_i = \exp(\beta_0) \exp(\beta_1 X_{i1}) \dots \exp(\beta_q X_{iq}) \quad (5.2)$$

όπου το $\log(\mu_i)$ ακολουθεί κανονική κατανομή με μέσο μ_i και τυπική απόκλιση σ^2 .

Η απολογαριθμοποίηση της σχέσης (6.1) δίνει την εξίσωση της καμπύλης:

$$\mu_i = 10^{(\beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_q X_{iq})} \quad (5.3)$$

Με βάση τη θεωρία, η σχέση ατυχημάτων, νεκρών (κατά συνέπεια της επικινδυνότητας και της σοβαρότητας) και κυκλοφοριακού φόρτου περιγράφεται καλύτερα από μια καμπύλη. Η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση δίνει τη δυνατότητα αναπαράστασης σε μορφή καμπύλης. Συμπερασματικά η μέθοδος της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης** (lognormal regression) **κρίθηκε καταλληλότερη** για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων στη παρούσα Διπλωματική Εργασία, με σκοπό την ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου πρόβλεψης της πιθανότητας να συμβεί ένα οδικό ατύχημα.

5.1.3 ΚΑΤΑΝΟΜΗ POISSON

Η κατανομή **Poisson** ανήκει στην κατηγορία των **μη – γραμμικών παλινδρομήσεων**. Μια τυχαία μεταβλητή X (όπως π.χ. το πλήθος των ατυχημάτων ή των νεκρών από οδικά ατυχήματα) θεωρείται ότι ακολουθεί κατανομή Poisson με παράμετρο λ ($\lambda > 0$), και γράφεται $X \sim P(\lambda)$, όταν έχει συνάρτηση μάζας πιθανότητας την:

$$p_k = P(X=k) = e^{-\lambda} (\lambda^k / k!) \equiv P(k/\lambda), \quad (k=0,1,2,\dots) \quad (5.4)$$

Η κατανομή Poisson αφορά στον αριθμό των «συμβάντων» σε ορισμένο χρονικό ή χωρικό διάστημα. Παράδειγμα τυχαίας μεταβλητής που ακολουθεί την κατανομή Poisson είναι και το πλήθος των οδικών ατυχημάτων ανά μήνα (Aczel, 1999).

Γενικά, ο αριθμός X_i των συμβάντων σε χρονικό (ή χωρικό) διάστημα t ακολουθεί την κατανομή Poisson αν (α) ο ρυθμός λ , έστω των συμβάντων είναι χρονικά σταθερός και (β) οι αριθμοί των συμβάντων σε ξένα διαστήματα αποτελούν ανεξάρτητα ενδεχόμενα (Κοκολάκης, Σπηλιώτης, 1991).

Αν και με μια πρώτη θεώρηση η κατανομή Poisson φαίνεται να αποτελεί μια καλή μέθοδο διερεύνησης του εάν και κατά πόσο οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν το πλήθος των ατυχημάτων, τελικά δεν διερευνάται διεξοδικά στην παρούσα Διπλωματική Εργασία. Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σχετικά με την κατανομή αυτή αποσκοπεί στο να βγουν κάποια **προκαταρκτικά συμπεράσματα** τα οποία να αποτελέσουν την αφορμή και να προσφέρουν μια βοήθεια εκκίνησης ενδεχομένως σε μια μελλοντική Διπλωματική Εργασία.

Επίσης, η μη γραμμική παλινδρόμηση παρουσιάζει κάποια **προβλήματα** που την καθιστούν ακατάλληλη για τη παρούσα εργασία. Είναι πολύ πιο σύνθετη από τη γραμμική και τη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση και απαιτεί πολλαπλάσιο χρόνο ανάπτυξης. Επίσης, οι βασικές εξαρτημένες μεταβλητές στην παρούσα διπλωματική είναι η επικινδυνότητα και η σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων οι οποίες κατά κανόνα παίρνουν δεκαδικές και όχι ανεξάρτητες τιμές. Αυτό αποτελεί πρόβλημα γιατί η κατανομή Poisson απαιτεί η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι ακέραιος θετικός αριθμός. Γι'αυτό ακριβώς η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της κατανομής Poisson περιορίστηκε στο να θεωρήσει ως εξαρτημένες τυχαίες μεταβλητές το πλήθος των ατυχημάτων και των νεκρών από αυτά. Ο λόγος αυτός μαζί με το γεγονός ότι η διερεύνηση του συσχετισμού των ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών που επιλέχθηκαν με τη χρήση της Poisson είναι πιο πολύπλοκος απ' ότι με τη χρήση της Γραμμικής και της Λογαριθμοκανονικής Παλινδρόμησης, ήταν αρκετός για να μην επιλεγεί η μέθοδος αυτή αφού τόσο μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση όσο και από τη φύση της παρούσας έρευνας, ως πρώτη προσπάθεια δεν χρησιμοποιείται πολύπλοκη μέθοδος.

5.1.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΕΩΝ

Οι γραμμικές παλινδρομήσεις στηρίζονται στη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων και έχουν ως **βασικό κριτήριο αξιοπιστίας** τη τιμή του συντελεστή συσχέτισης R^2 . Ο συντελεστής αυτός εκφράζει πόσο αξιόπιστο είναι το πρότυπο που δημιουργήθηκε με την παλινδρόμηση και εκφράζει το ποσοστό της μεταβολής της εξαρτημένης μεταβλητής που μπορεί να εξηγηθεί από τη σχέση που προκύπτει.

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

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

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

Ο συντελεστής R^2 διαφοροποιείται σε περιπτώσεις όπου η απόκλιση μιας τιμής που προέκυψε από την αντίστοιχη τιμή του δείγματος είναι σημαντική. **Σφάλμα απόκλισης** καλείται η διαφορά της πραγματικής από την εκτιμώμενη τιμή. Πρόκειται

δηλαδή για σημεία τα οποία είναι απομακρυσμένα από την ευθεία παλινδρόμησης σε σχέση με τα υπόλοιπα που είναι ομοιόμορφα διασπαρμένα γύρω από την ευθεία. Τέτοια σημεία, τα οποία καλούνται «outliers», χρήζουν προσεκτικής έρευνας ούτως ώστε να δικαιολογηθεί η παρουσία τους.

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

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

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

5.1.5 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΣΧΕΣΕΩΝ

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

- **Της τιμής του συντελεστή συσχέτισης R^2** : όπως έχει ήδη αναφερθεί, η εξαρτημένη και οι ανεξάρτητες μεταβλητές βρίσκονται σε ισχυρή συσχέτιση μόνο για υψηλές τιμές του R^2 . Έτσι, εξίσωση με χαμηλή τιμή του R^2 οδηγεί σε απόρριψη της σχέσης ως προσεγγιστικής και αναξιόπιστης.

- **Των πρόσημων στους μερικούς συντελεστές παλινδρόμησης:** Η ορθή εισαγωγή της κάθε μεταβλητής στην εξίσωση ελεγχόταν από το πρόσημο με το οποίο εμφανιζόταν σε αυτή, ώστε να παρέχει συμπεράσματα που να μην αντικρούονται με τις επικρατούσες αντιλήψεις και τη λογική (π.χ αρνητικές τιμές).
- **Της τιμής του σταθερού όρου παλινδρόμησης B_0 :** όπως και στο προηγούμενο κριτήριο, έτσι και εδώ ο B_0 πρέπει να δίνει λογικά συμπεράσματα. Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το σύνολο των μεταβλητών οι οποίες δε λήφθηκαν υπ' όψη από το μελετητή για τη συγκεκριμένη εργασία.

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

5.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Η στατιστική επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με τη χρήση **3 μαθηματικών – στατιστικών προγραμμάτων**: Microsoft Excel (σε εισαγωγικό στάδιο), SPSS (γραμμική και λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση), και R – Project (κατανομή Poisson).

5.2.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ MICROSOFT EXCEL

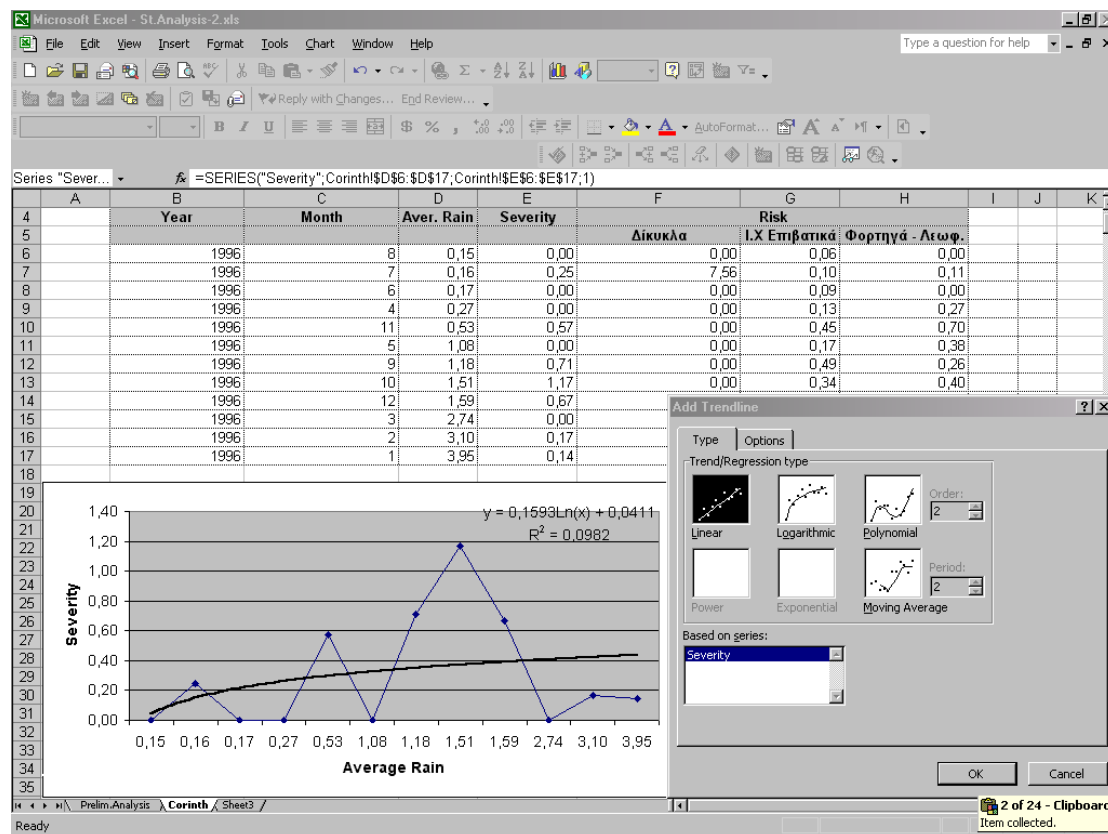
Το λογισμικό πρόγραμμα **MS Excel** προσφέρει πληθώρα «εργαλείων» που βοηθούν στη μαθηματική επεξεργασία δεδομένων. Μέρος των δυνατοτήτων του είναι και η στατιστική επεξεργασία στοιχείων, η οποία όμως είναι υποδεέστερη αυτής που προσφέρουν άλλα αποκλειστικώς στατιστικά προγράμματα (όπως το SPSS). Γι' αυτό τον λόγο το συγκεκριμένο λογισμικό χρησιμοποιήθηκε στην **αρχή της ανάλυσης** προκειμένου να προσφέρει κάποιες προκαταρκτικές και εισαγωγικές κατευθύνσεις.

Αρχικά ήταν αναγκαίο να επιλεγεί μια από τις εξαρτημένες μεταβλητές (έστω η επικινδυνότητα) και μια από τις ανεξάρτητες μεταβλητές (έστω ο μέσος όρος

ημερήσιου ύψους βροχόπτωσης για κάθε μήνα) και να δημιουργηθεί ένα γράφημα (chart) που να αποτελείται από σημεία με συντεταγμένες τις αντίστοιχες τιμές των μεταβλητών αυτών. Στη συνέχεια στο γράφημα αυτό προστέθηκε μια καμπύλη τάσης – εξομάλυνσης (trendline) και το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα ώστε αυτή η καμπύλη να δημιουργηθεί βάσει των αρχών της Γραμμικής, Λογαριθμικής, Πολυωνυμικής, και Εκθετικής Παλινδρόμησης. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα εύρεσης και παρουσίασης τόσο της εκάστοτε προκύπτουσας εξίσωσης όσο και του συντελεστή συσχέτισης R^2 .

Παραδείγματος χάρι, όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.1, παίρνοντας για το 1996 τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων (εξαρτημένη μεταβλητή) και το μέσο όρο ημερήσιου ύψους βροχόπτωσης για κάθε μήνα, προκύπτει γράφημα και η καμπύλη τάσης – εξομάλυνσης που αντιστοιχεί στην λογαριθμική παλινδρόμηση έχει εξίσωση $y = 0,1593\ln(x) + 0,0411$ και $R^2 = 0.0982$, το οποίο όπως θα περιγραφεί παρακάτω δεν θεωρείται επαρκές.

Πίνακας 5.1 Παράδειγμα προκαταρκτικής στατιστικής διερεύνησης με τη χρήση λογισμικού MS Excel



Ωστόσο, το πρόγραμμα παρουσιάζει μια σημαντική **αδυναμία**: είναι δυνατόν κάθε φορά να ερευνάται η συσχέτιση μόνο μεταξύ δύο μεταβλητών (μια εξαρτημένη και μια ανεξάρτητη). Έτσι, είναι αδύνατη η δημιουργία ενός προτύπου συσχέτισης – πρόβλεψης που να περιέχει περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές, γεγονός που περιορίζει το εύρος και την ποιότητα της έρευνας και των αποτελεσμάτων της. Γι' αυτό η **κύρια στατιστική ανάλυση** πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ένα αμιγώς στατιστικό πρόγραμμα όπως το **SPSS**.

5.2.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ SPSS

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

5.2.2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Το τελικό στάδιο επεξεργασίας διενεργήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος **SPSS**. Αρχικά με τη διαδικασία **CORRELATION** εντοπίστηκαν οι κατάλληλες μεταβλητές που θα μπορούσαν να εισαχθούν ταυτόχρονα σε μια εξίσωση παλινδρόμησης, ενώ η δημιουργία των τελικών εξισώσεων πραγματοποιήθηκε μέσω της διαδικασίας **REGRESSION**. Μέσω της διαδικασίας αυτής είναι δυνατόν να υπολογιστούν ορισμένα στατιστικά στοιχεία που αναφέρονται είτε στην εξίσωση της παλινδρόμησης, είτε σε καθεμία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Επιπλέον, στο πρόγραμμα αυτό ισχύουν οι βασικές αρχές των παλινδρομήσεων που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο, ενώ παράλληλα η εισαγωγή των μεταβλητών προϋποθέτει την πλήρωση ορισμένων κριτηρίων.

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

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

μεταβλητή εκείνη με τη μεγαλύτερη επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή. Τα μεγέθη αυτά είναι:

$$\text{Beti} = (\text{bi} * \text{si}) / \text{sy}$$

όπου

bi: ο συντελεστής παλινδρόμησης της μεταβλητής

si: η τυπική απόκλιση της ανεξάρτητης μεταβλητής i

sy: η τυπική απόκλιση της εξαρτημένης μεταβλητής

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

5.2.2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΕΩΝ

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

- **Μέθοδος ENTER:** Στη μέθοδο αυτή εισάγονται διαδοχικά όλες οι μεταβλητές που παρουσιάζουν την τιμή tolerance μεγαλύτερη από 10^{-4} . Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει τα πιο ελαστικά κριτήρια από τις υπόλοιπες μεθόδους.
- **Μέθοδος FORWARD:** Στο πρώτο βήμα της μεθόδου ελέγχεται η εισαγωγή στην εξίσωση της μεταβλητής με το μεγαλύτερο, κατά απόλυτη τιμή, μερικό συντελεστή συσχέτισης. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με ένα από τα κριτήρια FIN, PIN. Το πρώτο είναι η οριακή τιμή της κατανομής F (ορίζεται η τιμή 3,84) και το δεύτερο η αντίστοιχη πιθανότητα (0,05). Για επίπεδο σημαντικότητας μικρότερο από 0,05 (κριτήριο PIN) ή για $F > F_{in}$ η μεταβλητή εισάγεται τελικά στην εξίσωση. Όλη η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε μεταβλητή και σταματά όταν παρουσιαστεί μεταβλητή με $\text{sign}.F > 0,05$.
- **Μέθοδος BACKWARD:** Αρχικά εισάγονται όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στην εξίσωση της παλινδρόμησης. Στη συνέχεια εξετάζεται αν η μεταβλητή με τον μικρότερο μερικό συντελεστή συσχέτισης ικανοποιεί ένα από τα κριτήρια FOUT (ορίζεται η τιμή 2,71) ή POUT (0,10). Αν η πιθανότητα $\text{sign}.F$ της μεταβλητής είναι μεγαλύτερη της τιμής 0,10 ή ισοδύναμα αν $F < F_{OUT}$, τότε αυτή απομακρύνεται από την εξίσωση. Η διαδικασία ολοκληρώνεται όταν η μεταβλητή με τον μικρότερο μερικό συντελεστή συσχέτισης ικανοποιεί τη συνθήκη $\text{sign}.F < P_{OUT}$ ή $F > F_{OUT}$.
- **Μέθοδος STEPWISE:** Η μέθοδος αυτή αποτελεί συνδυασμό των δυο προηγούμενων μεθόδων και για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται πιο συχνά. Η εισαγωγή των μεταβλητών στην εξίσωση γίνεται με ταυτόχρονη εφαρμογή των κριτηρίων εισαγωγής PIN ή FIN και απομάκρυνσης POUT ή FOUT. Αρχικά εξετάζεται η εισαγωγή μιας μεταβλητής όπως στη μέθοδο FORWARD, βάση του κριτηρίου PIN. Ακολουθεί στη συνέχεια έλεγχος εισαγωγής δεύτερης μεταβλητής με το ίδιο κριτήριο. Στη συνέχεια, με τα κριτήρια της μεθόδου BACKWARD ελέγχεται αν κάποια από τις μεταβλητές που έχουν εισαχθεί στην εξίσωση πρέπει να απομακρυνθεί. Σε κάθε βήμα δηλαδή, αρχικά γίνεται έλεγχος εισαγωγής στην εξίσωση μιας μεταβλητής και στη συνέχεια πραγματοποιείται έλεγχος για το αν κάποια από τις εισαχθείσες

μεταβλητές πρέπει να απομακρυνθούν ή όχι από την εξίσωση. Η επιλογή των μεταβλητών σταματά όταν καμία μεταβλητή δεν ικανοποιεί τα κριτήρια εισαγωγής - απομάκρυνσης.

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

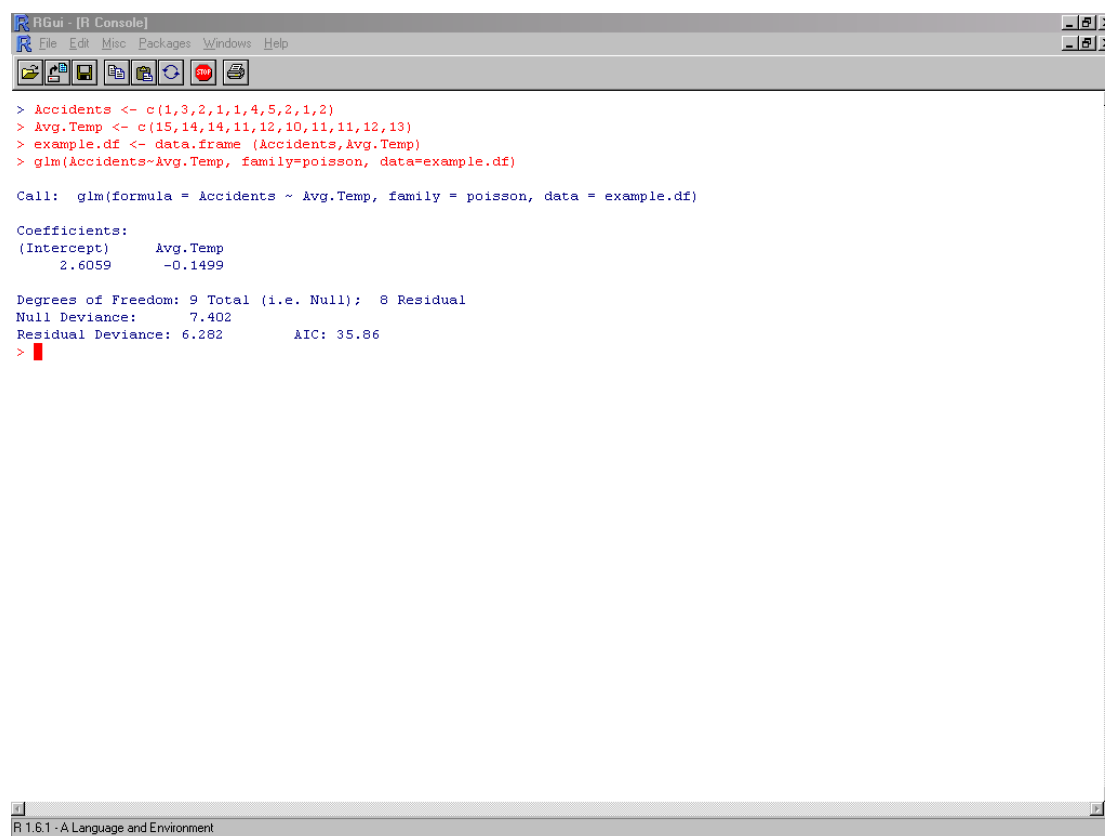
5.2.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ R – Project

Το συγκεκριμένο λογισμικό αποτελεί μια Freeware εφαρμογή, την οποία είναι εύκολο να προμηθευτεί κανείς από το Διαδίκτυο. Λειτουργεί σε περιβάλλον MS Windows ωστόσο η χρήση του **απαιτεί συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού**. Υπάρχει δυνατότητα αντιγραφής δεδομένων από το Excel (έτσι εισήχθησαν οι τιμές για κάθε μεταβλητή) και περαιτέρω στατιστικής τους επεξεργασίας. Στη συνέχεια, καθορίζονται ποιες από τις μεταβλητές αυτές είναι εξαρτημένες και ποιες ανεξάρτητες, μεταξύ ποιών μεταβλητών διερευνάται η συσχέτιση, και τέλος, καθορίζεται να γίνει έρευνα συσχέτισης κατά Poisson.

Παραδείγματος χάρη, έστω ότι είναι διαθέσιμες δέκα τιμές για την εξαρτημένη μεταβλητή που αφορά στο πλήθος των ατυχημάτων ανά μήνα (Accidents) και οι αντίστοιχες δέκα τιμές για την ανεξάρτητη μεταβλητή που αφορά στο μέσο όρο της ημερήσιας θερμοκρασίας για κάθε μήνα (Avg.Temp). Η διερεύνηση του κατά πόσο η κατανομή Poisson μπορεί να εξηγήσει τη συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών δίνει

αποτέλεσμα $AIC = 35,86$ (πίνακας 5.2). Ο δείκτης **AIC** (Akaike Information Criteria) είναι αντίστοιχος του R^2 και χρησιμεύει στη σύγκριση της καταλληλότητας προτύπων συσχέτισης (Greene, 1993). Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία ο δείκτης αυτός υπολογίζεται για ορισμένους συνδυασμούς εξαρτημένων (πλήθος ατυχημάτων και νεκρών) και ανεξάρτητων μεταβλητών (που αφορούν στη βροχόπτωση και στη θερμοκρασία). Σε αναλυτικότερο στάδιο διερεύνησης, το οποίο ενδεχομένως να αποτελεί αντικείμενο μελλοντικής εργασίας, ο δείκτης αυτός μπορεί να χρησιμεύσει ώστε να διαπιστωθεί το κατά πόσο μπορεί η κατανομή Poisson να περιγράψει ικανοποιητικά τη συσχέτιση μεταξύ των διαφόρων μεταβλητών.

Πίνακας 5.2 Παράδειγμα χρήσης του λογισμικού R – Project



```

RGui - [R Console]
File Edit Misc Packages Windows Help

> Accidents <- c(1,3,2,1,1,4,5,2,1,2)
> Avg.Temp <- c(15,14,14,11,12,10,11,11,12,13)
> example.df <- data.frame (Accidents,Avg.Temp)
> glm(Accidents~Avg.Temp, family=poisson, data=example.df)

Call: glm(formula = Accidents ~ Avg.Temp, family = poisson, data = example.df)

Coefficients:
(Intercept)      Avg.Temp
      2.6059      -0.1499

Degrees of Freedom: 9 Total (i.e. Null): 8 Residual
Null Deviance:      7.402
Residual Deviance: 6.282      AIC: 35.86
>

```

R 1.6.1 - A Language and Environment

5.3 ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η διαδικασία που περιγράφηκε στις προηγούμενες παραγράφους οδηγεί στην ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου, που συνδέει δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Στη συνέχεια θα πρέπει να εξεταστεί κατά πόσο το συγκεκριμένο πρότυπο είναι κατάλληλο για την περιγραφή της κατάστασης και πόσο σημαντική είναι η επιρροή

των μεταβλητών που περιέχει στην πραγματοποιούμενη επιλογή. Για να είναι δυνατή η εξέταση της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της προσπάθειας, το λογισμικό SPSS παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες, υπολογίζοντας **στατιστικούς δείκτες**.

Από τους σημαντικότερους δείκτες είναι ο R^2 αφού είναι εκείνος που δίνει τις καλύτερες πληροφορίες αναφορικά με την ποιότητα του μαθηματικού προτύπου. Παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με τον δείκτη ρ^2 που εμφανίζεται στη λογιστική παλινδρόμηση. Η τιμή του R^2 κυμαίνεται από μηδέν (0) έως ένα (1). Στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων στη πράξη η τιμή αυτή δεν ξεπερνά το 0,45. Θα μπορούσε λοιπόν να θεωρήσει κανείς ως ικανοποιητική τιμή οποιαδήποτε βρίσκεται από 0,40 και πάνω. Έτσι, στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας επιλέχθηκε το 0,40 ως οριακή τιμή αποδοχής για τον δείκτη R^2 . Πρέπει τέλος να τονιστεί ότι ο δείκτης R^2 είναι ένας στατιστικός δείκτης που σχετίζεται με την καταλληλότητα ολόκληρου του μαθηματικού προτύπου να περιγράψει την κατάσταση που έχει αποτυπωθεί από τα δεδομένα της βάσης και όχι με αυτή κάποιου από τους συντελεστές του.

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

Ο δείκτης t - test στην ουσία δείχνει αν η πραγματική τιμή του συγκεκριμένου συντελεστή διαφέρει σημαντικά από το μηδέν ή όχι. Δείχνει δηλαδή αν η επιρροή αυτή είναι σημαντική και κατά συνέπεια η συγκεκριμένη μεταβλητή πρέπει να συμπεριληφθεί στην ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου. Σε αντίθετη περίπτωση

πρέπει να αποκλειστεί. Οι τιμές που μπορεί να πάρει κυμαίνονται από μείον άπειρο έως συν άπειρο.

Όσο μεγαλύτερη είναι η απόλυτη τιμή του δείκτη t-test τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Ανάλογα με το επίπεδο σημαντικότητας στο οποίο ενδιαφέρει να βρίσκονται τα αποτελέσματα της έρευνας υπάρχουν πίνακες που δίνουν την τιμή του t - test πάνω από την οποία η συγκεκριμένη μεταβλητή πρέπει να συμπεριληφθεί στο πρότυπο. Έτσι για διάστημα εμπιστοσύνης 95%, μια μεταβλητή μπορεί να παραμείνει στο πρότυπο αν **η απόλυτη τιμή του t - test του συντελεστή της είναι μεγαλύτερη από 1,700**.

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

Μια άλλη μέθοδος που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί είναι εκείνη της μη γραμμικής παλινδρόμησης. Παράδειγμα τέτοιας μεθόδου αποτελεί η παλινδρόμηση Poisson, η οποία στην οδική ασφάλεια χρησιμοποιείται κυρίως για τον εντοπισμό επικίνδυνων θέσεων (Γκόλιας 1994).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 ΜΗΤΡΩΑ ΕΙΣΟΔΟΥ

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

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

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

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

Η **στατιστική ανάλυση** των στοιχείων βασίστηκε στα συγκεντρωτικά δεδομένα όπως αυτά τελικά προέκυψαν μετά από την επεξεργασία που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 4 (οι συγκεντρωτικοί πίνακες παρατίθενται στο Παράρτημα 1). Ωστόσο, σε ότι αφορά στις ανεξάρτητες μεταβλητές (θερμοκρασία, βροχόπτωση), προκειμένου να αποτυπωθεί καλύτερα ο βαθμός, στον οποίο κάποιος μήνας θα μπορούσε να χαρακτηριστεί «βροχερός» ή «ξηρός» και «θερμός» ή «ψυχρός», υπήρξε ανάγκη αυτές να εισαχθούν και με διαφορετική μορφή μέσα στα μητρώα εισόδου. Έτσι, δημιουργήθηκαν επιπλέον στήλες, οι οποίες περιλαμβάνουν τα τετράγωνα και τους δεκαδικούς λογάριθμους αφενός των μέσων όρων του ημερήσιου ύψους βροχόπτωσης και θερμοκρασίας και αφετέρου των ημερών βροχόπτωσης και ιδιαίτερα χαμηλής θερμοκρασίας ($<7^{\circ}\text{C}$). Τέλος, δημιουργήθηκε ως μια επιπλέον μεταβλητή και ο λόγος του ύψους βροχόπτωσης προς την αντίστοιχη θερμοκρασία προκειμένου να διερευνηθεί το εάν τα δύο αυτά καιρικά φαινόμενα ασκούν μια «συνεργιστική» επιρροή στην επικινδυνότητα και στη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Επίσης, προκειμένου να διερευνηθεί το κατά πόσο μπορεί η Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση να εξηγήσει τη συσχέτιση της επικινδυνότητας και της σοβαρότητας με τις καιρικές συνθήκες, ήταν αναγκαίο να εκφραστούν μέσα στα μητρώα εισόδου και οι δεκαδικοί λογάριθμοι των εξαρτημένων μεταβλητών.

Αφού ολοκληρώθηκε η προσθήκη των ανεξάρτητων μεταβλητών σε διαφορετικές μορφές και για τις 3 περιοχές έρευνας (Κόρινθος, Αθήνα, Λάρισα), οι τρεις πίνακες που αντίστοιχα προέκυψαν ενοποιήθηκαν σε έναν **γενικό πίνακα** ο οποίος πλέον περιείχε όλες τις σειρές δεδομένων για κάθε μεταβλητή (εξαρτημένη και ανεξάρτητη). Στη συνέχεια, τα κελιά του πίνακα αυτού για τα οποία δεν ορίζονταν τιμές υπέστησαν περαιτέρω επεξεργασία ή τελικά διαγράφηκαν προκειμένου να

βελτιωθεί η ποιότητα του δείγματος. Αυτό συνέβη στην περίπτωση όπου η σοβαρότητα δεν οριζόταν επειδή ο αριθμός των ατυχημάτων ήταν μηδέν.

Ωστόσο, δεδομένου ότι η διερεύνηση της συσχέτισης μεταξύ μεταβλητών απαιτεί ένα σχετικά μεγάλο πλήθος τιμών για κάθε μια από αυτές, ειδικά για την ανεξάρτητη μεταβλητή «δεκαδικός λογάριθμος των ημερών ιδιαίτερα χαμηλής θερμοκρασίας» λήφθηκε ειδική μέριμνα καθώς αυτή περιείχε ένα μεγάλο αριθμό τιμών που δεν ήταν δυνατόν να οριστούν (υπήρχαν αρκετοί μήνες χωρίς καμία ημέρα ιδιαίτερα χαμηλής θερμοκρασίας). Γι' αυτό το λόγο, διενεργήθηκαν δύο ξεχωριστές αναλύσεις: μια που δεν έλαβε υπ' όψη την μεταβλητή αυτή, και μια που την συμπεριέλαβε αλλά βασίστηκε σε ένα σαφώς μικρότερο δείγμα δεδομένων.

Επίσης, παρόμοια **προβλήματα** παρουσιάστηκαν και στην έρευνα της Λογαριθμοκανονικής Παλινδρόμησης δεδομένου ότι αυτή χρησιμοποίησε τους δεκαδικούς λογάριθμους των εξαρτημένων μεταβλητών. Στις περιπτώσεις όπου η επικινδυνότητα ή η σοβαρότητα είχαν μηδενική τιμή, για την οποία δεν ορίζεται δεκαδικός λογάριθμος, υπήρξε ανάγκη για διαγραφή ολόκληρης της σειράς που περιείχε αυτή την τιμή προκειμένου να εξασφαλιστεί η καλή ποιότητα του δείγματος. Ωστόσο, αυτό θα μείωνε σημαντικά το μέγεθος του δείγματος. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, κάθε φορά διαγράφηκαν μόνο οι σειρές που περιείχαν μη – οριζόμενες τιμές για την εκάστοτε εξαρτημένη μεταβλητή υπό εξέταση.

Το **βασικό Μητρώο Εισόδου** (περιέχει τις μη – οριζόμενες τιμές για τον δεκαδικό λογάριθμο των ημερών ιδιαίτερα χαμηλής θερμοκρασίας καθώς και τις μη – οριζόμενες τιμές για τον δεκαδικό λογάριθμο των εξαρτημένων μεταβλητών) παρατίθεται στο **Παράρτημα 1**.

6.2 ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

Τελικά το **μητρώο εισόδου** (από το οποίο κάθε φορά με διαγραφές των μη – οριζόμενων τιμών προέκυπταν μικρότερα μητρώα εισόδου) περιέχει τις ακόλουθες μεταβλητές:

I. Εξαρτημένες Μεταβλητές

1. Σοβαρότητα (Severity): Σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων (νεκροί/ατυχήματα)
2. Επικινδυνότητα (Risk) (ατυχήματα/οχηματοχιλιόμετρα)
 - Συνολικά (Total): Επικινδυνότητα για το σύνολο των οχημάτων
 - Δίκυκλα (2 wheel): Επικινδυνότητα για τα Δίκυκλα (Ποδήλατα, Μοτοσικλέτες κάθε κυβισμού, Τρίκυκλα)
 - Επιβατικά (Passenger Cars): Επικινδυνότητα για τα Επιβατικά (Επιβατικά, Ταξί, Φορτηγά κάτω των 3,5 τόνων)
 - Φορτηγά – Λεωφορεία (Trucks): Επικινδυνότητα για τα Φορτηγά – Λεωφορεία (Φορτηγά άνω των 3,5 τόνων με 2 άξονες και Λεωφορεία, Φορτηγά με 3 άξονες, και Φορτηγά άνω των 3 αξόνων)

Για την έρευνα της Λογαριθμοκανονικής Παλινδρόμησης χρησιμοποιήθηκαν οι δεκαδικοί λογάριθμοι των μεταβλητών αυτών.

II. Ανεξάρτητες Μεταβλητές

1. Βροχή (ύψος βροχόπτωσης σε mm)
 - Μ.Ο (ADR): Ημερήσιος μέσος όρος βροχόπτωσης για κάθε μήνα (εύρος τιμών: 0,01 – 5,47)
 - Ημέρες (DR): Αριθμός ημερών με γεγονός βροχόπτωσης ανά μήνα (εύρος τιμών: 1 – 21)
2. Θερμοκρασία (°C)
 - Μ.Ο (ADT): Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας για κάθε μήνα (εύρος τιμών: 5,18 – 29,35)
 - Ημέρες (<7) (ECD): Αριθμός ημερών ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (κάτω των 7 °C) ανά μήνα (εύρος τιμών: 0 – 23)

Για τις παραπάνω ανεξάρτητες μεταβλητές, χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον τα τετράγωνα και οι δεκαδικοί τους λογάριθμοι.

3. Βροχή/Θερμοκρασία (ADR/ADT): Λόγος ημερήσιου μέσου όρου βροχόπτωσης προς ημερήσιο μέσο όρο θερμοκρασίας για κάθε μήνα

6.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Το επίπεδο της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα είναι σχετικά χαμηλό χωρίς τάση βελτίωσης του την τελευταία δεκαπενταετία. Η οδική ασφάλεια δεν είναι ομοιόμορφη στο σύνολο των περιοχών της χώρας. Τόσο ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων όσο και η σοβαρότητά τους ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και κατά συνέπεια κάθε επέμβαση για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη γεωγραφία της επικινδυνότητας του οδικού δικτύου της Ελλάδας. Η επιμέρους ανάλυση των παραγόντων των οδικών ατυχημάτων αφορά **ξεχωριστά στο αστικό και στο υπεραστικό οδικό δίκτυο**. Ο διαχωρισμός αυτός πραγματοποιήθηκε γιατί η επιρροή του είδους της οδού στον δείκτη ατυχημάτων φαίνεται να είναι ιδιαίτερα σημαντική, όπως προκύπτει από άλλες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί τόσο στον Ελληνικό, όσο και στο διεθνή χώρο (FHWA, Washington, 1990).

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

Παράλληλα οι **εθνικές οδοί** αποτελούν τον κορμό του υπεραστικού δικτύου, δέχονται τους μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους και ως επί των πλείστων χαρακτηρίζονται από παρόμοιου τύπου προβλήματα οδικής ασφάλειας. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των υπεραστικών οδών που είναι σχεδιασμένες με

χαμηλές ταχύτητες έρευνας και μικρότερους κυκλοφοριακούς φόρτους, δεν ανταποκρίνονται στα σημερινά κυκλοφοριακά δεδομένα και συχνά κρίνονται ανεπαρκή (λανθασμένες ακτίνες και επικλήσεις, μικρά μήκη ορατότητας, ακατάλληλα έως ανύπαρκτα τόξα ορατότητας, αυξομείωση του πλάτους της διατομής ως προς το πλάτος της λωρίδας και τον αριθμό των λωρίδων, ασυνέχεια χωρίς προειδοποιήσεις στη πορεία κάθε λωρίδας, ανυπαρξία ερεισμάτων).

Όλα τα παραπάνω οδήγησαν την παρούσα έρευνα να στρέψει το ενδιαφέρον της και να μελετήσει τη συχνότητα πρόκλησης οδικών ατυχημάτων στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της χώρας μας.

Ταυτόχρονα με προσεκτική ανάλυση των ατυχημάτων στο σύνολο της βάσης δεδομένων παρατηρήθηκε **αυξομείωση του αριθμού των ατυχημάτων και των νεκρών** σε περιπτώσεις έντονων ή ιδιαίτερων καιρικών φαινομένων. Από την παραπάνω παρατήρηση επιδιώχθηκε από την παρούσα έρευνα να εξεταστεί μέσω της εφαρμογής ενός μαθηματικού προτύπου πως η μεταβλητή «καιρός» επηρεάζει τη συχνότητα εμφάνισης ατυχημάτων και νεκρών από αυτά στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας. Γι' αυτό τον λόγο η έρευνα χωρίστηκε σε δύο μεγάλα μέρη: το ένα αφορά στην επικινδυνότητα για οδικό ατύχημα και στη συχνότητα εμφάνισης ατυχήματος ενώ το άλλο αφορά στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.

Επιπλέον, επειδή το πλήθος των καιρικών φαινομένων είναι ευρύ (βροχή, χιόνι, άνεμος, ομίχλη, κ.ο.κ) και δεν ήταν δυνατόν να μελετηθεί η επιρροή κάθε ενός από αυτά στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, επιλέχθηκαν τα δύο πιο αντιπροσωπευτικά χαρακτηριστικά του καιρού για μια χώρα όπως η Ελλάδα: η **βροχόπτωση** και η **θερμοκρασία**. Τέλος, επειδή οι διάφοροι τύποι οχημάτων εκτίθενται με διαφορετικό τρόπο στα συγκεκριμένα αυτά δύο καιρικά φαινόμενα (π.χ. ο οδηγός ενός δικύκλου αντιμετωπίζει διαφορετικές δυσκολίες στην οδήγηση λόγω βροχής απ' ότι ο οδηγός ενός φορτηγού) αποφασίστηκε η έρευνα της συσχέτισης της επικινδυνότητας και των καιρικών φαινομένων να γίνεται ξεχωριστά για **κάθε κατηγορία οχήματος** (τα οχήματα κατηγοριοποιήθηκαν έτσι ώστε να έχουν κοινά χαρακτηριστικά τόσο στον τρόπο οδήγησης όσο και στην επιρροή που ασκούν πάνω τους τα καιρικά φαινόμενα).

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

Μετά το πέρας της στατιστικής ανάλυσης, προέκυψε ένα πλήθος **προτύπων συσχέτισης** μεταξύ των εξαρτημένων και των ανεξάρτητων μεταβλητών που περιγράφηκαν παραπάνω. Από τα πρότυπα αυτά κάποια πληρούν τις προϋποθέσεις αποδοχής τους (υψηλό R^2 , λογικά και ερμηνεύσιμα συμπεράσματα) ενώ κάποια άλλα δεν το καταφέρνουν και συνεπώς δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Τα πρότυπα συσχέτισης που είναι **αποδεκτά** και μπορούν να χρησιμοποιηθούν αφορούν στο πλήθος των ατυχημάτων (συνολικά για όλες τις κατηγορίες), στην επικινδυνότητα για τα δίκυκλα, και στη σοβαρότητα (για το σύνολο των ατυχημάτων). Αντιθέτως, τα πρότυπα συσχέτισης που **δεν είναι αποδεκτά** αφορούν στην επικινδυνότητα για το σύνολο των οχημάτων, στην επικινδυνότητα για τα επιβατικά, και στην επικινδυνότητα για τα φορτηγά – λεωφορεία.

6.4 ΠΛΗΘΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Στην αρχή της στατιστικής ανάλυσης διερευνήθηκε ο βαθμός στον οποίο το πλήθος των ατυχημάτων (για το σύνολο των οχημάτων) επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες και το κατά πόσο μπορεί να δημιουργηθεί ένα πρότυπο συσχέτισης – πρόβλεψης. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται οι δείκτες της σοβαρότητας και της επικινδυνότητας των ατυχημάτων παρά το απόλυτο πλήθος των νεκρών από οδικά ατυχήματα και των ατυχημάτων. Ωστόσο, μια **αρχική διερεύνηση** της σχέσης των ατυχημάτων με τις καιρικές συνθήκες (λαμβάνοντας υπόψη και την αντίστοιχη μεταβολή του κυκλοφοριακού φόρτου) είναι χρήσιμη προκειμένου να προσφέρει μια πρώτη κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να στοχεύσουν τα αποτελέσματα των υπολοίπων προτύπων και επιπλέον, να λειτουργήσει και ως βάση ελέγχου της ορθότητας αυτών.

Στο πρώτο στάδιο της ανάλυσης πραγματοποιήθηκε διερεύνηση των αποτελεσμάτων συσχέτισης που προκύπτουν με τη χρήση Excel. Δυστυχώς, τα πρώτα αυτά αποτελέσματα δεν ήταν ενθαρρυντικά καθώς προέκυψε ότι δεν υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ του πλήθους των ατυχημάτων και των καιρικών συνθηκών ωστόσο, αυτό οφείλεται σε ένα μεγάλο βαθμό στην αδυναμία του συγκεκριμένου προγράμματος να επεξεργάζεται πολυπαραμετρικά πρότυπα συσχέτισης. Γι' αυτό το λόγο, όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, υπήρξε ανάγκη της χρήσης ενός αμιγώς στατιστικού προγράμματος όπως το SPSS, το οποίο προσφέρει τη δυνατότητα διερεύνησης πολυπαραμετρικών προτύπων συσχέτισης.

6.4.1 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ

Στη φάση αυτή της έρευνας πραγματοποιήθηκε η στατιστική ανάλυση με τη μέθοδο της **Λογαριθμοκανονικής Παλινδρόμησης** (lognormal regression) με σκοπό την εξαγωγή του τελικού μαθηματικού προτύπου. Ποιες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές θα περιλαμβάνονται στο τελικό μαθηματικό πρότυπο δεν είναι εκ των προτέρων γνωστό. Είναι ακόμα πιθανό το μαθηματικό πρότυπο να απαρτίζεται από τις μεταβλητές που επιλέχθηκαν από το ΔΟΤΑ και που απαρτίζουν τη βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ και πιθανώς και από έναν ή περισσότερους συνδυασμούς από δύο ή περισσότερες μεταβλητές, όπως για παράδειγμα γινόμενα, λόγους, αθροίσματα και διαφορές. Οι σύνθετες αυτές μεταβλητές είναι απαραίτητο να έχουν φυσική έννοια, γιατί σε αντίθετη περίπτωση είναι ακατάλληλες για την ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου.

Το ποιες τελικά θα είναι οι οριστικές μεταβλητές θα καθοριστεί από το **στατιστικό δείκτη R^2** και το **δείκτη t** που προκύπτει από τον έλεγχο του (t-test). Συγκεκριμένα ο R^2 αναφέρεται στην καταλληλότητα του προτύπου, δείχνει δηλαδή κατά πόσο μπορούν να συσχετιστούν οι υπολογιζόμενες από το πρότυπο τιμές με αυτές που έχουν προκύψει από τη βάση δεδομένων. Όσο πλησιέστερα στη μονάδα είναι η τιμή του R^2 τόσο το καλύτερο, ενώ ικανοποιητικές θεωρούνται τιμές του από 0,40 και πάνω. Επισημαίνεται ότι ο δείκτης R^2 δεν μπορεί να ξεπεράσει την μονάδα ούτε να πάρει αρνητικές τιμές.

Ο δείκτης **t** αναφέρεται σε καθένα ξεχωριστά από τους συντελεστές των μεταβλητών και δείχνει αν το στατιστικό σφάλμα κατά τον υπολογισμό τους είναι υψηλό σε σχέση με την αριθμητική τους τιμή. Συγκεκριμένα υπολογίζεται ως ο λόγος της μέσης τιμής του συντελεστή (που έχει υπολογιστεί) προς την τυπική απόκλιση. Όσο μεγαλύτερες τιμές παίρνει τόσο καλύτερα για τη σημαντικότητα του συγκεκριμένου συντελεστή. Ελάχιστη τιμή του για την οποία ένας συντελεστής μπορεί να γίνει αποδεκτός στην ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου, για επίπεδο σημαντικότητας 95% είναι 1,700. Επισημαίνεται ότι δεν υπάρχει άνω όριο για το δείκτη **t**.

Εξαιτίας όλων των παραπάνω λόγων, για την ανάπτυξη του τελικού μαθηματικού προτύπου απαιτείται **μια σειρά δοκιμών**, ώστε τελικά οι παραπάνω στατιστικοί δείκτες να πάρουν αποδεκτές τιμές. Σε καθεμία από τις δοκιμές αυτές χρησιμοποιείται και διαφορετικός συνδυασμός μεταβλητών, τόσο σύνθετων, όσο και απλών. Μετά από κάθε τέτοια δοκιμή ελέγχονται οι τιμές των παραπάνω στατιστικών δεικτών και αν δεν είναι αποδεκτές πραγματοποιείται η επόμενη δοκιμή. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου προκύψει μαθηματικό πρότυπο με αποδεκτές τιμές των δεικτών αυτών καθώς και αποτελέσματα των οποίων είναι δυνατή η ερμηνεία. Αυτή ακριβώς η διαδικασία ακολουθήθηκε και κατά τη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας.

Ο πίνακας που αποτέλεσε τη βάση αρχείου δεδομένων εισόδου (data editor file), περιέχει στοιχεία για όλες τις μεταβλητές οι οποίες επελέγησαν ως οι πιο πιθανές αιτίες συχνότητας των οδικών ατυχημάτων. Στη συνέχεια κατασκευαζόταν το αντίστοιχο αρχείο ελέγχου (control file) όπου επιλέγεται η ανεξάρτητη και οι εξαρτημένες μεταβλητές καθώς και η μέθοδος με την οποία θα «έτρεχε» η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση. Στη συνέχεια το SPSS ολοκλήρωνε τη διαδικασία με το αρχείο αποτελεσμάτων (SPSS viewer). Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε τόσες φορές όσες ήταν απαραίτητο για να προκύψει το τελικό μαθηματικό πρότυπο.

Ως **τελευταίο βήμα** της στατιστικής ανάλυσης θα μπορούσε να αναφερθεί ο έλεγχος του τελικού προτύπου (το οποίο έχει πλέον ικανοποιητικές τιμές στους δύο στατιστικούς δείκτες, δηλαδή το R^2 και το **t-test**), αναφορικά με την ανάλυση των αποτελεσμάτων του. Πιο συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε έλεγχος για το αν η τάση

που χαρακτηρίζει τα αποτελέσματα είναι λογική, ή το πρότυπο δίνει εσφαλμένα αποτελέσματα ανεξάρτητα αν οι στατιστικοί δείκτες του έχουν ικανοποιητικές τιμές.

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

Αφού έγιναν οι απαραίτητες δοκιμές και έλεγχοι εφαρμόστηκε τελικά η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση και προέκυψε το **πρότυπο «συχνότητας πρόκλησης οδικού ατυχήματος»** συναρτήσει ορισμένων βασικών μεταβλητών. Υπολογίζεται δηλαδή με τον τρόπο αυτό, το ποσοστό συμμετοχής στη συχνότητα των ατυχημάτων κάποιων παραγόντων. Έγιναν αρκετές δοκιμές μέχρι να καταλήξει η έρευνα στο μαθηματικό πρότυπο που παρουσιάζεται παρακάτω. Η προσπάθεια που πραγματοποιήθηκε είχε ως στόχο να συνδυάσει όσο το δυνατόν περισσότερα χαρακτηριστικά που αφορούν στον κυκλοφοριακό φόρτο και στις καιρικές συνθήκες δίνοντας μια εκτίμηση για το πως ο συνδυασμός αυτός επηρεάζει τα οδικά ατυχήματα. Οι συνδυασμοί που δοκιμάστηκαν ήταν αρκετοί, τις περισσότερες όμως φορές απορρίπτονταν από το στατιστικό συντελεστή R^2 .

Τελικά προέκυψε ένα πρότυπο συσχέτισης – πρόβλεψης με **ικανοποιητικό R^2** και με ανεξάρτητες μεταβλητές που πληρούν τις προϋποθέσεις του ελέγχου **t-test**. Τα αποτελέσματα φαίνονται στους πίνακες 6.1α και 6.1β.

Πίνακας 6.1α Τελικό αποτέλεσμα του SPSS σχετικά με το δείκτη R^2 **Περιγραφή Προτύπου**

Πρότυπο	R	R^2	Προσαρμοσμένο R^2	Τυπικό Σφάλμα Εκτίμησης
1	.674	.454	.438	.21711

α. Ανεξάρτητες Μεταβλητές: (Σταθερός Όρος), Οχηματοχιλιόμετρα, Πλήθος Ημερών Ιδιαίτερα Χαμηλής Μέσης Ημερήσιας Θερμοκρασίας ανά Μήνα, Λογάριθμος Πλήθους Ημερών Βροχόπτωσης ανά Μήνα
 β. Εξαρτημένη Μεταβλητή: Λογάριθμος του πλήθους των ατυχημάτων (σύνολο οχημάτων)

Πίνακας 6.1β Τελικό αποτέλεσμα του SPSS σχετικά με τους δείκτες t και τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών**Συντελεστές**

Πρότυπο		Μη – Τυποποιημένοι Συντελεστές		Τυποποιημένοι Συντελεστές	t	Sig.
		B	Τυπικό Σφάλμα	Beta		
1	(Σταθερός Όρος)	.221	.087		2.550	.012
	Λογάριθμος Πλήθους Ημερών Βροχόπτωσης ανά Μήνα	.288	.077	.304	3.768	.000
	Πλήθος Ημερών Ιδιαίτερα Χαμηλής Μέσης Ημερήσιας Θερμοκρασίας ανά Μήνα	-.011	.003	-.256	-3.296	.001
	Οχηματοχιλιόμετρα	7.318^{E-09}	.000	.611	7.239	.000

α. Εξαρτημένη Μεταβλητή: Λογάριθμος του πλήθους των ατυχημάτων (σύνολο οχημάτων)

Όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες, το πρότυπο συσχέτισης – πρόβλεψης που αφορά στη συχνότητα πρόκλησης οδικού ατυχήματος συναρτήσει των καιρικών συνθηκών και του κυκλοφοριακού φόρτου μπορεί να περιγραφεί ικανοποιητικά από τη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση δεδομένου ότι $R^2 = 0,454$ ή 45,4%. Επίσης οι δείκτες t για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή είναι μεγαλύτεροι της τιμής 1,700.

6.4.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΚΑΙ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΧΕΣΗΣ

Σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση που περιγράφηκε παραπάνω, τα αποτελέσματα της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης επιτρέπουν την αποδοχή και τη χρησιμοποίηση του ακόλουθου μαθηματικού προτύπου:

$$\text{Log(Accidents)} = 0,221 + 0,288\text{Log(DR)} - 0,011\text{ECD} + 7,318 \cdot 10^{-9} \text{VKm} \quad (6.1)$$

ή

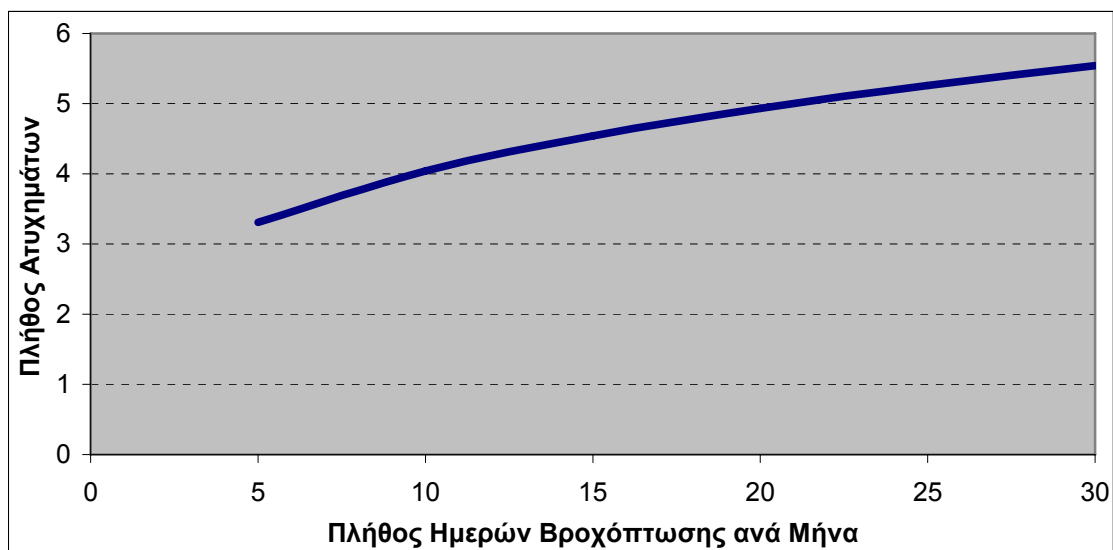
$$\text{Accidents} = 10^{(0,221 + 0,288\text{Log(DR)} - 0,011\text{ECD} + 7,318 \cdot 10^{-9} \text{VKm})} \quad (6.2)$$

Η παραπάνω σχέση προέκυψε από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 6.1β. Την εξαρτημένη μεταβλητή αποτελεί το πλήθος των ατυχημάτων (Accidents) για το σύνολο των οχημάτων ενώ οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι οι ακόλουθες:

1. Πλήθος ημερών βροχόπτωσης (DR – Days Raining) (εύρος τιμών: 1 – 21)
2. Πλήθος των ημερών ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (<7°C) (ECD – Extreme Cold Days) (εύρος τιμών: 1 - 28)
3. Πλήθος των οχηματοχιλιομέτρων (εύρος τιμών: 3.027.117 – 87.698.708)

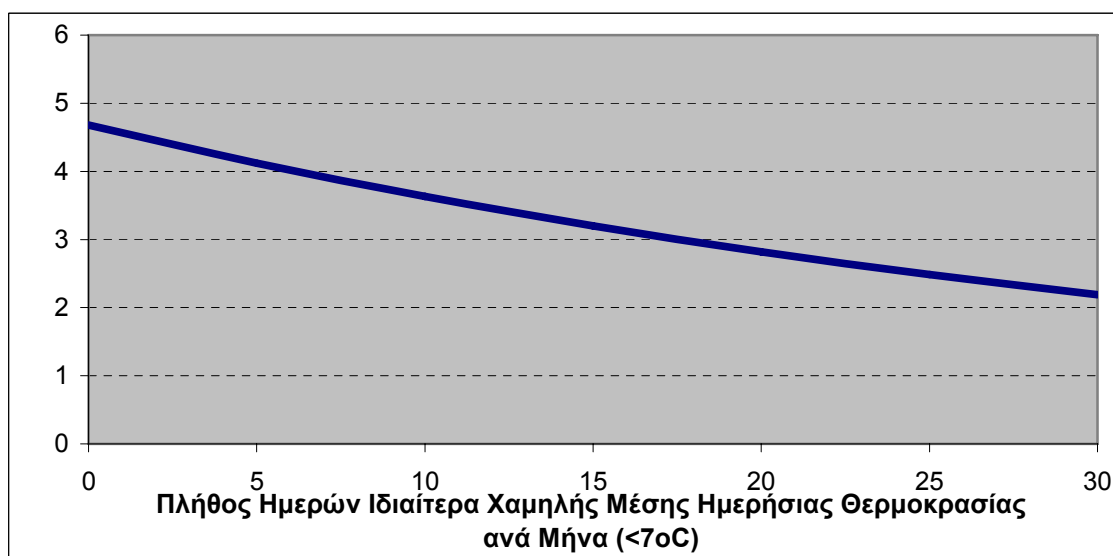
6.4.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Για να γίνει πιο κατανοητή η επιρροή της κάθε μεταβλητής στη συχνότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων σχεδιάστηκαν τα διαγράμματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια. Τα διαγράμματα αυτά προέκυψαν από το μαθηματικό πρότυπο που φαίνεται στη σχέση 6.2 και παρέχουν πληροφορίες που βοηθούν στην ερμηνεία της επιρροής της κάθε μεταβλητής στη συχνότητα των οδικών ατυχημάτων.



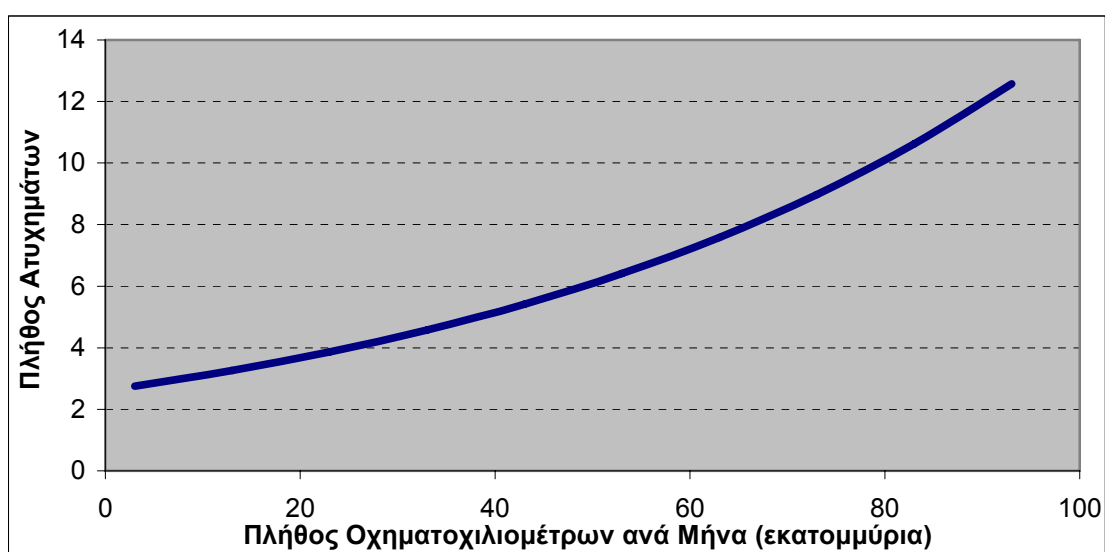
Διάγραμμα 6.1 Πλήθος ατυχημάτων ανά μήνα συναρτήσει του πλήθους ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 6.1, **όσο πιο βροχερός είναι ένας μήνας, τόσο περισσότερα ατυχήματα συμβαίνουν κατά τη διάρκειά του**. Στο σημείο αυτό υπενθυμίζεται ότι στην παρούσα Διπλωματική θεωρείται πως ο αριθμός των ημερών βροχόπτωσης περιγράφει καλύτερα το κατά πόσο ένας μήνας ήταν βροχερός απ'ότι ο ημερήσιος μέσος όρος βροχόπτωσης γι'αυτόν τον μήνα. Αυτό συμβαίνει γιατί είναι δυνατόν ένας μήνας να είναι ουσιαστικά άνυδρος, αλλά επειδή μια ή δύο ημέρες υπήρξε έντονη βροχόπτωση, ο ημερήσιος μέσος όρος βροχής να φαίνεται αυξημένος.



Διάγραμμα 6.2 Πλήθος ατυχημάτων ανά μήνα συναρτήσει του πλήθους ημερών ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ανά μήνα

Στο διάγραμμα 6.2 είναι εμφανές το ότι **όσο πιο ψυχρός είναι ένας μήνας, τόσο η συχνότητα των ατυχημάτων μειώνεται**. Παρατηρείται ότι η επίδραση των πλήθους των ημερών ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ανά μήνα είναι αντίθετη από αυτή του πλήθους των ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα κάτι που ενδεχομένως θα μπορούσε να προκαλέσει ερωτηματικά σχετικά με την λογική ορθότητα των αποτελεσμάτων. Ωστόσο, όπως περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο, είναι δυνατόν να υπάρξει μια εξήγηση για τα αποτελέσματα αυτά.



Διάγραμμα 6.3 Πλήθος ατυχημάτων ανά μήνα συναρτήσει του αντίστοιχου μηνιαίου κυκλοφοριακού φόρτου

Το διάγραμμα 6.3 είναι ήδη γνωστό από παλαιότερες έρευνες (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, 1994) και παρουσιάζει την **τάση του πλήθους των ατυχημάτων να μεταβάλλεται ανάλογα με το πλήθος των οχηματοχιλιομέτρων**. Το γεγονός της εμφάνισης του συγκεκριμένου διαγράμματος, που συμφωνεί με τα αποτελέσματα παλαιότερων ερευνών, είναι ενδεικτικό της ορθότητας των υπολογισμών και του προτύπου συσχέτισης – πρόβλεψης.

6.5 ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΤΑ ΔΙΚΥΚΛΑ

Μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης και τη δημιουργία ενός αποδεκτού προτύπου συσχέτισης – πρόβλεψης για το πλήθος των ατυχημάτων, τον κυκλοφοριακό φόρτο και τις καιρικές συνθήκες, ακολούθησε η διερεύνηση της ύπαρξης αποδεκτού

προτύπου για την επικινδυνότητα (τόσο για το σύνολο όσο και για κάθε κατηγορία οχήματος). Ωστόσο, το μόνο αποδεκτό πρότυπο που προέκυψε αφορά στην επικινδυνότητα των δικύκλων.

Σε αρχικό στάδιο, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία στο **Excel**, η οποία σε αντίθεση με τα αποτελέσματα που προέκυψαν για το πλήθος των ατυχημάτων, έδωσε αρκετά καλούς δείκτες R^2 (λαμβάνοντας υπόψη και την αδυναμία του λογισμικού να πραγματοποιήσει ανάλυση πολυπαραμετρικού προτύπου συσχέτισης). Παραδείγματος χάρη, η συσχέτιση της επικινδυνότητας και του ημερήσιου μέσου όρου θερμοκρασίας (για τη λογαριθμική παλινδρόμηση) είχε ως αποτέλεσμα δείκτη $R^2 = 0,5395$, ενώ η συσχέτιση της επικινδυνότητας και του αριθμού ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα (για τη γραμμική παλινδρόμηση) είχε ως αποτέλεσμα δείκτη $R^2 = 0,2756$. Το γεγονός αυτό ήταν ενδεικτικό της συσχέτισης μεταξύ της επικινδυνότητας για τα δίκυκλα και των καιρικών συνθηκών, όπως και αποδείχτηκε στη συνέχεια με τη χρήση της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης στο **SPSS**. Τα διαγράμματα που προέκυψαν από την επεξεργασία με το Excel παρατίθενται στο **Παράρτημα 2**.

6.5.1 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ

Η επεξεργασία στο SPSS είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός αποδεκτού πολυπαραμετρικού προτύπου συσχέτισης – πρόβλεψης μεταξύ της επικινδυνότητας για τα δίκυκλα και των καιρικών συνθηκών. Ο δείκτης R^2 κρίνεται **ικανοποιητικός** και οι ανεξάρτητες μεταβλητές πληρούν τις προϋποθέσεις του ελέγχου **t-test**. Τα αποτελέσματα φαίνονται στους πίνακες 6.2α και 6.2β.

Πίνακας 6.2α Τελικό αποτέλεσμα του SPSS σχετικά με το δείκτη R^2

Περιγραφή Προτύπου

Πρότυπο	R	R^2	Προσαρμοσμένο R^2	Τυπικό Σφάλμα Εκτίμησης
2	.629	.396	.387	.4523

- α. Ανεξάρτητες Μεταβλητές: (Σταθερός Όρος), Λογάριθμος Μέσης Ημερήσιας Θερμοκρασίας, Λογάριθμος Πλήθους Ημερών Βροχόπτωσης ανά Μήνα
 β. Εξαρτημένη Μεταβλητή: Λογάριθμος της Επικινδυνότητας (Δίκυκλα)

Πίνακας 6.2β Τελικό αποτέλεσμα του SPSS σχετικά με τους δείκτες t και τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών

Συντελεστές

Πρότυπο		Μη – Τυποποιημένοι Συντελεστές		Τυποποιημένοι Συντελεστές	t	Sig.
		B	Τυπικό Σφάλμα	Beta		
2	(Σταθερός Όρος)	2.623	.432		6.073	.000
	Λογάριθμος Πλήθους Ημερών Βροχόπτωσης ανά Μήνα	.444	.161	.249	2.760	.007
	Λογάριθμος Μέσης Ημερήσιας Θερμοκρασίας	-1.355	.282	-.434	-4.812	.000

α. Εξαρτημένη Μεταβλητή: Λογάριθμος της Επικινδυνότητας (Δίκυκλα)

Όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες, το πρότυπο συσχέτισης – πρόβλεψης που αφορά στην επικινδυνότητα για τα δίκυκλα συναρτήσει των καιρικών συνθηκών μπορεί να περιγραφεί ικανοποιητικά από τη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση δεδομένου ότι $R^2 = 0,396$ ή 39,6%. Η τιμή αυτή για τον δείκτη R^2 είναι ελάχιστα μικρότερη της οριακής τιμής 0.40 οπότε θεωρείται ότι ουσιαστικά ικανοποιεί την προϋπόθεση αυτή. Επιπλέον, μερικές φορές προτιμάται η αποδοχή ενός προτύπου με μικρότερο δείκτη R^2 εφόσον αυτό προσφέρει πιο λογικά και επεξηγήσιμα αποτελέσματα. Επίσης, οι δείκτες t για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή είναι μεγαλύτεροι της τιμής 1,700.

6.5.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΚΑΙ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΧΕΣΗΣ

Σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση που περιγράφηκε παραπάνω, τα αποτελέσματα της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης επιτρέπουν την αποδοχή και τη χρησιμοποίηση του ακόλουθου μαθηματικού προτύπου:

$$\text{Log}(\text{Risk}_{2\text{WHEELS}}) = 2,623 + 0,444\text{Log}(\text{DR}) - 1,355\text{Log}(\text{ADT}) \quad (6.3)$$

ή

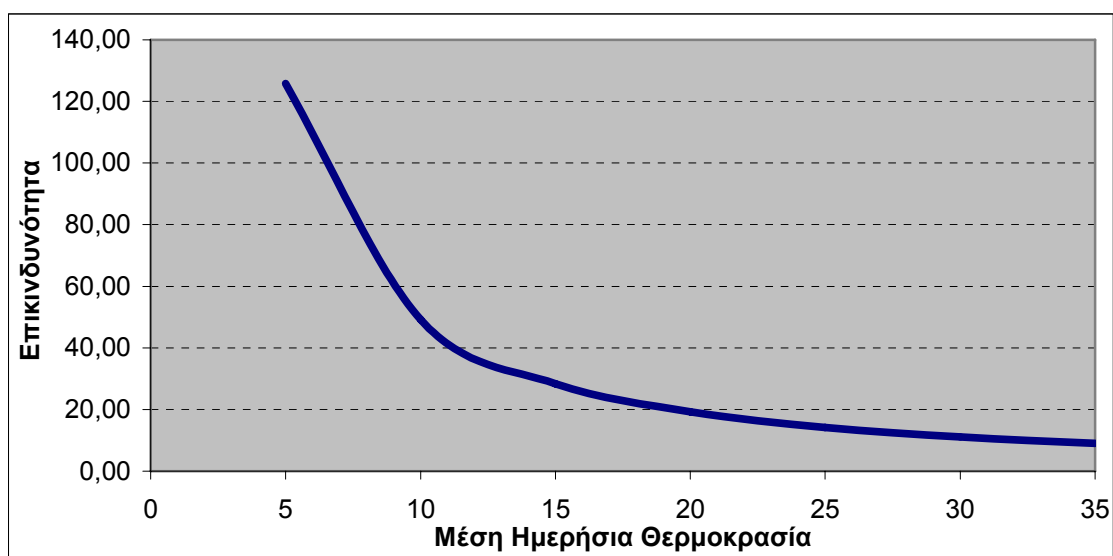
$$\text{Risk}_{2\text{wheels}} = 10^{(2,623 + 0,444\text{Log}(\text{DR}) - 1,355\text{Log}(\text{ADT}))} \quad (6.4)$$

Η παραπάνω σχέση προέκυψε από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 6.2β. Την εξαρτημένη μεταβλητή αποτελεί η επικινδυνότητα για τα δίκυκλα (Risk 2 wheels) ενώ οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι οι ακόλουθες:

1. Πλήθος ημερών βροχόπτωσης (DR – Days Raining) (εύρος τιμών: 1 - 18)
2. Ημερήσιος μέσος όρος θερμοκρασίας (ADT – Average Daily Temperature) σε βαθμούς Κελσίου (εύρος τιμών: 5,66 – 29,3)

6.5.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

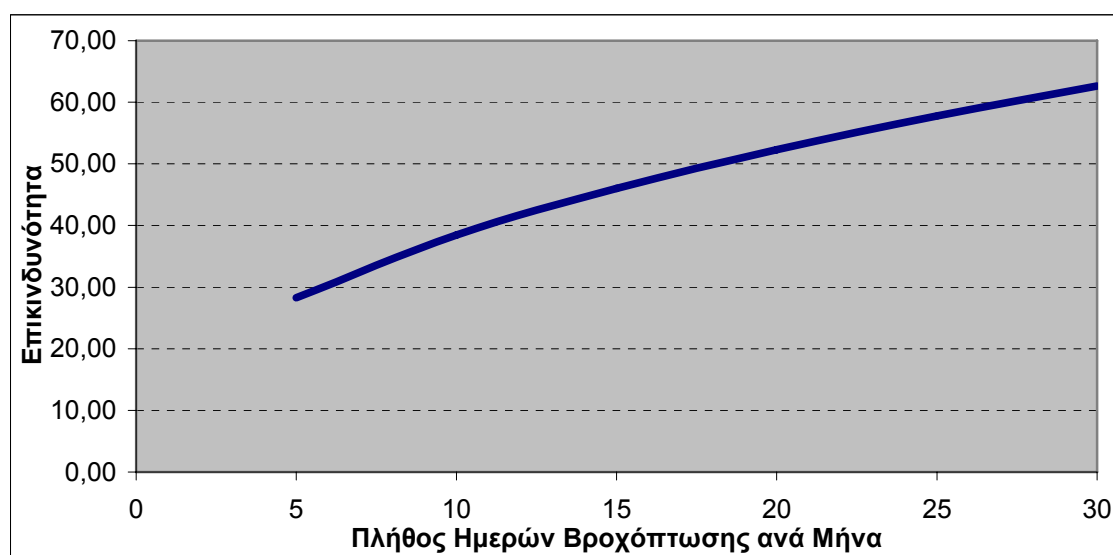
Για να γίνει πιο κατανοητή η επιρροή της κάθε μεταβλητής στη επικινδυνότητα των δικύκλων, σχεδιάστηκαν τα διαγράμματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια. Τα διαγράμματα αυτά προέκυψαν από το μαθηματικό πρότυπο που φαίνεται στη σχέση 6.4 και παρέχουν πληροφορίες που βοηθούν στην ερμηνεία της επιρροής της κάθε μεταβλητής στην επικινδυνότητα για τα δίκυκλα.



Διάγραμμα 6.4 Επικινδυνότητα για τα δίκυκλα συναρτήσει του ημερήσιου μέσου όρου θερμοκρασίας

Στο διάγραμμα 6.4 φαίνεται ότι **όσο η θερμοκρασία αυξάνει, μειώνεται η επικινδυνότητα για τα δίκυκλα**. Αυτό είναι ένα λογικό συμπέρασμα γιατί ο αναβάτης ενός δικύκλου είναι εκτεθειμένος στη χαμηλή θερμοκρασία, η οποία μπορεί να αποσπά την προσοχή του από τον δρόμο. Επίσης, η ένδυση των αναβατών

δικύκλων είναι πιο «βαριά» σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και αυτό μπορεί να δυσχεραίνει τις κινήσεις τους και να καθυστερεί τις αντιδράσεις τους. Τέλος, είναι γεγονός ότι τους θερμούς μήνες ο κυκλοφοριακός φόρτος των δικύκλων αυξάνεται, ωστόσο, αν ληφθεί υπόψη η γενική τάση των ατυχημάτων, αυξάνονται και τα ατυχήματα. Ενδεχομένως, για τα δίκυκλα, ο ρυθμός αύξησης των οχηματοχιλιομέτρων είναι μεγαλύτερος από τον ρυθμό αύξησης των ατυχημάτων και γι'αυτό η επικινδυνότητα τελικά μειώνεται. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι η **επικινδυνότητα** είναι ένας δείκτης που λαμβάνει υπόψη του τον κυκλοφοριακό φόρτο. Στα πρότυπα που την αφορούν και που περιγράφονται στην παρούσα Διπλωματική, αυτή εκφράζεται **ανά εκατομμύριο οχηματοχιλιομέτρων**.



Διάγραμμα 6.5 Επικινδυνότητα για τα δίκυκλα συναρτήσει του πλήθους ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα

Από το διάγραμμα 6.5 εξάγεται το συμπέρασμα ότι **όσο πιο πολύ βρέχει, η επικινδυνότητα για τα δίκυκλα αυξάνεται**. Αυτό είναι λογικό γιατί εκτός του ότι η οδήγηση ενός δικύκλου γίνεται δυσχερέστερη όταν βρέχει, τα δίκυκλα είναι πιο ευάλωτα σε ανατροπές (συγκριτικά με τα υπόλοιπα οχήματα με 4 τροχούς) λόγω ολισθηρού οδοστρώματος.

6.6 ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Το τρίτο αποδεκτό πρότυπο συσχέτισης – πρόβλεψης που προέκυψε αφορά στην σοβαρότητα για το σύνολο των ατυχημάτων. Στην παρούσα διπλωματική η σοβαρότητα εκφράζει τον λόγο του πλήθους των νεκρών προς το πλήθος των αντίστοιχων ατυχημάτων. Ωστόσο, επιπλέον έρευνα πραγματοποιήθηκε αρχικά και για τη σοβαρότητα όπως αυτή θα μπορούσε να οριστεί αν συμπεριλάμβανε και το πλήθος των βαριά τραυματιών (δηλαδή θα ίσχυε: σοβαρότητα = σύνολο νεκρών και βαριά τραυματιών/ατυχήματα). Τα αποτελέσματα σχετικά με τη δημιουργία προτύπου συσχέτισης δεν ήταν ενθαρρυντικά και γι' αυτό αποφασίστηκε ο δείκτης της σοβαρότητας να αφορά μόνο στον λόγο του πλήθους των νεκρών προς το σύνολο των ατυχημάτων.

6.6.1 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ

Η επεξεργασία στο SPSS είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός αποδεκτού πολυπαραμετρικού προτύπου συσχέτισης – πρόβλεψης μεταξύ της σοβαρότητας για το σύνολο των ατυχημάτων και των καιρικών συνθηκών. Ο δείκτης R^2 κρίνεται **ικανοποιητικός** και οι ανεξάρτητες μεταβλητές πληρούν τις προϋποθέσεις του ελέγχου **t-test**. Τα αποτελέσματα φαίνονται στους πίνακες 6.3α και 6.3β.

Πίνακας 6.3α Τελικό αποτέλεσμα του SPSS σχετικά με το δείκτη R^2

Περιγραφή Προτύπου

Πρότυπο	R	R^2	Προσαρμοσμένο R^2	Τυπικό Σφάλμα Εκτίμησης
3	.655	.429	.353	.20772

α. Ανεξάρτητες Μεταβλητές: (Σταθερός Όρος), Πλήθος Ημερών Βροχόπτωσης ανά Μήνα, Πλήθος Ημερών Ιδιαίτερα Χαμηλής Μέσης Ημερήσιας Θερμοκρασίας²

β. Εξαρτημένη Μεταβλητή: Λογάριθμος της Σοβαρότητας (σύνολο ατυχημάτων)

Πίνακας 6.3β Τελικό αποτέλεσμα του SPSS σχετικά με τους δείκτες t και τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών

Συντελεστές						
Πρότυπο		Μη – Τυποποιημένοι Συντελεστές		Τυποποιημένοι Συντελεστές	t	Sig.
		B	Τυπικό Σφάλμα	Beta		
3	(Σταθερός Όρος)	.008	.132		.064	.950
	Πλήθος Ημερών Βροχόπτωσης ανά Μήνα	-.026	.011	-.472	-2.383	.031
	Πλήθος Ημερών Ιδιαίτερα Χαμηλής Μέσης Ημερήσιας Θερμοκρασίας ²	-.005	.002	-.377	-1.903	.076

α. Εξαρτημένη Μεταβλητή: Λογάριθμος της Σοβαρότητας (σύνολο ατυχημάτων)

Όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες, το πρότυπο συσχέτισης – πρόβλεψης που αφορά στη σοβαρότητα για το σύνολο των ατυχημάτων συναρτήσει των καιρικών συνθηκών μπορεί να περιγραφεί ικανοποιητικά από τη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση δεδομένου ότι $R^2 = 0,429$ ή 42,9%. Επίσης οι δείκτες t για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή είναι μεγαλύτεροι από την τιμή 1,700.

6.6.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΚΑΙ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΧΕΣΗΣ

Σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση που περιγράφηκε παραπάνω, τα αποτελέσματα της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης επιτρέπουν την αποδοχή και τη χρησιμοποίηση του ακόλουθου μαθηματικού προτύπου:

$$\text{Log(Severity)} = 0,008 - 0,026\text{DR} - 0,005(\text{ECD}^2) \quad (6.5)$$

ή

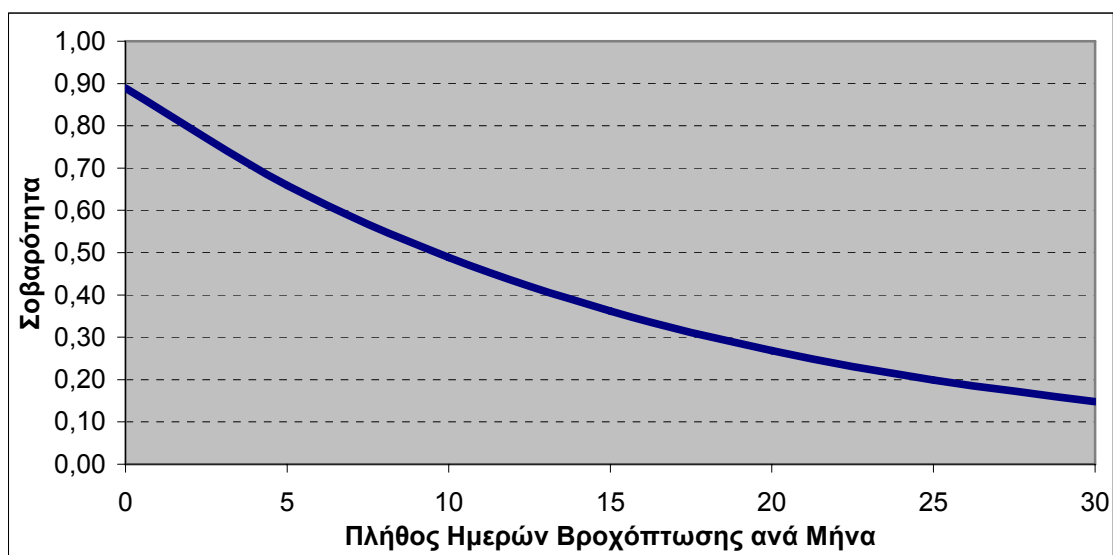
$$\text{Severity} = 10^{(0,008 - 0,026\text{DR} - 0,005(\text{ECD}^2))} \quad (6.6)$$

Η παραπάνω σχέση προέκυψε από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 6.3β. Την εξαρτημένη μεταβλητή αποτελεί η σοβαρότητα για το σύνολο των ατυχημάτων (Severity) ενώ οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι οι ακόλουθες:

1. Αριθμός ημερών βροχόπτωσης (DR – Days Raining) (εύρος τιμών: 2 – 21)
2. Αριθμός των ημερών ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ($<7^{\circ}\text{C}$) (ECD – Extreme Cold Days) (εύρος τιμών: 1 - 8)

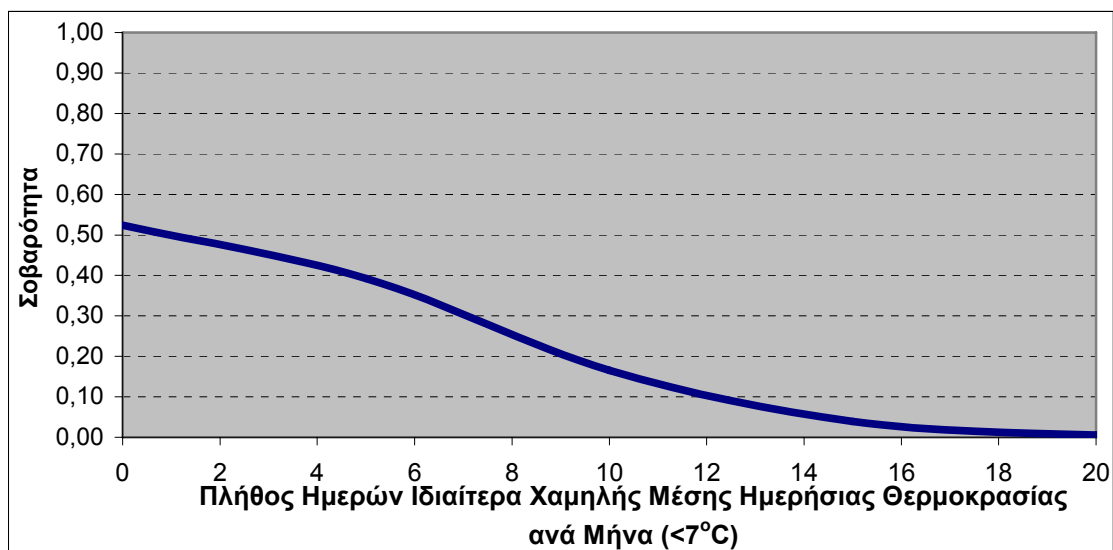
6.6.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Για να γίνει πιο κατανοητή η επιρροή της κάθε μεταβλητής στη σοβαρότητα των ατυχημάτων, σχεδιάστηκαν τα διαγράμματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια. Τα διαγράμματα αυτά προέκυψαν από το μαθηματικό πρότυπο που φαίνεται στη σχέση 6.6 και παρέχουν πληροφορίες που βοηθούν στην ερμηνεία της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής.



Διάγραμμα 6.6 Σοβαρότητα των ατυχημάτων συναρτήσει του πλήθους ημερών βροχόπτωσης για κάθε μήνα

Στο διάγραμμα 6.6 φαίνεται ότι **όσο πιο βροχερός είναι ένας μήνας, η σοβαρότητα των ατυχημάτων μειώνεται**. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως οφείλεται στο ότι οι οδηγοί είναι πιο προσεκτικοί όταν βρέχει και μειώνουν την ταχύτητα του οχήματος. Έτσι ακόμα και αν εμπλακούν σε ατύχημα λόγω της βροχής, αυτό πιθανώς δεν θα είναι θανατηφόρο.



Διάγραμμα 6.7 Σοβαρότητα των ατυχημάτων συναρτήσει του πλήθους ημερών ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ανά μήνα

Η εξήγηση του διαγράμματος αυτού ενδεχομένως έγκειται στο ότι οι οδηγοί οδηγούν επίσης πιο προσεκτικά όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή επειδή φοβούνται τον σχηματισμό πάγου στο οδόστρωμα, ή επειδή η ικανότητά τους για οδήγηση περιορίζεται λόγω της κακής ορατότητας από το θόλωμα των παραθύρων. Έτσι οι ταχύτητες κίνησης μειώνονται με αποτέλεσμα τα ατυχήματα στο σύνολό τους να είναι λιγότερο θανατηφόρα.

6.7 ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ

Επιπλέον από τα τρία πρότυπα που παρουσιάστηκαν παραπάνω και που είναι αποδεκτά αφού πληρούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις ($R^2 > 0,40$ και t μεγαλύτερο από 1,700), διερευνήθηκε και το κατά πόσο υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργηθούν πρότυπα συσχέτισης – πρόβλεψης για την επικινδυνότητα για το σύνολο των οχημάτων, για τα επιβατικά, και για τα φορτηγά– λεωφορεία. Τα αποτελέσματα της αναζήτησης δεν ήταν επιτυχή καθώς τα πρότυπα που προέκυψαν δεν πληρούν αφενός τις προαναφερθείσες στατιστικές προϋποθέσεις και αφετέρου δεν προσφέρουν λογικά και επεξηγήσιμα συμπεράσματα.

Στην προκαταρκτική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του **Excel** τα αποτελέσματα είχαν ως εξής: Σε ότι αφορά στην επικινδυνότητα για το σύνολο των

οχημάτων, η μονοπαραμετρική ανάλυση έδωσε σχέσεις με μικρό R^2 (της τάξης του 10%) γεγονός που ως ένα βαθμό δημιούργησε την αναμονή ενός μη – αποδεκτού προτύπου συσχέτισης ακόμα και για την πολυπαραμετρική ανάλυση του SPSS. Σε ότι αφορά στα επιβατικά, παρά το γεγονός ότι τα αποτελέσματα της μονοπαραμετρικής ανάλυσης ήταν ενθαρρυντικά (R^2 της τάξης του 17%), η περαιτέρω ανάλυση με τη χρήση του SPSS δεν ανταποκρίθηκε στις προσδοκίες της έρευνας. Η κατάσταση ήταν χειρότερη για την επικινδυνότητα των φορτηγών – λεωφορείων όπου οι δείκτες R^2 που προέκυψαν ήταν της τάξης του 4%. Οι πίνακες με τα αντίστοιχα αποτελέσματα και διαγράμματα παρατίθενται στο **Παράρτημα**.

Η ανάλυση με βάση τη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση που πραγματοποιήθηκε στο **SPSS** επαλήθευσε την αδυναμία των προαναφερθέντων προτύπων να περιγράψουν ικανοποιητικά τη συσχέτιση μεταξύ των εξαρτημένων αυτών μεταβλητών και των καιρικών συνθηκών. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα που έδωσε η πολυπαραμετρική ανάλυση είναι τα εξής:

- Σε ότι αφορά στην **επικινδυνότητα για το σύνολο των οχημάτων**, το υψηλότερο R^2 που βρέθηκε ήταν **0,189** ή 18,9% το οποίο επίσης είναι σημαντικά μικρότερο από την οριακή τιμή 0,40.
- Σε ότι αφορά στην **επικινδυνότητα για τα επιβατικά**, το υψηλότερο R^2 που βρέθηκε ήταν **0,204** ή 20,4%, το οποίο υπολείπεται της οριακής τιμής 0,40 που τέθηκε.
- Σε ότι αφορά στην **επικινδυνότητα για τα φορτηγά – λεωφορεία**, προέκυψε $R^2 = 0,342$, το οποίο στην πραγματικότητα **αναμένεται να είναι αρκετά μικρότερο** δεδομένου ότι αντιστοιχεί σε πρότυπο με 8 ανεξάρτητες μεταβλητές (ένα καλό πρότυπο περιέχει το πολύ 3 ανεξάρτητες μεταβλητές και με την αφαίρεση μεταβλητών μειώνεται το R^2).

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί το ότι ακόμα και στις περιπτώσεις που για τις προαναφερθείσες εξαρτημένες μεταβλητές προέκυψαν πρότυπα συσχέτισης με αποδεκτές τιμές για τους στατιστικούς δείκτες R^2 και t , αυτά δεν έγιναν αποδεκτά

επειδή προέκυπτε αρνητικός σταθερός όρος (ο οποίος δεν μπορεί να ισχύει αφού ο δείκτης της επικινδυνότητας δεν λαμβάνει αρνητικές τιμές) ή γιατί τα αποτελέσματα ήταν αντιφατικά και δεν ήταν δυνατόν να εξηγηθούν.

6.8 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΜΕΣΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ POISSON

Επιπλέον της ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία με τη χρήση της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης, επιχειρήθηκε να διερευνηθεί (σε **εισαγωγικό** και **προκαταρκτικό στάδιο**) το κατά πόσο είναι δυνατόν να προκύψουν πρότυπα συσχέτισης – πρόβλεψης με τη χρήση της κατανομής **Poisson**. Η λεπτομερής έρευνα με τη χρήση της εν λόγω κατανομής ξεφεύγει από τα όρια της παρούσας έρευνας και ουσιαστικά αποτελεί το έναυσμα για **περαιτέρω έρευνα** που θα μπορούσε να αποτελέσει το αντικείμενο μελλοντικών Διπλωματικών Εργασιών.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί για ακόμα μια φορά το ότι η κατανομή Poisson απαιτεί από την εξαρτημένη μεταβλητή να λαμβάνει ακέραιες και διακριτές τιμές, μεγαλύτερες ή ίσες του μηδενός (Καρλαύτης, 2001). Γι'αυτό τον λόγο θεωρήθηκαν ως εξαρτημένες μεταβλητές το πλήθος των **ατυχημάτων** και το πλήθος των **νεκρών**. Σε ότι αφορά στις ανεξάρτητες μεταβλητές, αυτές δεν υπόκεινται σε κανέναν περιορισμό. Η καταλληλότητα των προτύπων συσχέτισης καθορίζεται από τον δείκτη **AIC** (Akaike Information Criteria) (Creel, 2002), όπως αυτός υπολογίστηκε με τη χρήση του λογισμικού R-Project. Συγκριτικά, το πρότυπο με το μεγαλύτερο AIC θεωρείται καλύτερο ενώ γενικά, καλή τιμή για το AIC θεωρείται εκείνη που υπερβαίνει το 600.

Το λογισμικό R-Project δεν είναι τόσο εύχρηστο όσο το SPSS, όπου είναι σχετικά εύκολο να εξακριβωθεί ποιες ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να περιλαμβάνονται στο πρότυπο (βάσει του t-test). Στο R-Project κάθε δυνατός συνδυασμός μεταβλητών πρέπει να εξετασθεί και να αξιολογηθεί βάσει του δείκτη AIC. Δεδομένου ότι το πλήθος των μεταβλητών που εξετάζονται για την κατανομή Poisson είναι 16 (5 εξαρτημένες και 15 ανεξάρτητες), προκύπτει ότι οι δυνατοί συνδυασμοί μεταβλητών

έχουν ιδιαίτερα μεγάλο πλήθος και συνεπώς η διερεύνηση όλων των συνδυασμών ξεφεύγει από το πλαίσιο της Παρούσας Διπλωματικής.

Ενδεικτικά, διερευνήθηκαν μεταξύ άλλων οι ακόλουθες συσχετίσεις:

- Πλήθος των ατυχημάτων και λογάριθμος του πλήθους των ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα (AIC = 1389)
- Πλήθος των ατυχημάτων και πλήθος των ημερών ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ανά μήνα (AIC = 1370)
- Πλήθος των ατυχημάτων και τετράγωνο της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας για κάθε μήνα (AIC = 1390)
- Πλήθος των ατυχημάτων για τα δίκυκλα και μέση ημερήσια βροχόπτωση (AIC = 697,7)
- Πλήθος των ατυχημάτων για τα δίκυκλα και λογάριθμος του πλήθους των ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα (AIC = 695,3)
- Πλήθος των ατυχημάτων για τα δίκυκλα και λογάριθμος της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (AIC = 683,5)
- Πλήθος των ατυχημάτων για τα επιβατικά και τετράγωνο του πλήθους των ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα (AIC = 1256)
- Πλήθος των ατυχημάτων για τα επιβατικά και μέση ημερήσια θερμοκρασία (AIC = 1256)
- Πλήθος των ατυχημάτων για τα επιβατικά και τετράγωνο της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (AIC = 1256)
- Πλήθος των ατυχημάτων για τα επιβατικά και τετράγωνο του πλήθους των ημερών ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ανά μήνα (AIC = 1231)
- Πλήθος των ατυχημάτων για τα επιβατικά και λογάριθμος της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (AIC = 1255)

Τα **αναλυτικά αποτελέσματα** που προέκυψαν με τη χρήση του λογισμικού R – Project και για την κατανομή Poisson, παρουσιάζονται στο **Παράρτημα 3**.

Η περαιτέρω επεξεργασία των παραπάνω αποτελεσμάτων πρέπει να αποτελέσει αντικείμενο αναλυτικής διερεύνησης μέσα στο πλαίσιο διεξοδικής έρευνας

(ερευνητικό έργο, Διπλωματική Εργασία), η οποία ξεφεύγει του αντικειμένου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

6.9 ΤΕΛΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, προκύπτουν οι ακόλουθες μαθηματικές σχέσεις:

- Συσχέτιση Ατυχημάτων – Κυκλ. Φόρτου - Καιρικών Συνθηκών:

$$\text{Accidents} = 10^{(0,221 + 0,288\text{Log}(\text{DR}) - 0,011\text{ECD} + 7,318\text{E-}09\text{VKm})}$$

- Συσχέτιση Επικινδυνότητας Δικύκλων – Καιρικών Συνθηκών:

$$\text{Risk}_{2\text{WHEELS}} = 10^{(2,623 + 0,444\text{Log}(\text{DR}) - 1,355\text{Log}(\text{ADT}))}$$

- Συσχέτιση Σοβαρότητας Ατυχημάτων – Καιρικών Συνθηκών:

$$\text{Severity} = 10^{(0,008 - 0,026\text{DR} - 0,005(\text{ECD}^2))}$$

Με στατιστικό συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 45,4\%$, $R^2 = 39,6\%$, $R^2 = 42,9\%$ αντίστοιχα.

Εκτός από τις παραπάνω μεταβλητές στα μαθηματικά πρότυπα περιέχεται και ένας **σταθερός όρος** που έχει τιμή 0,221, 2,623, και 0,008 αντίστοιχα. Ο όρος αυτός αφορά στην επιρροή όλων εκείνων των παραγόντων που δεν έχουν συμπεριληφθεί στην ανάπτυξη του προτύπου. Δηλαδή μπορεί να υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που ενδεχομένως να επηρεάζουν τη συχνότητα πρόκλησης οδικού ατυχήματος, αλλά κατά τη κρίση του ερευνητή αυτό να θεωρείται απίθανο, οπότε κατά την επιλογή των μεταβλητών αυτοί να μην έχουν συμπεριληφθεί. Ως παράδειγμα θα μπορούσε να

αναφερθεί το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας ή του οδοστρώματος για το οποίο όμως δεν υπάρχουν διαθέσιμα αξιόπιστα στοιχεία.

Επίσης ο σταθερός όρος αφορά στην επιρροή στη συχνότητα πρόκλησης των ατυχημάτων κάποιων παραγόντων οι οποίοι συμπεριλήφθηκαν στον πίνακα δεδομένων εισόδου για τη στατιστική επεξεργασία και εξαιρέθηκαν από το μαθηματικό πρότυπο λόγω της μικρής επιρροής τους (μικρού t-ratio των συντελεστών τους).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 ΣΥΝΟΨΗ

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ήταν η **διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών, και συγκεκριμένα της βροχής και της θερμοκρασίας, στην επικινδυνότητα και στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας με χρήση της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**. Η επικινδυνότητα και η σοβαρότητα ορίζονται ως εξής:

$$\text{ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ} = (\text{ΠΛΗΘΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ} / \text{ΠΛΗΘΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΧΙΛΙΟΜΕΤΡΩΝ})$$

$$\text{ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ} = (\text{ΠΛΗΘΟΣ ΝΕΚΡΩΝ} / \text{ΠΛΗΘΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ})$$

Επιλέχθηκε να συσχετισθεί ο δείκτης ατυχημάτων (επικινδυνότητα) με τις καιρικές συνθήκες επειδή αυτός λαμβάνει υπόψη και το βαθμό χρησιμοποίησης των οχημάτων (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, 1994), διευρύνοντας κατ'αυτό τον τρόπο τα αποτελέσματα της αρχικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε για τη συσχέτιση του πλήθους των ατυχημάτων με τον κυκλοφοριακό φόρτο (όπως αυτή διαμορφώνεται για τις διάφορες κλιματικές συνθήκες). Επίσης, εξετάστηκε και η συσχέτιση της σοβαρότητας με τις καιρικές συνθήκες δεδομένου ότι αυτός είναι ο δείκτης που χρησιμοποιείται συχνότερα για τη διερεύνηση της τάσης του πλήθους των νεκρών από οδικά ατυχήματα (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, 1994).

Με βάση τη σχετική βιβλιογραφική ανασκόπηση και τη γενική ανάλυση των στοιχείων, **επιλέχθηκε σειρά μεταβλητών** της βάσης δεδομένων οδικών ατυχημάτων του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής ΕΜΠ με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδας (ΕΣΥΕ). Μετά από σχετική διερεύνηση για τη

στατιστική ανάλυση των στοιχείων επιλέχθηκε η μέθοδος της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**. Τελικός στόχος ήταν μέσω των σχέσεων που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία να διερευνηθεί η επιρροή των καιρικών συνθηκών στο πλήθος των οδικών ατυχημάτων και των νεκρών, καθώς και να ποσοτικοποιηθεί αυτή η επιρροή.

Τα **στοιχεία** που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν στα οδικά ατυχήματα και αναφέρονται στα έτη από το 1985 έως και το 1999. Η συλλογή των στοιχείων πραγματοποιήθηκε από τη βασική πηγή στοιχείων οδικών ατυχημάτων, δηλαδή τα Δελτία Οδικού Τροχαίου Ατυχήματος (ΔΟΤΑ), τα οποία συμπληρώνονται από την Τροχαία για κάθε οδικό ατύχημα που έχει ως αποτέλεσμα τον τραυματισμό ή το θάνατο ενός τουλάχιστον προσώπου. Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε περιλαμβάνει λεπτομερή στοιχεία όλων των ατυχημάτων της δεκαπενταετίας 1985 – 1999, από την οποία επιλέχθηκαν οι μεταβλητές για την ανάπτυξη των σχετικών μαθηματικών προτύπων.

Τα **στοιχεία κυκλοφοριακού φόρτου** που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέρχονται από τα στοιχεία που συλλέγονται στους σταθμούς διοδίων του υπεραστικού δικτύου της Ελλάδας. Με βάση τα στοιχεία αυτά υπολογίστηκαν οι μηνιαίοι κυκλοφοριακοί φόρτοι τόσο ανά τύπο οχήματος όσο και για το σύνολο των οχημάτων. Στοιχεία κυκλοφοριακών φόρτων ήταν διαθέσιμα μόνο για τον οδικό άξονα Πάτρα – Αθήνα – Θεσσαλονίκη – Εύζωνοι, γεγονός που περιόρισε την έρευνα στα οδικά τμήματα του άξονα αυτού.

Τα **στοιχεία ύψους βροχόπτωσης και θερμοκρασίας** συλλέχθηκαν από τις αντίστοιχες βάσεις δεδομένων της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, οι οποίες περιέχουν στοιχεία που προέρχονται από τις μετρήσεις του δικτύου μετεωρολογικών σταθμών που υπάρχει ανά την Ελληνική επικράτεια. Με βάση τα στοιχεία αυτά υπολογίστηκαν οι μέσοι ημερήσιοι όροι βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για κάθε μήνα καθώς και οι αντίστοιχες ημέρες βροχόπτωσης και ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ανά μήνα.

Μετά τη συγκέντρωση των στοιχείων ακολούθησε το **στάδιο της επεξεργασίας** τους που περιελάμβανε την επιλογή και τον υπολογισμό κρίσιμων μεταβλητών για την

Οδική Ασφάλεια, και στη συνέχεια την καταχώρηση των στοιχείων αυτών σε μια νέα βάση δεδομένων προκειμένου να ξεκινήσει το στάδιο της στατιστικής τους επεξεργασίας.

Επιλέχθηκε από τη βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ να εξεταστούν τα ατυχήματα που συμβαίνουν στο **υπεραστικό οδικό δίκτυο** της Ελλάδας. Η επιλογή αυτή έγινε καταρχήν διότι οι δείκτες θανατηφόρων ατυχημάτων και ατυχημάτων με σοβαρούς τραυματισμούς είναι υψηλότεροι στις υπεραστικές οδούς λόγω κυρίως των υψηλότερων ταχυτήτων. Παράλληλα, παρουσιάζουν περισσότερες ομοιότητες μεταξύ τους από ότι εκείνα σε αστικές οδούς με αποτέλεσμα τα συμπεράσματα που εξάγονται για ένα τμήμα να μπορούν να γενικευτούν πιο εύκολα και για άλλα οδικά τμήματα με όμοια χαρακτηριστικά. Ένας ακόμη λόγος που οδήγησε στην επιλογή των οδικών ατυχημάτων στο υπεραστικό οδικό δίκτυο είναι ότι στις αστικές περιοχές υπάρχουν πολλοί περισσότεροι παράγοντες στην πρόκληση ατυχημάτων όπως είναι η κυκλοφορία πεζών και οι συχνές διασταυρώσεις, με αποτέλεσμα, να είναι πιο δύσκολο από ότι στις υπεραστικές οδούς να απομονωθεί η επιρροή των καιρικών συνθηκών στα οδικά ατυχήματα.

Στη συνέχεια ακολούθησε **στατιστική ανάλυση** των επιλεγμένων μεταβλητών με τη μέθοδο της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης** (lognormal regression). Το αποτέλεσμα της ανάλυσης αυτής ήταν η ανάπτυξη **τριών μαθηματικών προτύπων**, από τα οποία προκύπτει η συσχέτιση του πλήθους των ατυχημάτων (για το σύνολο των οχημάτων) με τον κυκλοφοριακό φόρτο και τις καιρικές συνθήκες, της επικινδυνότητας για τα δίκυκλα με τις καιρικές συνθήκες, και της σοβαρότητας για το σύνολο των ατυχημάτων με τις καιρικές συνθήκες.

Πιο συγκεκριμένα, τα μαθηματικά πρότυπα που αναπτύχθηκαν (σχέση 6.2, 6.4, και 6.6) έδειξαν ότι οι μεταβλητές που επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα είναι:

- Στο πρώτο μαθηματικό πρότυπο (σχέση 6.2), προσδιορίστηκε η επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου και των καιρικών συνθηκών **στο σύνολο των οδικών ατυχημάτων**.

$$\text{Accidents} = 10^{(0,221 + 0,288\text{Log}(\text{DR}) - 0,011\text{ECD} + 7,318\text{E-}09\text{VKm})}$$

όπου: DR = Πλήθος ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα, ECD = Πλήθος ημερών ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (<7°C) ανά μήνα, και VKm = Πλήθος οχηματοχιλιομέτρων.

- Όσον αφορά στο δεύτερο μαθηματικό πρότυπο (σχέση 6.4), προσδιορίστηκε η επιρροή των καιρικών συνθηκών στην **επικινδυνότητα για τα δίκυκλα**.

$$\text{Risk}_{\text{ΔΙΚΥΚΛΑ}} = 10^{(2,623 + 0,444\text{Log}(\text{DR}) - 1,355\text{Log}(\text{ADT}))}$$

όπου: DR = Πλήθος ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα, ADT = Μέση ημερήσια θερμοκρασία (°C).

- Όσον αφορά στο τρίτο μαθηματικό πρότυπο (σχέση 6.6), προσδιορίστηκε η επιρροή των καιρικών συνθηκών στην **σοβαρότητα των ατυχημάτων**.

$$\text{Severity} = 10^{(0,008 - 0,026\text{DR} - 0,005(\text{ECD}^2))}$$

όπου: DR = Πλήθος ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα, και ECD = Πλήθος ημερών ιδιαίτερα χαμηλής μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (<7°C) ανά μήνα.

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

7.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Επισημαίνεται ότι τα συμπεράσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι **χρήσιμα για τον μακροσκοπικό σχεδιασμό** για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας, ενώ για επιμέρους επεμβάσεις είναι απαραίτητη η χρήση άλλων μεθόδων όπως η επισήμανση των επικίνδυνων θέσεων και των προβλημάτων οδικής ασφάλειας. Τα

σημαντικότερα συμπεράσματα που οδηγούν και στις αντίστοιχες προτάσεις αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω:

1. Από το πρώτο μαθηματικό πρότυπο που προέκυψε **επιβεβαιώνεται η αύξουσα τάση του πλήθους των ατυχημάτων** με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τη βιβλιογραφία (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, 1994). Στους υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους δηλαδή παρατηρείται υψηλό πλήθος ατυχημάτων, γεγονός που οφείλεται πιθανώς στην αυξημένη πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα λόγω αυξημένης κυκλοφορίας.
2. Από την παρατήρηση των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε ότι ο **αριθμός των ημερών βροχόπτωσης ανά μήνα ενδεχομένως να περιγράφει καλύτερα** απ'ότι ο ημερήσιος μέσος όρος βροχόπτωσης για κάθε μήνα, το πόσο «βροχερός» ή «ξηρός» είναι ένας μήνας. Αυτό φαίνεται λογικό γιατί είναι δυνατόν ένας μήνας να αποτελείται από 29 άνυδρες ημέρες και από μία ή δύο όπου σημειώθηκε γεγονός έντονης βροχής με μεγάλη διάρκεια (και κατά συνέπεια και μεγάλο καταγραφέν ύψος) και έτσι με τη χρήση του ημερήσιου μέσου όρου να δημιουργείται η εσφαλμένη εντύπωση ότι ο εν λόγω μήνας ήταν «βροχερός».
3. Σε ότι αφορά στη **βροχή και στα ατυχήματα**, αυτή καταρχήν οδηγεί στη μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου. Ωστόσο, το πλήθος των ατυχημάτων αυξάνεται γιατί τα οχήματα που τελικά κυκλοφορούν είναι ενδεχομένως πιο επιρρεπή στο να εμπλακούν σε ατύχημα (λόγω της μειωμένης πρόσφυσης των ελαστικών με το οδόστρωμα, της κακής ορατότητας, κλπ).
4. **Η βροχή οδηγεί στην αύξηση της επικινδυνότητας των δικύκλων.** Αυτό συμβαίνει γιατί ο αναβάτης ενός δικύκλου είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένος στα καιρικά φαινόμενα τα οποία όταν είναι δυσχερή επηρεάζουν αρνητικά την οδηγική του ικανότητα. Οι λόγοι είναι πιθανώς τόσο πρακτικοί (το «βαρύ» ντύσιμο που φέρει ο αναβάτης ώστε να προφυλαχθεί από τη βροχή δυσχεραίνει τις κινήσεις του) όσο και ψυχολογικοί (ο αναβάτης οδηγεί πιο βιαστικά, και ενδεχομένως πιο απρόσεκτα, προκειμένου να φτάσει γρήγορα

στον προορισμό του ώστε να μην υπομένει πλέον τις άσχημες καιρικές συνθήκες). Επιπλέον, τα δίκυκλα είναι ιδιαίτερα ευάλωτα σε ένα ολισθηρό οδόστρωμα (πτώσεις). Η αύξηση αυτή της επικινδυνότητας των δικύκλων πιθανώς να επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι λόγω της βροχής μειώνεται το πλήθος των οχηματοχιλιομέτρων των δικύκλων αλλά την ίδια στιγμή, αυξάνεται το πλήθος των ατυχημάτων.

5. **Η βροχή οδηγεί στη μείωση της σοβαρότητας του συνόλου των ατυχημάτων.** Το φαινόμενο αυτό οφείλεται ενδεχομένως στο ότι οι οδηγοί είναι πιο προσεκτικοί και μειώνουν την ταχύτητα κίνησης όταν βρέχει αφενός γιατί γνωρίζουν πως το οδόστρωμα είναι ολισθηρό και αφετέρου επειδή αντιμετωπίζουν πρακτικές δυσκολίες όπως το θόλωμα των παραθύρων του οχήματος. Η επιπλέον αυτή προσοχή στον τρόπο οδήγησης ακόμα και αν δεν συμβάλλει τελικά στη μείωση της επικινδυνότητας για εμπλοκή σε ατύχημα, ωστόσο επιδρά θετικά στη μείωση της σοβαρότητας των ατυχημάτων κυρίως λόγω των μειωμένων ταχυτήτων κίνησης.
6. Σε ότι αφορά στη **θερμοκρασία και στο πλήθος των ατυχημάτων**, ισχύει η ακόλουθη συσχέτιση: Η μείωση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση στον κυκλοφοριακό φόρτο (αναβολή ή ματαίωση αποφάσεων για μετακινήσεις) και συνεπώς μειώνονται τα ατυχήματα.
7. **Η χαμηλή θερμοκρασία οδηγεί στην αύξηση της επικινδυνότητας των δικύκλων.** Οι λόγοι μπορεί να είναι παρόμοιοι με εκείνους που ισχύουν για την επιρροή της βροχής στην επικινδυνότητα των δικύκλων. Η αύξηση αυτή της επικινδυνότητας των δικύκλων πιθανώς εξηγείται από το γεγονός ότι ο ρυθμός μείωσης του πλήθους των ατυχημάτων είναι μικρότερος από εκείνον του πλήθους των οχηματοχιλιομέτρων.
8. Επιπλέον, η **χαμηλή θερμοκρασία οδηγεί στη μείωση της σοβαρότητας του συνόλου των ατυχημάτων.** Η μείωση αυτή ενδεχομένως να οφείλεται σε παρόμοιους λόγους με εκείνους που ισχύουν για τη βροχόπτωση. Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή είναι πιθανό οι οδηγοί να προσέχουν περισσότερο επειδή φοβούνται τη δημιουργία πάγου στο οδόστρωμα ή επειδή το θάμπωμα

των παραθύρων τους κάνει πιο επιφυλακτικούς και έτσι μειώνουν την ταχύτητα κίνησης του οχήματός τους.

9. Το **γενικό συμπέρασμα** που προκύπτει από όλα τα παραπάνω είναι ότι σε ότι αφορά στο πλήθος των ατυχημάτων (για το σύνολο των οχημάτων), αυτό μειώνεται όταν επικρατεί χαμηλή θερμοκρασία και δεν βρέχει. Σε ότι αφορά στην επικινδυνότητα για τα δίκυκλα, αυτή μειώνεται όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή και δεν βρέχει. Τέλος, σε ότι αφορά στη σοβαρότητα του συνόλου των ατυχημάτων, αυτή μειώνεται όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή και βρέχει. Τα αποτελέσματα αυτά ενδεχομένως παρουσιάζονται καλύτερα με τη βοήθεια του ακόλουθου πίνακα:

Πίνακας 7.1 Σχηματική Σύνοψη Αποτελεσμάτων

	Θερμοκρασία	Βροχή
Συχνότητα ατυχημάτων (σύνολο οχημάτων)	Θερμοκρασία ↓: Κ. Φόρτος ↓ και Ατυχήματα ↓	Βροχή ↑: Κ. Φόρτος ↓ και Ατυχήματα ↑
Επικινδυνότητα δικύκλων	Θερμοκρασία ↓: Επικινδυνότητα ↑	Βροχή ↑: Επικινδυνότητα ↑
Σοβαρότητα συνόλου ατυχημάτων	Θερμοκρασία ↓: Σοβαρότητα ↓	Βροχή ↑: Σοβαρότητα ↓

10. Σε ότι αφορά στην επικινδυνότητα για το σύνολο των οχημάτων καθώς και για τα επιβατικά και τα φορτηγά – λεωφορεία, **δεν προκύπτουν αποδεκτά πρότυπα συσχέτισης.**

11. Επισημαίνεται ότι η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση αποτελεί κατάλληλη μέθοδο** για τη συσχέτιση των ατυχημάτων για το σύνολο των οχημάτων, της επικινδυνότητας για τα δίκυκλα, και της σοβαρότητας του συνόλου των ατυχημάτων με τις καιρικές συνθήκες (βροχόπτωση και θερμοκρασία). Αυτό ισχύει δεδομένου ότι τα τρία μαθηματικά πρότυπα, που προέκυψαν με χρήση της μεθόδου αυτής, θεωρούνται αξιόπιστα και τα εξαγόμενα συμπεράσματα φαίνεται να είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας. Αξίζει να αναφερθεί ότι η λογαριθμοκανονική

παλινδρόμηση παρέχει τη δυνατότητα αποτύπωσης μιας καμπύλης με χρήση γραμμικής παλινδρόμησης.

7.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

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

1. Η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** μπορεί να χρησιμοποιείται για τη έρευνα της επιρροής των καιρικών συνθηκών και του κυκλοφοριακού φόρτου στο πλήθος των ατυχημάτων (για το σύνολο των οχημάτων) καθώς και των καιρικών συνθηκών στην επικινδυνότητα για τα δίκυκλα και στη σοβαρότητα του συνόλου των ατυχημάτων. Επιτρέπεται δε η ποσοτικοποίηση αυτής της επιρροής και μάλιστα με απεικόνιση σε μορφή καμπύλης.
2. Οι **έρευνες** που διενεργούνται κάθε έτος από τις αρμόδιες υπηρεσίες με στόχο την καταγραφή των ατυχημάτων και την αποτύπωση των τάσεων που επικρατούν (αυξητικές ή μειωτικές) θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη και την επιρροή των καιρικών συνθηκών προκειμένου να εκτιμάται καλύτερα η αποτελεσματικότητα των ληφθέντων μέτρων πρόληψης και αντιμετώπισης καθώς και η ασφάλεια του οδικού δικτύου.
3. Τα αρνητικά αποτελέσματα, κυρίως της βροχόπτωσης, μπορούν να αντιμετωπιστούν με τον **σωστό σχεδιασμό του οδικού δικτύου**. Παραδείγματος χάρη, σε ότι αφορά στην αυξημένη ολισθηρότητα, αυτή μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση των κατάλληλων αντλιοσθιρών στρώσεων του οδοστρώματος και με τον σωστό σχεδιασμό της οδού που θα επιτρέπει την αποτελεσματική απορροή των υδάτων. Επίσης είναι σημαντική η παρουσία και η ποιότητα σχεδιασμού και κατασκευής των οπτικών σημάτων καθοδήγησης όπως οι επισημάνσεις των επικινδύνων στροφών και τα όρια των λωρίδων κυκλοφορίας έτσι ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της μειωμένης ορατότητας των οδηγών.

4. Για την κατάλληλη υποστήριξη των αποφάσεων βελτίωσης της οδικής ασφάλειας είναι απαραίτητο να ικανοποιούνται για επαρκή χρονική περίοδο οι προδιαγραφές **ποιότητας των δεδομένων** που αφορούν στα οδικά ατυχήματα, στα μετεωρολογικά δεδομένα, και στους κυκλοφοριακούς φόρτους, ώστε να είναι εφικτός ο καλύτερος εντοπισμός των παραγόντων που επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα.
5. Επίσης είναι απαραίτητες **εκστρατείες ενημέρωσης** και ευαισθητοποίησης συγκεκριμένων ομάδων – στόχων των χρηστών του υπεραστικού οδικού δικτύου με κατάλληλα στοχευόμενα μηνύματα ενημέρωσης που θα αξιοποιούν τα αποτελέσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Πρέπει να τονίζεται ότι η προσοχή των οδηγών θα πρέπει να είναι επισημασμένη όταν κινούνται υπό το καθεστώς βροχής και υπό χαμηλές θερμοκρασίες (για τους αναβάτες δικύκλων).

7.4 ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας, είχε στόχο να διερευνήσει την επικινδυνότητα του υπεραστικού οδικού δικτύου και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων που πραγματοποιούνται σε αυτό. Στην παρούσα έρευνα διερευνήθηκε η επιρροή των καιρικών συνθηκών στην επικινδυνότητα και στη σοβαρότητα των ατυχημάτων του οδικού άξονα Πάτρα – Αθήνα – Θεσσαλονίκη – Εύζωνοι. Για την **ακόμα καλύτερη διερεύνηση** της επικινδυνότητας αλλά και της σοβαρότητας απαιτείται συλλογή πιο αναλυτικών και λεπτομερών δεδομένων των οχηματοχιλιομέτρων και των επιβατοχιλιομέτρων. Κατά συνέπεια θεωρείται ότι η εξέταση της επικινδυνότητας και της σοβαρότητας των ατυχημάτων του υπεραστικού δικτύου με τη χρήση ακόμα πιο λεπτομερών στοιχείων που αφορούν στα οχηματοχιλιόμετρα και στα επιβατοχιλιόμετρα μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο για μια ξεχωριστή έρευνα.

Ιδιαίτερα σε ότι αφορά στην **επικινδυνότητα** για το **σύνολο των οχημάτων**, για τα **επιβατικά** και για τα **φορτηγά – λεωφορεία**, πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω η συσχέτισή τους με τα καιρικά φαινόμενα εξετάζοντας και άλλες στατιστικές

μεθόδους. Η έρευνα μπορεί να επεκταθεί και σε άλλους τύπους παλινδρομήσεων εκτός από τη λογαριθμοκανονική. Επίσης θα ήταν χρήσιμο η έρευνα σχετικά με την κατανομή Poisson να προχωρήσει περισσότερο απ'ότι στην παρούσα Διπλωματική Εργασία. Τέλος, θα ήταν καλό να διευρυνθεί η βάση δεδομένων με την προσθήκη περισσότερων στοιχείων που θα καλύπτουν μεγαλύτερη χρονική περίοδο.

Τέλος, προκειμένου να διερευνηθεί η **συνολική επιρροή του καιρού** στο πλήθος των ατυχημάτων και στην επικινδυνότητα, θα ήταν χρήσιμο να προστεθούν και άλλες μεταβλητές στα πρότυπα πρόβλεψης – συσχέτισης (π.χ χιόνι, άνεμος, ομίχλη, κ.ο.κ). Έτσι θα είναι διαθέσιμη μια συνολικότερη εικόνα της επιρροής των καιρικών συνθηκών στα οδικά ατυχήματα. Ακόμα, επιπλέον μεταβλητές θα μπορούσαν να προστεθούν, οι οποίες να αφορούν στον τύπο του ατυχήματος και στα χαρακτηριστικά της οδού (φωτισμός, χάραξη, κ.ο.κ.).

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΓΙΩΤΗΣ Α., ΠΟΡΙΩΤΗΣ Ν. Ανάλυση και Ρύθμιση Φόρτων Αιχμής στη Ν.Ε.Ο Π.Α.Θ.Ε, Ταμείο Εθνικής Οδοποιίας – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Κοινό Ερευνητικό Πρόγραμμα, Αθήνα, 1990.
2. ΓΚΟΛΙΑΣ Ι., ΓΙΑΝΝΗΣ Γ. Παράμετροι Ασφαλείας των Ελληνικών Οδών, 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Λάρισα, Οκτώβριος 1995.
3. ΕΘΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ (Γ.Γ. ΕΣΥΕ), Οδικά ατυχήματα. Ειδική Ενημερωτική Έκδοση, Αθήνα, Αύγουστος 2001.
4. ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ανάπτυξη Στρατηγικού Σχεδιασμού για τη Βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας στην Ελλάδα 2001 – 2005, Αθήνα, Μάρτιος 2001.
5. ΚΑΡΛΑΥΤΗΣ Μ., Σημειώσεις Σεμιναρίων για την Εισαγωγή στη Μαθηματική Προτυποποίηση Συγκοινωνιακών Συστημάτων, Αθήνα, 2001.
6. ΚΟΚΟΛΑΚΗΣ Γ., ΣΠΗΛΙΩΤΗΣ Ι. Εισαγωγή στη θεωρία πιθανοτήτων και στατιστική, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 1991.
7. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ Δ., ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ Θ., Τεχνική Υδρολογία, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1997.
8. ΛΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Δ. Ανάπτυξη Προτύπου για τον Υπολογισμό των Οικονομικών Ωφελειών από τη Μείωση του Αριθμού των Οδικών Ατυχημάτων. Διπλωματική Εργασία, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π, Αθήνα, 2002.
9. ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ Θ., Εισαγωγή στην Τεχνική Υδρολογία, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 1990.

10. ΠΑΡΑΒΑΝΤΗΣ Γ. Ατυχήματα σε Εθνική οδό. Συσχέτιση με Στάθμη Εξυπηρέτησης, Νύκτα – Ημέρα και Καιρικές Συνθήκες. Διπλωματική Εργασία, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π, Αθήνα, 1984.
11. ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗΣ Ι.Μ., ΓΚΟΛΙΑΣ Ι.Κ. Οδική Ασφάλεια, Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1994.
12. ACZEL, A. Complete Business Statistics, McGraw – Hill International Editions, 1999.
13. ANDREY J., YAGAR, S. A temporal analysis of rain – related crash risk, Accident Analysis and Prevention 25(4), 465-472, 1993.
14. BAKER C.J., REYNOLDS S. Wind – induced accidents of road vehicles, Accident Analysis and Prevention 24(6), 559-575, 1992.
15. BAUER K.M., HARWOOD D.W. Statistical Models of At-Grade Intersection Accidents-Addendum FHWA-RD-99-094, Federal Highway Administration, 1988.
16. BRODSKY H., HAKKERT A.S. Risk of a road accident in rainy weather, Accident Analysis and Prevention 20(3), 161-176, 1988.
17. BRORSSON B., IFVER J., RYDGREN H. Injuries from single – vehicle crashes and snow depth, Accident Analysis and Prevention 20(5), 367-377, 1988.
18. CREEL M. Comparing models using information criteria, http://pareto.uab.es/omega/Project_001/notes/node168_ct.html, 2002.
19. EDWARDS J.B. Speed adjustment of motorway commuter traffic to inclement weather, Transportation Research Part F 2, 1-14, 1999.

20. FRIDSTROM L., IFVER J., INGEBRIGTSEN S., KULMALA R., and THOMSEN L.K. Measuring the contribution of randomness, exposure, weather, and daylight to the variation in road accident counts, *Accident Analysis and Prevention* 27(1), 1-20, 1995.
21. GOLIAS J., MATSOUKIS E., GIANNIS G. An analysis of factors affecting road safety: The Greek Experience. *Journal of the Institute of Transportation Engineers*, 1997.
22. GREENE W. *Econometric Analysis*. Macmillan Publishing Company, New York, 1993.
23. HAGIWARA T., ONODERA Y., FUJIWARA T., NAKATSUJI T., KAKU T. Road conditions and accidents in winter, 1st international symposium on surface characteristics, 442-453, 1988.
24. IVEY D.L., GRIFFIN L.I.III, NEWTON T.M., LYTTON R.L. Predicting wet weather accidents, *Accident Analysis and Prevention* 13, 83-99, 1981.
25. KHATTAK A.J., DE PALMA A. The impact of adverse weather conditions on the propensity to change travel decisions: A survey of Brussels commuters, *Transportation Research A* 31(3), 181-203, 1997.
26. NANKERVIS M. The effect of weather and climate on bicycle commuting, *Transportation Research Part A* 33, 417-431, 1999.
27. PAUWELUSSEN JP., DE VOS AP. Traffic safety under bad weather, 24th isata international symposium on automotive technology and automation, 687-694, 1991.
28. PELTOLA H., KANTONEN J. Experience on winter time road accidents, *Tie ja liikenne* 57(3), 11-14, 1987.
29. PERRY A.H., SYMONS L.J. *Highway meteorology*, E & FN Spon, 1991.

30. RUMAR, K. The Role of Perceptual and Cognitive Filters in Observed Behaviour. In Evans, Land Schwing, R.C Editors. Human Behaviour and Traffic Safety. Plenum Press, New York, 1985.
31. SABEY, B. Road Safety and Value of Money. Supplementary Report 581. Transport and Road Research Laboratory, England, 1980.
32. SCHANDERSSON R. Relationships between traffic accidents, road surface conditions and winter maintenance measures. Accident risks for different quantities of snow fall, Statens vaeg – och trafikinstitut, 1988.
33. SHANKAR V., MANNERING F., and BARFIELD W. Effect of roadway geometrics and environmental factors on rural freeway accident frequencies, Accident Analysis and Prevention 27(3), 371-389, 1995.
34. SMEED R. J. Some factors affecting visibility from a driver's seat and their effect on road safety, The British Journal of Physiological Optics 10(2), 63-85, 1953.
35. STEPHENS B.W., HATHERLY L.W. Report of subcommittee on wet – weather accident experience, human factors, and legal aspects, Conference for the prevention of wet – weather accidents on highways and airfields.
36. STERN E., ZEHAVI Y. Road safety and hot weather: A study in applied transport geography, Institute of British Geographers 15(1), 102-111, 1990.
37. Traffic accident risks in winter ii. Finland roads and waterways administration, 1987.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΞΟΔΟΥ R-PROJECT

R : Copyright 2002, The R Development Core Team
Version 1.6.1 (2002-11-01)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for a HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

[Previously saved workspace restored]

```
> load("C:/Program Files/R/rw1061/Poisson.RData")  
> glm (Accidents~DaysRainlog, family=poisson, data=Poisson.df)
```

Call: glm(formula = Accidents ~ DaysRainlog, family = poisson, data = Poisson.df)

Coefficients:
(Intercept) DaysRainlog
1.45383 0.03439

Degrees of Freedom: 254 Total (i.e. Null); 253 Residual
Null Deviance: 621.9
Residual Deviance: 621.8 **AIC: 1389**

```
> glm (Accidents~DaysTempcold, family=poisson, data=Poisson.df)
```

Call: glm(formula = Accidents ~ DaysTempcold, family = poisson, data = Poisson.df)

Coefficients:
(Intercept) DaysTempcold
1.55178 -0.02578

Degrees of Freedom: 254 Total (i.e. Null); 253 Residual
Null Deviance: 621.9
Residual Deviance: 602.1 **AIC: 1370**

```
> glm (Accidents~Avg.Tempsqr, family=poisson, data=Poisson.df)
```

```
Call: glm(formula = Accidents ~ Avg.Tempsqr, family = poisson, data = Poisson.df)
```

Coefficients:

```
(Intercept) Avg.Tempsqr  
1.473e+00 1.801e-05
```

Degrees of Freedom: 254 Total (i.e. Null); 253 Residual

Null Deviance: 621.9

Residual Deviance: 621.9 **AIC: 1390**

```
> glm (Accidents2wheels~Avg.Rain, family=poisson, data=Poisson.df)
```

```
Call: glm(formula = Accidents2wheels ~ Avg.Rain, family = poisson, data =  
Poisson.df)
```

Coefficients:

```
(Intercept) Avg.Rain  
-0.076069 0.008927
```

Degrees of Freedom: 254 Total (i.e. Null); 253 Residual

Null Deviance: 362.3

Residual Deviance: 362.3 **AIC: 697.7**

```
> glm (Accidents2wheels~DaysRainlog, family=poisson, data=Poisson.df)
```

```
Call: glm(formula = Accidents2wheels ~ DaysRainlog, family = poisson, data =  
Poisson.df)
```

Coefficients:

```
(Intercept) DaysRainlog  
0.1537 -0.3068
```

Degrees of Freedom: 254 Total (i.e. Null); 253 Residual

Null Deviance: 362.3

Residual Deviance: 359.9 **AIC: 695.3**

```
> glm (Accidents2wheels~Avg.Templog, family=poisson, data=Poisson.df)
```

```
Call: glm(formula = Accidents2wheels ~ Avg.Templog, family = poisson, data =  
Poisson.df)
```

Coefficients:

```
(Intercept) Avg.Templog  
-1.487 1.190
```

Degrees of Freedom: 254 Total (i.e. Null); 253 Residual

Null Deviance: 362.3

Residual Deviance: 348.1 **AIC: 683.5**

```
> glm (Accidentspassengercars~DaysRainsqr, family=poisson, data=Poisson.df)
```

```
Call: glm(formula = Accidentspassengercars ~ DaysRainsqr, family = poisson,  
data = Poisson.df)
```

Coefficients:

```
(Intercept) DaysRainsqr  
1.2410930 0.0001182
```

Degrees of Freedom: 254 Total (i.e. Null); 253 Residual

Null Deviance: 553.2

Residual Deviance: 553.1 **AIC: 1256**

```
> glm (Accidentspassengercars~Avg.Temp, family=poisson, data=Poisson.df)
```

```
Call: glm(formula = Accidentspassengercars ~ Avg.Temp, family = poisson, data  
= Poisson.df)
```

Coefficients:

```
(Intercept) Avg.Temp  
1.2351501 0.0008295
```

Degrees of Freedom: 254 Total (i.e. Null); 253 Residual

Null Deviance: 553.2

Residual Deviance: 553.2 **AIC: 1256**

```
> glm (Accidentspassengercars~Avg.Tempsqr, family=poisson, data=Poisson.df)
```

```
Call: glm(formula = Accidentspassengercars ~ Avg.Tempsqr, family = poisson,  
data = Poisson.df)
```

Coefficients:

```
(Intercept) Avg.Tempsqr  
1.267e+00 -5.673e-05
```

Degrees of Freedom: 254 Total (i.e. Null); 253 Residual

Null Deviance: 553.2

Residual Deviance: 553 **AIC: 1256**

```
> glm (Accidentspassengercars~DaysTempcoldsqr, family=poisson,  
data=Poisson.df)
```

Call: glm(formula = Accidentspassengercars ~ DaysTempcoldsqr, family = poisson,
data = Poisson.df)

Coefficients:

(Intercept)	DaysTempcoldsqr
1.310921	-0.001853

Degrees of Freedom: 254 Total (i.e. Null); 253 Residual

Null Deviance: 553.2

Residual Deviance: 528.3 **AIC: 1231**

```
> glm (Accidentspassengercars~Avg.Templog, family=poisson, data=Poisson.df)
```

Call: glm(formula = Accidentspassengercars ~ Avg.Templog, family = poisson,
data = Poisson.df)

Coefficients:

(Intercept)	Avg.Templog
1.0106	0.2031

Degrees of Freedom: 254 Total (i.e. Null); 253 Residual

Null Deviance: 553.2

Residual Deviance: 551.6 **AIC: 1255**