



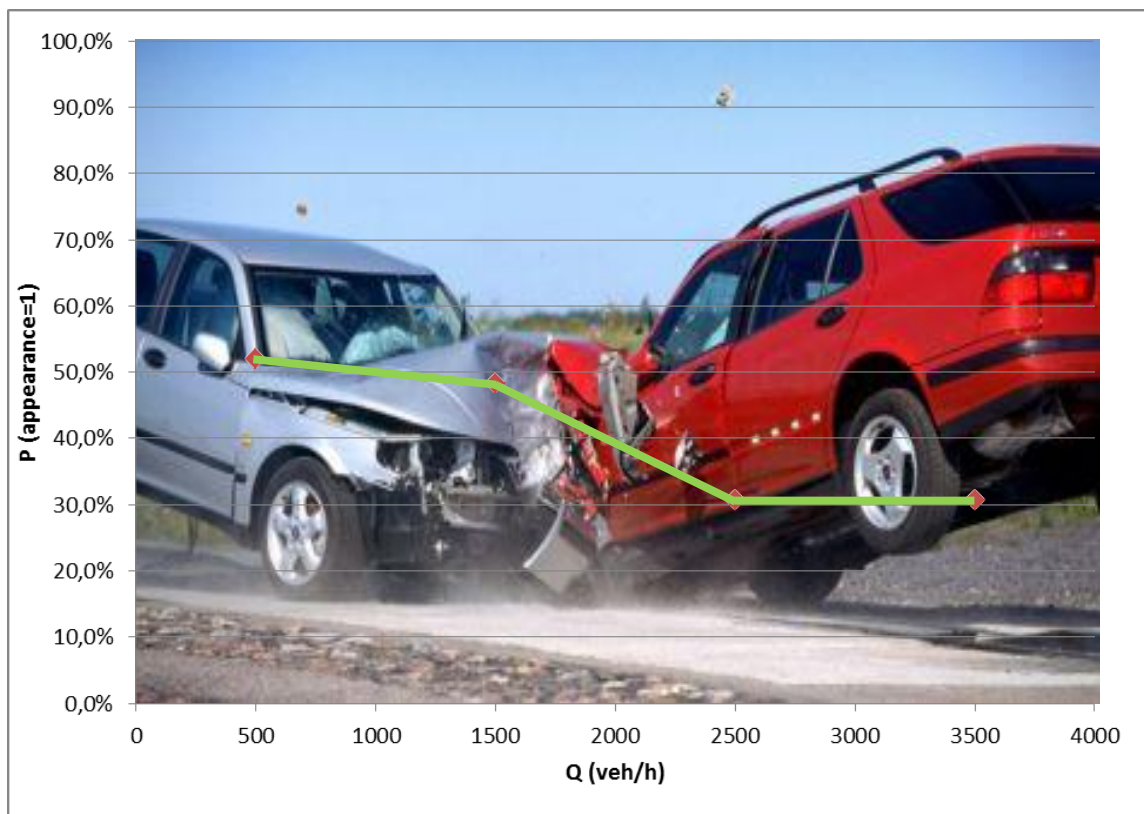
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΜΕ ΤΗ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Διπλωματική Εργασία



Απόστολος Ζιακόπουλος

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

Αθήνα, Μάρτιος 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Γιώργο Γιαννή, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. για την ανάθεση του θέματος, για την πολύτιμη καθοδήγησή του και για την εξαιρετική συνεργασία την οποία είχαμε σε όλα τα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας.

Παράλληλα, θέλω να ευχαριστήσω τον κ. Ιωάννη Γκόλια, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. και την κα. Ελένη Βλαχογιάννη, Λέκτορα της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., για τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις τους πάνω στην εργασία.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους εργαζόμενους στο Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας Αττικής, ανάμεσα στους οποίους τον κ. Θεόδωρο Βορβολάκο, προϊστάμενο του Κ.Δ.Κ., που κατέστησε ικανή τη συνεργασία με το Κ.Δ.Κ., τον κ. Δημήτρη Σερμπή, συγκοινωνιολόγο μηχανικό, για τις εύστοχες παρατηρήσεις του, και ιδιαίτερα τον κ. Αντώνη Χαζίρη, συγκοινωνιολόγο μηχανικό, και τον κ. Παύλο Πάγκο, χειριστή και τεχνικό, για την πολύτιμη βοήθειά τους κατά το στάδιο συλλογής κυκλοφοριακών δεδομένων.

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Αθανάσιο-Ιωάννη Θεοφιλάτο, Υποψήφιο Διδάκτορα, για τις συμβουλές και υποδείξεις του κατά τις αναλύσεις των δεδομένων. Επίσης ευχαριστώ τον κ. Παναγιώτη Παπαντωνίου, Υποψήφιο Διδάκτορα, για τη βοήθειά του σε τεχνικά ζητήματα σχετικά με τη λειτουργία των βάσεων δεδομένων ατυχημάτων.

Ένα ξεχωριστό ευχαριστώ οφείλω στην οικογένειά μου: τους γονείς μου, Νικόλαο και Νικολέττα Ζιακοπούλου και την αδερφή μου, Έλλη Ζιακοπούλου, για την αγάπη και τη στήριξη που μου προσφέρουν πάντα.

Ευχαριστώ όλους τους φίλους μου, μακρινούς και κοντινούς, συμφοιτητές και μη, για όλες τις όμορφες αλλά και τις δύσκολες στιγμές που περάσαμε και θα περάσουμε μαζί. Τέλος, ευχαριστώ τη συμφοιτήτριά μου Σοφία Γιόκαρη, που είναι δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια.

Αθήνα, Μάρτιος 2013

Απόστολος Ζιακόπουλος

*Do you really wanna be
Just another one statistic; Or feel*

*That you really should aspire
That you really do deserve more*

*Do you ever really feel
That you have so much potential inside*

*What you really have to give
Could be realized so much more*

- Iron Maiden, The Educated Fool

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΜΕ ΤΗ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Απόστολος Ζιακόπουλος

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

Σύνοψη:

Ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας είναι η συσχέτιση των κυκλοφοριακών μεγεθών με τη σοβαρότητα και την πιθανότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων. Για την επίτευξη των συγκεκριμένων στόχων συλλέχθηκαν δεδομένα για τα οδικά ατυχήματα που συνέβησαν στην λεωφόρο Κηφισίας στην Αθήνα κατά τη διάρκεια της πενταετίας 2006 - 2010 μέσω του Συστήματος Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Ε.Μ.Π.. Στη συνέχεια, τα στοιχεία οδικών ατυχημάτων συμπληρώθηκαν με τα αντίστοιχα κυκλοφοριακά δεδομένα της ταχύτητας και του κυκλοφοριακού φόρτου από το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας Αττικής. Για την ανάλυση αναπτύχθηκαν μαθηματικά μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης. Από την εφαρμογή των μοντέλων φαίνεται ότι η σοβαρότητα παθόντα οδικού ατυχήματος εξαρτάται από τον λόγο του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα, τον τύπο οχήματος και τον τύπο ατυχήματος. Όταν τα ατυχήματα διαχωρίζονται σε εντός και εκτός ωρών αιχμής, μόνο ο λόγος των κυκλοφοριακών μεγεθών εμφανίζεται ως στατιστικά σημαντικός παράγοντας επιρροής. Επιπλέον, ο κυκλοφοριακός φόρτος αποτελεί τη μόνη παράμετρο η οποία φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την πιθανότητα εμφάνισης οδικού ατυχήματος.

Λέξεις-κλειδιά: οδικά ατυχήματα, σοβαρότητα ατυχήματος, πιθανότητα ατυχήματος, λογιστική παλινδρόμηση

CORRELATION OF TRAFFIC CHARACTERISTICS WITH ROAD ACCIDENT SEVERITY AND PROBABILITY

Apostolos Ziakopoulos

Supervisor: George Yannis, Associate Professor N.T.U.A.

Abstract:

The objective of this Diploma Thesis is to correlate traffic characteristics with road accident severity and probability. In order to achieve these objectives, data concerning the road accidents occurred on Kifisias Avenue in Athens, Greece, during the period 2006 - 2010 were collected from the database of the Department of Transportation Planning and Engineering of the NTUA. Subsequently, traffic data were obtained from the Traffic Management Centre of Athens. For the analysis, logistic regression mathematical models were developed. The application of these models indicates that road accident severity is correlated with the logarithm of traffic density, the type of vehicle and the type of accident. When data are separated in two groups of peak and off-peak hour accidents, the parameter of traffic density is the only one appearing to be statistically significant. Furthermore, traffic volume is the only parameter found with a statistically significant impact on accident probability.

Keywords: road accidents, accident severity, accident probability, logistic regression

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συσχέτιση οδικών ατυχημάτων και κυκλοφοριακών μεγεθών αποτελεί ένα ιδιαίτερα σύνθετο φαινόμενο που απασχολεί επί δεκαετίες την επιστημονική κοινότητα. Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η προσπάθεια **συσχέτισης των κυκλοφοριακών μεγεθών με τη σοβαρότητα οδικών ατυχημάτων, αλλά και με την πιθανότητα εμφάνισής τους.**

Για **πρώτη φορά** στην Ελλάδα επιχειρείται η συσχέτιση της σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων και της πιθανότητας εμφάνισής τους με συνδυασμένα στοιχεία κυκλοφοριακού φόρτου και ταχύτητας σε μακροσκοπικό επίπεδο. Για την διερεύνηση της πιθανότητας εμφάνισης ατυχημάτων, πραγματοποιήθηκε η από κοινού εξέταση χρονικών περιόδων με και χωρίς ατυχήματα.

Αντίθετα με τις περισσότερες έρευνες παρόμοιου τύπου, οι οποίες προσεγγίζουν τα ερωτήματα συσχετίζοντας κάθε κυκλοφοριακό μέγεθος ξεχωριστά, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματοποιείται η **ταυτόχρονη συσχέτιση** των επιμέρους κυκλοφοριακών μεγεθών (ταχύτητα, κυκλοφοριακός φόρτος) με τη σοβαρότητα ατυχήματος, και διερευνάται η ταυτόχρονη συσχέτιση με την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος. Η ταυτόχρονη συσχέτιση επιδιώχθηκε διότι επιτρέπει την καλύτερη περιγραφή των σύνθετων αυτών φαινομένων.

Η **σοβαρότητα** ορίζεται ανά παθόντα οδικού ατυχήματος. Δηλαδή, θεωρείται μειωμένη (τιμή=0) όταν ο παθόντας είναι ελαφρά τραυματίας από το ατύχημα, και αυξημένη (τιμή=1) όταν ο παθόντας είναι νεκρός ή βαριά τραυματίας από το ατύχημα.

Αποφασίστηκε η έρευνα να πραγματοποιηθεί σε μακροσκοπικό επίπεδο με περιοχή μελέτης μία αστική λεωφόρο. Για αυτό τον σκοπό επιλέχθηκε η λεωφόρος Κηφισίας στην Αθήνα για περίοδο έρευνας την πενταετία 2006-2010. Για τη **συλλογή των απαραίτητων δεδομένων**, προσδιορίστηκε ο αριθμός και τα χαρακτηριστικά των οδικών ατυχημάτων μέσω του Συστήματος Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων (Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.) του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Ε.Μ.Π.. Μέσω αυτών των στοιχείων ανακτήθηκαν, για όσα ατυχήματα ήταν δυνατόν να

καθοριστεί η ακριβής θέση, κυκλοφοριακά δεδομένα από το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Κ.Δ.Κ.) σε ωριαία βάση.

Για τη **στατιστική επεξεργασία** των αποκτηθέντων δεδομένων και την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων για τη σοβαρότητα αλλά και την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος επιλέχθηκε, μετά από διερεύνηση, η μέθοδος της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης (logistic regression). Κύριος λόγος για αυτή την επιλογή ήταν ότι και τις δύο φορές οι ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν διακριτές και λάμβαναν τιμές ανάμεσα σε δύο κατηγορίες.

Από τη **στατιστική ανάλυση προέκυψαν** τα τελικά μαθηματικά μοντέλα που αποτυπώνουν τη συσχέτιση μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν. Επισημαίνεται ότι η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών του γενικού μοντέλου σοβαρότητας ατυχημάτων στην εξαρτημένη μεταβλητή της σοβαρότητας παθόντα προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της σχετικής επιρροής.

Η **σχετική επιρροή** χρησιμοποιήθηκε ως μέγεθος ικανό να αναδείξει την επιρροή της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά. Ο υπολογισμός της βασίστηκε στη θεωρία της ψευδοελαστικότητας, επειδή η εξαρτημένη μεταβλητή ήταν διακριτή.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζεται η επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο τελικό γενικό μοντέλο σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων και οι τιμές των συντελεστών τους, β_i , για τα τρία μοντέλα σοβαρότητας και το μοντέλο εμφάνισης ατυχημάτων.

Ανεξάρτητες μεταβλητές		Γενικό μοντέλο σοβαρότητας			Μοντέλο σοβαρότητας εντός ωρών αιχμής	Μοντέλο σοβαρότητας εκτός ωρών αιχμής
		β_i	Σχετική Επιρροή		β_i	β_i
			e_i	e_i^*		
Λογάριθμος (κυκλοφοριακός φόρτος προς ταχύτητα)		-0,510	-0,556	-1,000	-1,309	-1,454
Τύποι οχημάτων	Δίκυκλο	-1,525	-0,718	-1,291		
Τύποι ατυχημάτων	Εκτροπή από την οδό	-2,056	-0,829	-1,490		
	Νωτομετωπική σύγκρουση	-1,751	-0,771	-1,387		

Κατηγορίες Κυκλοφοριακού Φόρτου (Εύρος Τιμών [οχ./ώρα])	Συντελεστές β _i
Qcat(1) (0000-1000)	0,897
Qcat(2) (1001-2000)	0,749
Qcat(3) (2001-3000) και Qcat(*) (3001+)	0,000

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτει για το γενικό μοντέλο σοβαρότητας το είδος και το μέγεθος της επιρροής που έχει κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή στην εξαρτημένη. Για τα υπόλοιπα μοντέλα παρουσιάζονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές οι οποίες τελικώς βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές στην προσπάθεια πρόβλεψης της εξαρτημένης. Τα αποτελέσματα της παραπάνω ανάλυσης οδήγησαν σε μια **σειρά συμπερασμάτων**, όπως εκείνα που ακολουθούν.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι **ο λόγος του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα έχει ευθεία επιρροή στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων**. Επιπλέον, η σοβαρότητα των ατυχημάτων εξαρτάται από τον τύπο οχήματος και τον τύπο ατυχήματος όταν τα δεδομένα εξετάζονται συνολικά (γενικό μοντέλο σοβαρότητας). Όταν τα ατυχήματα εξεταστούν χωριστά, δηλαδή εντός και εκτός ωρών αιχμής, η σοβαρότητα των ατυχημάτων εξαρτάται μόνο από τον λόγο των παραπάνω κυκλοφοριακών μεγεθών.

Και στα τρία μαθηματικά μοντέλα στατιστικής ανάλυσης της σοβαρότητας ατυχήματος προκύπτει τελικώς ότι **αύξηση του λόγου του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα οδηγεί σε μείωση της σοβαρότητας στα οδικά ατυχήματα**. Επιπλέον, είναι δυνατόν να διαχωριστεί μέσω των ιδιοτήτων των λογαρίθμων ο λόγος στα αρχικά μεγέθη της ταχύτητας και του κυκλοφοριακού φόρτου ώστε να μελετηθεί ξεχωριστά η επιρροή του καθενός.

Ο **βαθμός επιρροής** των εξετασθέντων παραμέτρων στη σοβαρότητα παθόντων οδικών ατυχημάτων προέκυψε από τη θεωρία της ψευδοελαστικότητας. Από την ανάλυση αυτή προέκυψαν τα εξής:

Τη μεγαλύτερη επιρροή στη σοβαρότητα παθόντων οδικών ατυχημάτων έχουν συγκεκριμένοι τύποι ατυχημάτων. Ειδικότερα, η εκτροπή από την οδό και η

νωτομετωπική σύγκρουση εμφανίζονται να μειώνουν περισσότερο τις πιθανότητες για σοβαρά παθόντα. Αυτό το αποτέλεσμα ενδεχομένως εξηγείται από από τη φυσική των οδικών ατυχημάτων και τη μορφή των συγκρούσεων.

Την αμέσως μικρότερη επιρροή εμφανίζουν τα οχήματα τα οποία ανήκουν στην κατηγορία των δικύκλων. Η μείωση στη σοβαρότητα παθόντα με την εμφάνιση αυτής της μεταβλητής ενδεχομένως εξηγείται από την εμφάνιση πολλών μικροατυχημάτων με δίκυκλα στην περιοχή έρευνας, τα οποία έχουν αυξημένο αριθμό ελαφρά τραυματιών σε σχέση με τον αριθμό των νεκρών και των τραυματιών.

Τα κυκλοφοριακά μεγέθη, με τη μορφή του λόγου του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα παρουσιάζουν τη μικρότερη σχετική επιρροή στη σοβαρότητα παθόντων οδικών ατυχημάτων. Αυτό σε μια πρώτη ανάγνωση καταδεικνύει το γεγονός ότι οι τύποι των οχημάτων και ατυχημάτων επηρεάζουν περισσότερο τη συχνότητα εμφάνισης της κάθε κατηγορίας παθόντων σε ένα ατύχημα.

Επιπλέον, **στα επιμέρους μοντέλα για τις ώρες εντός και εκτός αιχμής εμφανίζεται μόνο ο λόγος των κυκλοφοριακών μεγεθών ως στατιστικά σημαντική μεταβλητή** για τη σοβαρότητα των παθόντων. Συνεπώς συμπεραίνεται ότι τα μεγέθη τα οποία περιγράφουν την κυκλοφορία στην οδό παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην περιγραφή της συχνότητας εμφάνισης της κάθε κατηγορίας παθόντων σε ένα ατύχημα.

Αξίζει να αναφερθεί ότι εξετάστηκαν **αρκετές ανεξάρτητες μεταβλητές** οι οποίες αποκτήθηκαν μέσω του Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. αλλά τελικά δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές ώστε να συμπεριληφθούν σε κάποιο μοντέλο. Αυτές είναι η ώρα ατυχήματος, το έτος ατυχήματος, ο αριθμός λωρίδων ατυχήματος, οι συνθήκες φωτισμού ατυχήματος, ο νυχτερινός φωτισμός ατυχήματος, οι ατμοσφαιρικές συνθήκες ατυχήματος, το πλάτος οδοστρώματος, η ηλικία οδηγού και το φύλο οδηγού και η κατάληψη της οδού.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε επίσης ότι η πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος εξαρτάται από τον κυκλοφοριακό φόρτο. Παρά το γεγονός ότι εξετάστηκαν πολλές μεταβλητές σε διάφορες μορφές, η ανάλυση έδειξε ότι ο κατηγοριοποιημένος

κυκλοφοριακός φόρτος είναι η μόνη μορφή των κυκλοφοριακών δεδομένων η οποία συσχετίζεται με την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος και οδηγεί σε στατιστικά σημαντικό μοντέλο.

Σε χαμηλούς **κυκλοφοριακούς φόρτους**, η αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου οδηγεί σε οριακή μείωση της πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος. Σε μεσαίες τιμές του κυκλοφοριακού φόρτου εμφανίζεται πτώση της πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος. Από ένα σημείο και έπειτα, για μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους, η πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος σταθεροποιείται.

Κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας επιβεβαιώθηκε ότι η επιρροή των κυκλοφοριακών μεγεθών στη σοβαρότητα και στην πιθανότητα των οδικών ατυχημάτων αποτελεί **πολυσύνθετο φαινόμενο**, για το οποίο μάλιστα τα αποτελέσματα των ερευνών διεθνώς δεν συγκλίνουν πάντα.

Τα αποτελέσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι **δυνατό να γενικευτούν** ώστε να ισχύουν σε άλλες περιοχές εκτός από την περιοχή έρευνας. Πριν από οποιαδήποτε γενίκευση όμως, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν απαραίτητες προσαρμογές για πιθανές διαφοροποιήσεις στον τύπο της οδού και της κυκλοφορίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	Γενική Ανασκόπηση	1
1.2	Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας.....	9
1.3	Μεθοδολογία.....	11
1.4	Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	14
2.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	16
2.1	Γενικά	16
2.2	Συναφείς έρευνες και μεθοδολογίες.....	16
2.2.1	Η επιρροή της ταχύτητας στην πιθανότητα εμφάνισης και στη σοβαρότητα οδικού ατυχήματος	16
2.2.2	Η επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου στην πιθανότητα εμφάνισης και στη σοβαρότητα οδικού ατυχήματος	24
2.2.3	Μελέτη εμφάνισης οδικού ατυχήματος ως εξαρτώμενο από κυκλοφοριακά, καιρικά και γεωμετρικά μεγέθη με χρήση περιπτώσεων μη-ατυχημάτων	32
2.3	Σύνοψη.....	34
3.	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	36
3.1	Γενικά	36
3.2	Βασικές στατιστικές έννοιες	36
3.3	Συσχέτιση μεταβλητών – Συντελεστής συσχέτισης.....	39
3.4	Κανονική Κατανομή	39
3.5	Μαθηματικά Πρότυπα.....	40
3.5.1	Γραμμική Παλινδρόμηση	40
3.5.2	Λογιστική Παλινδρόμηση.....	42
3.5.3	Εκτίμηση των παραμέτρων	44
3.6	Διαδικασία ανάπτυξης και αποδοχής μοντέλου	45
3.7	Λειτουργία του ειδικού στατιστικού λογισμικού	51
4.	ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	54
4.1	Εισαγωγή.....	54
4.2	Συλλογή Δεδομένων	54
4.2.1	Σύστημα Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων (Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.)	54
4.2.2	Βάση Δεδομένων Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Κ.Δ.Κ.).....	63

4.3	Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία	78
4.4	Επεξεργασία Στοιχείων με το ειδικό λογισμικό.....	88
5.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	95
5.1	Γενικά	95
5.2	Ανάπτυξη και εφαρμογή γενικού μοντέλου σοβαρότητας ατυχημάτων.....	97
5.2.1	Δεδομένα εισόδου – Καθορισμός μεταβλητών.....	97
5.2.2	Παραγωγή περιγραφικής στατιστικής.....	99
5.2.3	Συσχέτιση των μεταβλητών	99
5.2.4	Επιλογή της μεθόδου παλινδρόμησης – Παρουσίαση αποτελεσμάτων μοντέλου	104
5.2.5	Περιγραφή αποτελεσμάτων μοντέλου	117
5.2.6	Εξήγηση αποτελεσμάτων μοντέλου	119
5.2.7	Ανάλυση ελαστικότητας μοντέλου	124
5.2.8	Ανάλυση ευαισθησίας μοντέλου	126
5.3	Ανάπτυξη και εφαρμογή μοντέλων σοβαρότητας ατυχημάτων εντός και εκτός ωρών αιχμής.....	130
5.3.1	Παραγωγή περιγραφικής στατιστικής.....	131
5.3.2	Επιλογή της μεθόδου παλινδρόμησης – Παρουσίαση αποτελεσμάτων μοντέλων	132
5.3.3	Περιγραφή αποτελεσμάτων μοντέλων.....	136
5.3.4	Εξήγηση αποτελεσμάτων μοντέλων	136
5.4	Σύγκριση μοντέλων σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων	138
5.5	Ανάπτυξη και εφαρμογή μοντέλων πιθανότητας εμφάνισης ατυχημάτων.....	140
5.5.1	Δεδομένα εισόδου – Καθορισμός μεταβλητών.....	141
5.5.2	Παραγωγή περιγραφικής στατιστικής.....	142
5.5.3	Επιλογή της μεθόδου παλινδρόμησης – Παρουσίαση αποτελεσμάτων μοντέλων	143
5.5.4	Περιγραφή αποτελεσμάτων μοντέλων χαμηλών και υψηλών ταχυτήτων ...	152
5.5.5	Περιγραφή αποτελεσμάτων τελικού μοντέλου πιθανότητας εμφάνισης ατυχημάτων.....	155
5.5.6	Εξήγηση αποτελεσμάτων τελικού μοντέλου	155
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	159
6.1	Σύνοψη Αποτελεσμάτων	159
6.2	Συνολικά Συμπεράσματα.....	162

6.3	Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας	164
6.4	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	166
7.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	168
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	172
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	185

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.1:	Θάνατοι από οδικά ατυχήματα στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το έτος 2001.....	2
Διάγραμμα 1.2:	Θάνατοι από οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο κατοίκων για όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σύγκριση ετών 2001 και 2011.	3
Διάγραμμα 1.3:	Θάνατοι από οδικά ατυχήματα νέων ανά εκατομμύριο νέων κατοίκων και μη νέων ανά εκατομμύριο μη νέων κατοίκων για όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μέσος όρος ετών 2008, 2009 και 2010.	4
Διάγραμμα 1.4:	Εξέλιξη αριθμού νεκρών στα οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα 2000-2010 και ο στόχος της Ε.Ε για την ίδια περίοδο.....	5
Διάγραμμα 1.5:	Ποσοστό θνησιμότητας με βάση την ταχύτητα σύγκρουσης για τρεις διαφορετικούς τύπους ατυχημάτων.....	7
Διάγραμμα 1.6:	Συσχέτιση κυκλοφοριακού φόρτου και ετήσιου αριθμού συγκρούσεων σε ομάδα ομοειδών κόμβων.	8
Διάγραμμα 1.7:	Αύξηση παρασύρσεων πεζών σε σχέση με την αύξηση κυκλοφοριακού φόρτου.	8
Διάγραμμα 1.8:	Στάδια εκπόνησης Διπλωματικής Εργασίας.....	13
Διάγραμμα 2.1:	Δείκτης ατυχημάτων εξαρτώμενος από τη διακύμανση της ταχύτητας μεμονωμένου οχήματος από το επιτρεπόμενο όριο της οδού.	18
Διάγραμμα 2.2:	Μέσος ετήσιος αριθμός ατυχημάτων σε κόμβο εξαρτώμενος από τους κυκλοφοριακούς φόρτους οδών που συντρέχουν σε αυτόν.	27
Διάγραμμα 2.3:	Συσχέτιση δείκτη ατυχημάτων με στάθμη εξυπηρέτησης (λόγος V/C) για δύο ομάδες ατυχημάτων σε δύο οδικά τμήματα.	30
Διάγραμμα 3.1:	Ευθεία ελαχίστων τετραγώνων.....	44
Διαγράμματα 3.2 και 3.3:	Παραδείγματα υψηλού και χαμηλού συντελεστή R^2	49
Διάγραμμα 4.1:	Συσχέτιση κυκλοφοριακών μεγεθών και πλήθους οδικών ατυχημάτων.....	80
Διάγραμμα 4.2:	Συσχέτιση λόγου κυκλοφοριακών μεγεθών και αθροιστικού πλήθους ατυχημάτων.....	82

Διάγραμμα 4.3: Συσχέτιση λόγου κυκλοφοριακών μεγεθών και αθροιστικού πλήθους σοβαρά παθόντων.....	83
Διάγραμμα 5.1: Πιθανότητα ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα εάν εμπλακεί σε ατύχημα εκτροπής από την οδό	127
Διάγραμμα 5.2: Πιθανότητα ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα εάν εμπλακεί σε ατύχημα νωτομετωπικής σύγκρουσης.....	127
Διάγραμμα 5.3: Πιθανότητα ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα εάν εμπλακεί σε ατύχημα άλλου τύπου.....	128
Διάγραμμα 5.4: Πιθανότητα ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα εάν εμπλακεί σε ατύχημα με δίκυκλο.....	128
Διάγραμμα 5.5: Πιθανότητα ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα εάν εμπλακεί σε ατύχημα με άλλο τύπο οχήματος.....	129
Διάγραμμα 5.6: Συγκριτική απεικόνιση των επιμέρους μοντέλων σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων.....	139
Διάγραμμα 5.7: Πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος εξαρτώμενη από τις κατηγορίες κυκλοφοριακού φόρτου	156

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 4.1: Αρχική οθόνη Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. – Επιλογή διατύπωσης ερωτήματος.....	57
Εικόνα 4.2: Επιλογή έκδοσης Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.	58
Εικόνα 4.3: Επιλογή μετρούμενης μονάδας (αρχείου προς προσπέλαση)	58
Εικόνα 4.4: Περιγραφή ατυχημάτων προς ανάκτηση.....	58
Εικόνα 4.5: Επιλογή χαρακτηριστικών ομαδοποίησης ατυχημάτων.....	59
Εικόνα 4.6: Διατύπωση τελικού ερωτήματος.....	59
Εικόνα 4.7: Αναφορά στοιχείων τελικού ερωτήματος.....	59
Εικόνα 4.8: Ενδεικτικό αρχείο πίνακα αποτελεσμάτων.....	60
Εικόνα 4.9: Το εσωτερικό της κεντρικής αίθουσας του Κ.Δ.Κ.	64
Εικόνες 4.10 και 4.11: Απλός επαγωγικός βρόχος σε σχεδιαστική απεικόνιση και μετά την εγκατάσταση.....	65
Εικόνα 4.12: Παράδειγμα εισαγωγής δεδομένων στο λογισμικό.....	89
Εικόνα 4.13: Παράδειγμα καθορισμού μεταβλητών στο λογισμικό.....	89
Εικόνα 4.14: Εξαγωγή περιγραφικών στατιστικών.....	90
Εικόνες 4.15 και 4.16: Επιλογή επιθυμητών μεταβλητών και στατιστικών μεγεθών.....	90
Εικόνα 4.17: Διαδικασία συσχέτισης μεταβλητών.....	91
Εικόνα 4.18: Επιλογή μεταβλητών και είδους συσχέτισης.....	92
Εικόνα 4.19: Επιλογή λογιστικής παλινδρόμησης.....	92

Εικόνα 4.20: Επιλογή μεταβλητών και μεθόδου εισαγωγής τους.....	93
Εικόνα 4.21: Επιλογή κατηγορικών ανεξάρτητων μεταβλητών.....	94
Εικόνα 4.22: Επιλογές λογιστικής παλινδρόμησης.....	94

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Αύξηση πιθανότητας ατυχήματος σε σχέση με δεδομένη αύξηση ταχύτητας για διάφορες σοβαρότητες και ταχύτητες.	22
Πίνακας 3.1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t.	47
Πίνακας 4.1: Μεταβλητές που αντλούνται από το Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.	61-62
Πίνακας 4.2: Ενδεικτική μέτρηση κυκλοφοριακών δεδομένων από το Κ.Δ.Κ.	67
Πίνακας 4.3: Πρόσθετες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν.....	71
Πίνακας 4.4: Τελικός πίνακας στοιχείων ατυχημάτων.....	74
Πίνακας 4.5: Τελικός πίνακας στοιχείων παθόντων.....	75
Πίνακες 4.6 και 4.7: Τελικοί πίνακες στοιχείων παθόντων ωρών αιχμής και εκτός αιχμής...76	
Πίνακας 4.8: Τελικός πίνακας στοιχείων για την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος.....	77
Πίνακας 4.9: Ατυχήματα και παθόντες ανά έτος.....	78
Πίνακας 4.10: Πλήθος οδικών ατυχημάτων συσχετισμένο με ομαδοποιημένα κυκλοφοριακά μεγέθη.....	79
Πίνακας 4.11: Πλήθος σοβαρά παθόντων συσχετισμένο με ομαδοποιημένα κυκλοφοριακά μεγέθη.....	81
Πίνακας 4.12: Πλήθος οδικών ατυχημάτων συσχετισμένα με χαρακτηριστικά οδηγών.....	83
Πίνακας 4.13: Πλήθος οδικών ατυχημάτων συσχετισμένα με συνθήκες καιρού και φωτισμού.....	84
Πίνακας 4.14: Πλήθος σοβαρά παθόντων συσχετισμένο με συνθήκες καιρού και φωτισμού.....	85
Πίνακας 4.15: Πλήθος οδικών ατυχημάτων συσχετισμένα με τύπους οχημάτων και ατυχημάτων.....	86
Πίνακας 4.16: Πλήθος σοβαρά παθόντων συσχετισμένο με τύπους οχημάτων και ατυχημάτων.....	87
Πίνακας 5.1: Περιγραφική στατιστική λόγου κυκλοφοριακών μεγεθών γενικού μοντέλου σοβαρότητας ατυχημάτων	99
Πίνακας 5.2: Συντελεστές συσχέτισης συνεχών μεταβλητών.....	101
Πίνακας 5.3: Συντελεστές συσχέτισης διακριτών και διατεταγμένων μεταβλητών.....	102
Πίνακας 5.4: Συντελεστές συσχέτισης του συνόλου των μεταβλητών.....	103
Πίνακας 5.5: Κωδικοποίηση διακριτών μεταβλητών και κατηγορίες αναφοράς.....	117

Πίνακας 5.6: Σχετική επιρροή ανεξάρτητων μεταβλητών στο γενικό μοντέλο σοβαρότητας ατυχημάτων.....	125
Πίνακας 5.7: Περιγραφική στατιστική λόγου κυκλοφοριακών μεγεθών μοντέλου σοβαρότητας ατυχημάτων εντός ωρών αιχμής.....	131
Πίνακας 5.8: Περιγραφική στατιστική λόγου κυκλοφοριακών μεγεθών μοντέλου σοβαρότητας ατυχημάτων εκτός ωρών αιχμής.....	132
Πίνακας 5.9: Περιγραφική στατιστική κυκλοφοριακών μεγεθών μοντέλων πιθανότητας εμφάνισης ατυχημάτων.....	142
Πίνακας 6.1: Συντελεστές β_i και σχετική επιρροή ανεξάρτητων μεταβλητών στα μοντέλα σοβαρότητας ατυχημάτων.....	161
Πίνακας 6.2: Συντελεστές β_i κατηγοριών κυκλοφοριακού φόρτου στο μοντέλο πιθανότητας εμφάνισης ατυχημάτων.....	161

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική Ανασκόπηση

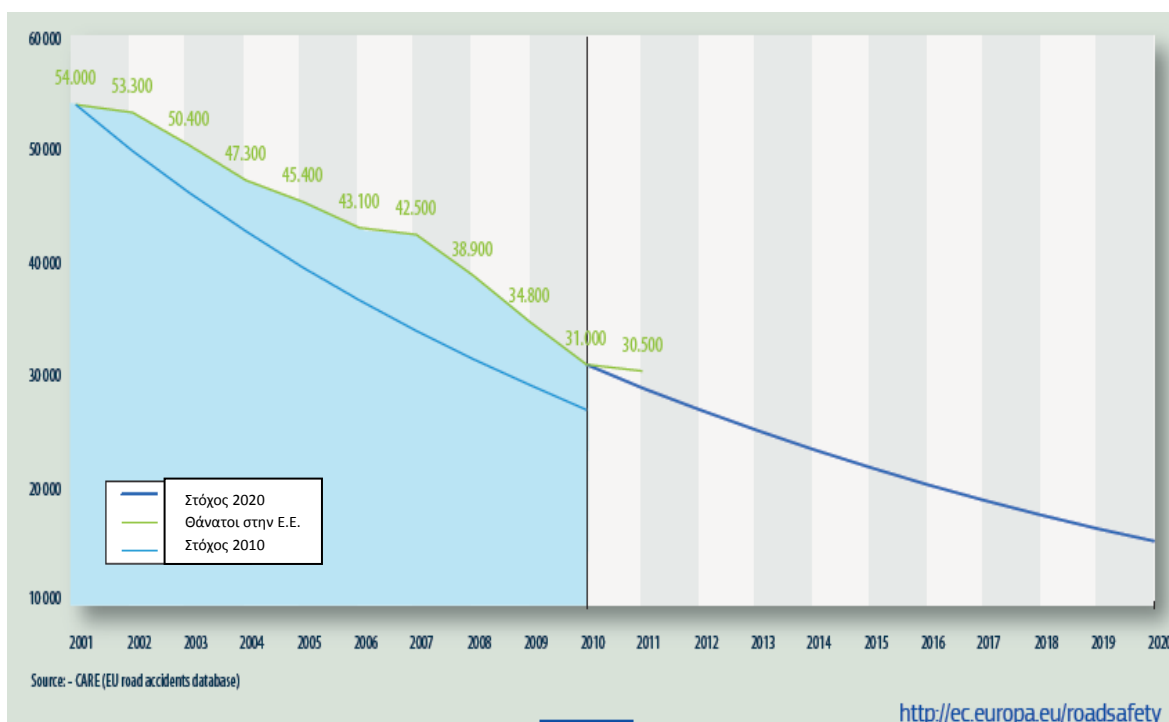
Οι **οδικές μετακινήσεις** αποτελούν πλέον αναπόσπαστο κομμάτι κάθε σύγχρονης κοινωνίας και ορόσημο της εξέλιξης της τεχνολογίας και του γενικότερου τρόπου ζωής. Καθήκον του συγκοινωνιολόγου μηχανικού και καίριο αντικείμενο της επιστήμης του είναι η παροχή στους χρήστες οδικού περιβάλλοντος που εξασφαλίζει τις ασφαλείς, ταχείες, οικονομικές και άνετες μετακινήσεις προσώπων και αγαθών.

Το **ζήτημα της ασφάλειας** βρίσκεται εδώ και αρκετά χρόνια στο επίκεντρο εκτεταμένων ερευνών, καθώς η ευρεία διάδοση και χρήση των σύγχρονων οδικών συστημάτων έχει οδηγήσει σε καθημερινές απώλειες ανθρώπινων ζωών και τραυματισμούς. Τα οδικά ατυχήματα έχουν καταστεί η κύρια αιτία θανάτου στις νεαρές ηλικίες (15 έως 29 έτη) και αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό ατυχημάτων στις μεταφορές γενικότερα (United Nations, 2011). Στην Ελλάδα το έτος 2011 υπήρξαν 1.141 νεκροί, 1.626 βαριά τραυματίες και 15.633 ελαφρά τραυματίες σε 13.849 ατυχήματα (Ε.Μ.Π., 2012).

Οι χαμένες ζωές και το μεγάλο οικονομικό, κοινωνικό και ψυχικό **κόστος** που επιφέρουν τα οδικά ατυχήματα τα επιβάλλουν πλέον ως ζήτημα το οποίο χρήζει ευθείας αντιμετώπισης και βρίσκεται στις άμεσες προτεραιότητες χωρών στην Ευρώπη αλλά και παγκοσμίως. Σε αυτή την κατεύθυνση έχουν ληφθεί πρωτοβουλίες σε εθνικά και ευρωπαϊκά επίπεδα. Φιλόδοξο παράδειγμα αποτελεί το «Όραμα Μηδέν» (Vision Zero) το οποίο ξεκίνησε από τη Σουηδία και έχει ως σκοπό τον μηδενισμό των θανάτων από οδικά ατυχήματα έως το έτος 2020 (Vision Zero Initiative, 2012).

Στο πλαίσιο αυτό, έχει αρχίσει από το 2001 από τα 25 κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης ένα **μεγαλεπήβολο σχέδιο** με σκοπό τη μείωση των θανάτων από τα οδικά ατυχήματα. Ο αρχικός στόχος ήταν η μείωση, έως το 2010, κατά 50% των νεκρών των οδικών ατυχημάτων. Οι στόχοι που είχαν τεθεί για το έτος 2010 δεν επετεύχθησαν πλήρως, και εμφανίζονται στο διάγραμμα 1.1.

Η Ελλάδα ανήκει στις χώρες που δεν πέτυχαν πλήρως τον στόχο, παρουσιάζοντας μείωση μόνο 32% (ETSC, 2011). Το **νέο σχέδιο** της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ανακοινώθηκε το 2011 και πλέον έχουν τεθεί ως νέοι στόχοι η μείωση των νεκρών και των τραυματιών στα ατυχήματα κατά 50% έως το έτος 2020. Επιπλέον, η δεκαετία 2011-2020, έχει χαρακτηριστεί από τον Ο.Η.Ε. ως «δεκαετία για δράσεις οδικής ασφάλειας» (Decade of action for road safety).



Διάγραμμα 1.1: Θάνατοι από οδικά ατυχήματα στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το έτος 2001
 Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2012

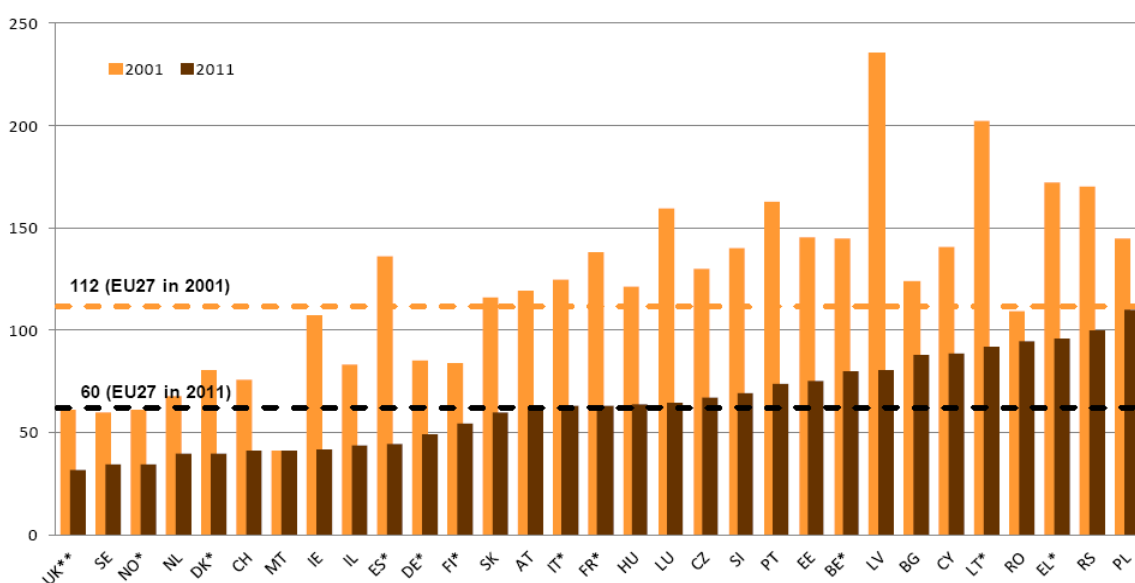
Στην Ελλάδα έχει εκπονηθεί το **1^ο Στρατηγικό Σχέδιο** για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα την περίοδο 2001-2005 από τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής (Τ.Μ.Σ.Υ.) του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (Ε.Μ.Π., 2001). Ο στόχος του 1^{ου} Στρατηγικού Σχεδίου ήταν η μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα, σε σχέση με τον αριθμό των νεκρών του έτους 2000, κατά 20% έως το έτος 2005 και κατά 40% έως το έτος 2015.

Το **2^ο Στρατηγικό Σχέδιο** για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα (2006 - 2010), εκπονήθηκε από τον ΤΜΣΥ του ΕΜΠ και ολοκληρώθηκε τον Δεκέμβριο του 2005, για λογαριασμό του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών. (Ε.Μ.Π., 2005). Το 2^ο Στρατηγικό Σχέδιο έθεσε νέους στόχους προς εφαρμογή, με την μείωση

των ετήσιων νεκρών από οδικά ατυχήματα από 2.037 το έτος 2000 σε 1.018 το έτος 2010, οι οποίοι συμβάδίζουν με τις επιδιώξεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

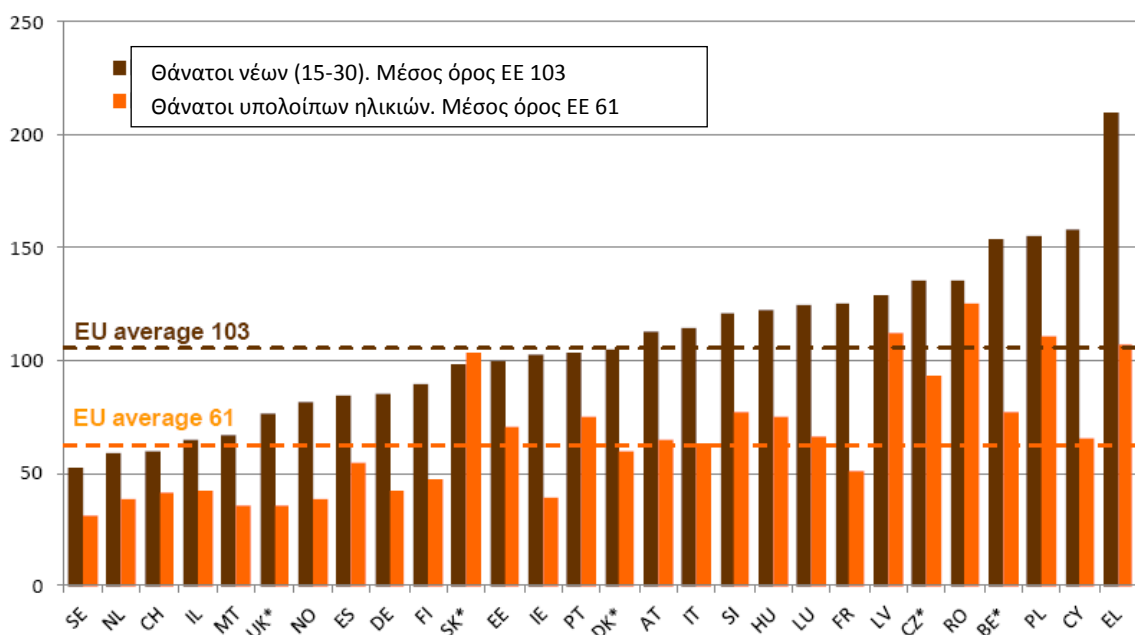
Με την λήξη της περιόδου του 2^{ου} Στρατηγικού Σχεδίου, εκπονήθηκε το **3^ο Στρατηγικό Σχέδιο** από τον ΤΜΣΥ του ΕΜΠ για λογαριασμό του Υπουργείου Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων (Υπ.ΥΠΟ.ΜΕ.ΔΙ.) (Ε.Μ.Π., 2011). Σκοπός του έργου είναι η βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα για την περίοδο 2011 - 2020, με συγκεκριμένες δράσεις και έχοντας πάντα υπόψη την επίτευξη του ευρωπαϊκού στόχου στην Ελλάδα, ο οποίος εξειδικεύεται σε νέα μείωση του αριθμού νεκρών των οδικών ατυχημάτων κατά 50% το έτος 2020 σε σχέση με αυτόν του έτους 2010, δηλαδή σε περίπου 640 νεκρούς

Το μεγάλο απαιτούμενο ποσοστό μείωσης καταδεικνύει την προσπάθεια που πρέπει να καταβάλλει η Ελλάδα στον τομέα της οδικής ασφάλειας τα επόμενα χρόνια, όπως άλλωστε και τα **συμπεράσματα** που προκύπτουν **από στατιστικές αναλύσεις** των δεδομένων από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Δυστυχώς η Ελλάδα κατατάσσεται στις πλέον μη ασφαλείς οδικά χώρες σταθερά τα τελευταία χρόνια. Το έτος 2010 σημειώθηκε αρνητική πρώτη θέση στον αριθμό των θανάτων από οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο κατοίκων, παρά τις γενικότερες βελτιώσεις από το έτος 2001 (ETSC, 2011). Το έτος 2011 η Ελλάδα κατατάσσεται κοντά στην κορυφή των χωρών με τα περισσότερα θύματα, στην τρίτη θέση, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 1.2 που ακολουθεί.



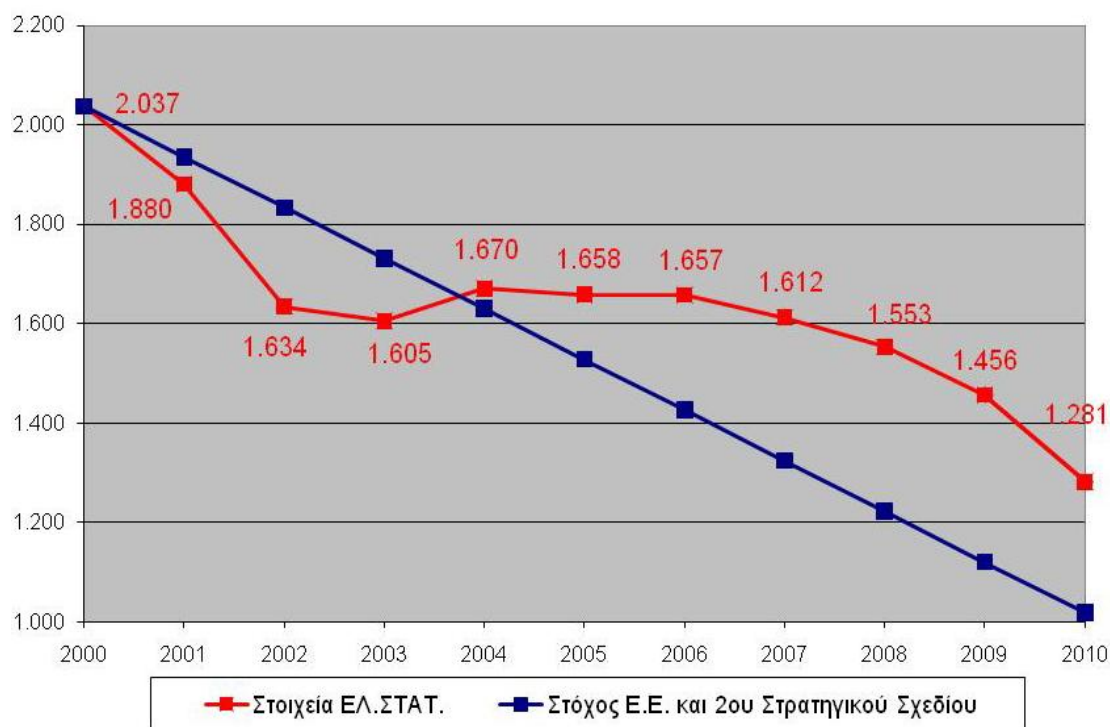
Διάγραμμα 1.2: Θάνατοι από οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο κατοίκων για όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σύγκριση ετών 2001 και 2011. (Η Ελλάδα έχει σήμανση EL). Πηγή: ESTC, 2012.

Ένα ακόμη ανησυχητικό γεγονός είναι η **αυξημένη θνησιμότητα των νέων** (ηλικίας 15 έως 30 ετών). Σύμφωνα με την ίδια έρευνα, η Ελλάδα έχει και σε αυτό τον τομέα αρνητική πρώτη θέση, όπου η πιθανότητα θανάτου των νέων είναι τετραπλάσια της αντίστοιχης πιθανότητας στη Σουηδία.



Διάγραμμα 1.3: Θάνατοι από οδικά ατυχήματα νέων ανά εκατομμύριο νέων κατοίκων και μη νέων ανά εκατομμύριο μη νέων κατοίκων για όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μέσος όρος ετών 2008, 2009 και 2010. (Η Ελλάδα είναι η πρώτη από δεξιά - σήμανση EL). Πηγή: ESTC, 2012.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, με την πάροδο των ετών παρατηρείται μια **πτωτική τάση** στους αριθμούς των οδικών ατυχημάτων και των αντίστοιχων θυμάτων, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 1.4. Ενδεχομένως όμως αυτή η τάση να οφείλεται στην επιρροή της τρέχουσας οικονομικής κρίσης παρά σε βελτίωση της οδικής ασφάλειας, γεγονός που σημαίνει ότι σε καιρούς οικονομικής ανάκαμψης τα ατυχήματα και τα θύματα σε αυτά ίσως αυξηθούν ξανά. Είναι απαραίτητο συνεπώς να υπάρχει καλή γνώση των αιτιών των οδικών ατυχημάτων ώστε η αντιμετώπισή τους να έχει τα ζητούμενα αποτελέσματα.



Διάγραμμα 1.4: Εξέλιξη αριθμού νεκρών στα οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα 2000-2010 και ο στόχος της Ε.Ε για την ίδια περίοδο. Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ., ETSC, 2011. Επεξεργασία: Τ.Μ.Σ.Υ/Ε.Μ.Π

Είναι γενικώς αποδεκτό ότι **τρεις κύριοι παράγοντες** οδηγούν στα οδικά ατυχήματα. Κατά σειρά προτεραιότητας είναι:

- **Ο χρήστης** (εμπειρία, ψυχολογικές ή κοινωνικές ιδιαιτερότητες, συμπεριφορά)
- **Η οδός** και το περιβάλλον οδήγησης (γεωμετρικά χαρακτηριστικά, κατασκευαστική διαμόρφωση, ύπαρξη συγχωρητικού περιβάλλοντος, επίπεδο συντήρησης, χαρακτηριστικά και ρυθμίσεις κυκλοφορίας, άλλες συνθήκες (καιρός, φωτισμός κ.α.))
- **Το όχημα** (εξοπλισμός, διαμόρφωση, ενεργητική και παθητική ασφάλεια)

Στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει **συμβολή δύο ή περισσότερων** παραγόντων που συντελούν σε ένα οδικό ατύχημα. Το σύνθετο και περίπλοκο περιβάλλον των οδών, καθώς και η έλλειψη επαρκών καταγραφικών μηχανισμών δεν επιτρέπει την αναλυτική εξέταση των συνθηκών του ατυχήματος και τη διάγνωση των ακριβών αιτιών του. Το γεγονός όμως ότι έχει διαπιστωθεί η σημασία της συμβολής

διαφόρων παραγόντων τονίζει την επιτακτική ανάγκη διερεύνησης των επιμέρους συσχετίσεών τους.

Για την εξέταση των οδικών ατυχημάτων με σκοπό τη μείωση των νεκρών και των τραυματιών και τον διαχωρισμό των ατυχημάτων με σοβαρά παθόντες από εκείνα με υλικές ζημιές μόνο, εισάγεται η **έννοια της σοβαρότητας ατυχήματος**. Η σοβαρότητα ορίζεται ως μία κλίμακα κατάταξης κάθε οδικού ατυχήματος ανάλογα με τα θύματα και την κατάστασή τους. Ο συνήθης διαχωρισμός είναι ο ακόλουθος, αν και η έννοια παγκοσμίως ενδέχεται να διαφοροποιηθεί ανάλογα με τις ανάγκες και το περιεχόμενο της εκάστοτε έρευνας.

Τα οδικά ατυχήματα κατατάσσονται συνεπώς, σύμφωνα με τη σοβαρότητά τους σε:

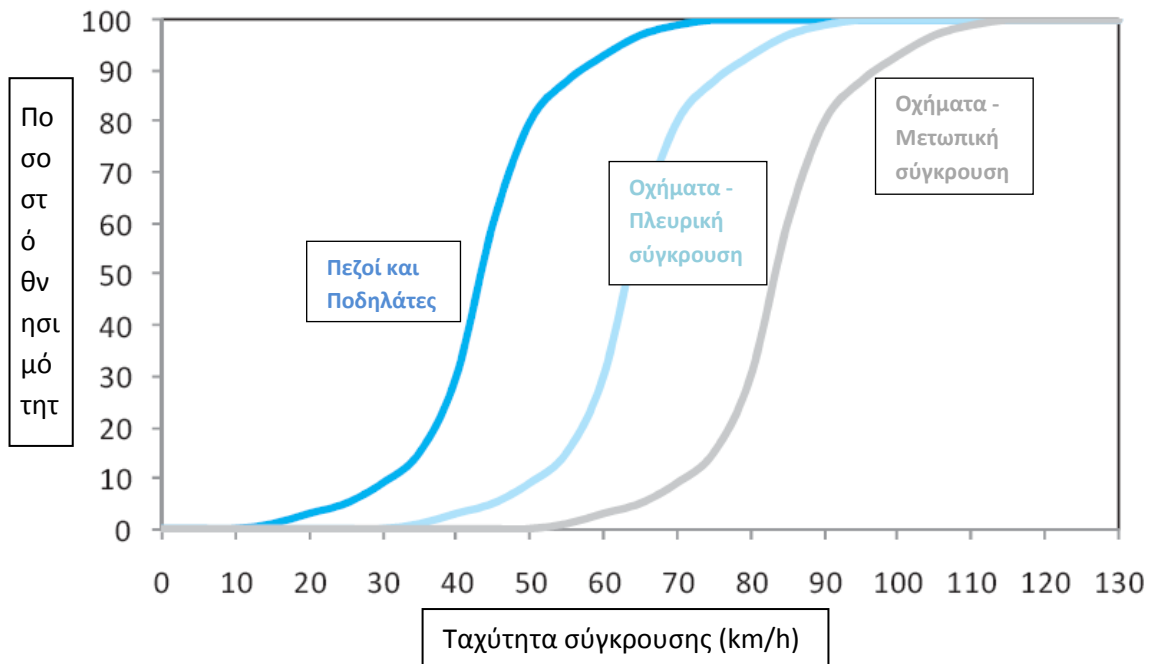
- **Θανατηφόρα** ατυχήματα
- Ατυχήματα με **σωματικές βλάβες** (δυνατή η περαιτέρω διάκριση σε βαρείες και ελαφρές βλάβες)
- Ατυχήματα με **υλικές ζημιές μόνο**

Επισημαίνεται το γεγονός ότι διεθνώς ως **νεκρός** θεωρείται κάποιος εμπλεκόμενος σε οδικό ατύχημα ο οποίος πεθαίνει σε περίοδο εντός τριάντα ημερών από τη στιγμή του ατυχήματος, και όχι απαραίτητα ακαριαία. Πολλές φορές η σοβαρότητα χρησιμοποιείται ως δείκτης επικινδυνότητας σε ομάδα ατυχημάτων και ορίζεται ως το πηλίκο του συνόλου των νεκρών προς το σύνολο των ατυχημάτων ή των τραυματιών.

Η εξέταση της **επιρροής των κυκλοφοριακών μεγεθών** στα οδικά ατυχήματα αποτελεί καίριο βήμα προς την κατεύθυνση της μείωσης του πλήθους αλλά και της σοβαρότητάς τους. Μέσω άμεσων επεμβάσεων, όπως κυκλοφοριακές ρυθμίσεις ή μειώσεις ορίων ταχύτητας, είναι πιθανή η ελάττωση των συμβάντων αυτών με όφελος τις λιγότερες απώλειες ζώων και την επίτευξη των εθνικών και ευρωπαϊκών στόχων.

Η επιρροή της **ταχύτητας** των οχημάτων στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων είναι εμφανής, ακόμη και διαισθητικά, και έχει εξεταστεί εκτεταμένα σε έρευνες διεθνώς. Στο διάγραμμα 1.5 παρουσιάζεται το ποσοστό θνησιμότητας σε σχέση με την ταχύτητα σύγκρουσης για τρεις διαφορετικές περιπτώσεις. Διαπιστώνεται ότι

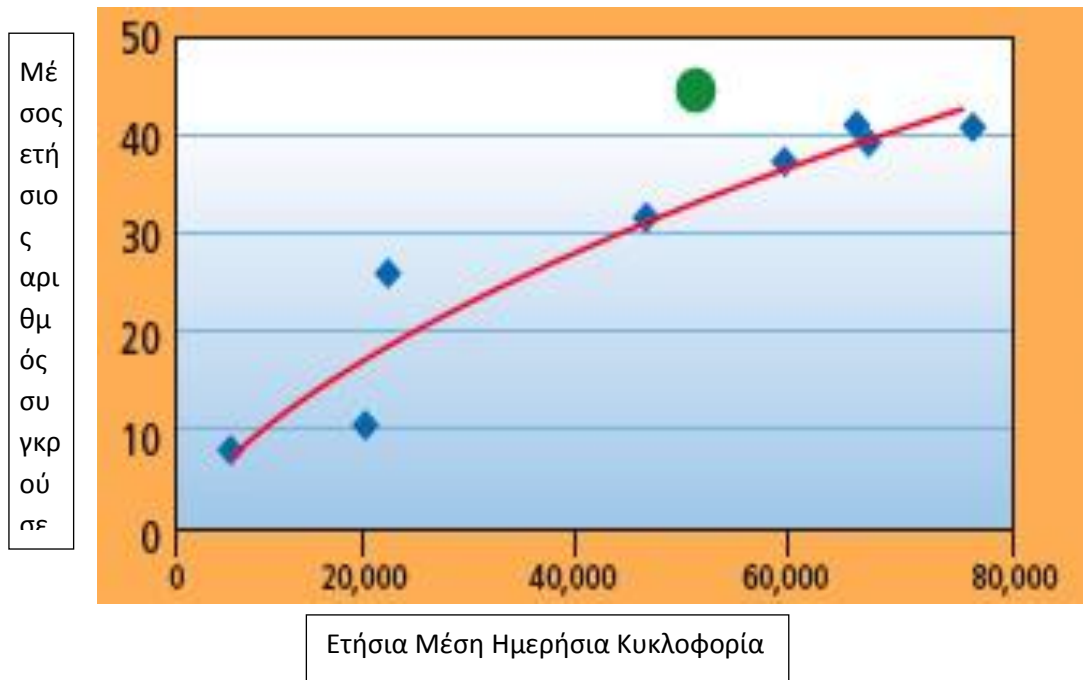
για απροστάτευτους πεζούς ή ποδηλάτες, η πιθανότητα θανάτου από σύγκρουση με όχημα αυξάνεται ραγδαία από ταχύτητες 30 km/h και άνω. Για επιβάτες οχημάτων αυτή η πιθανότητα αυξάνεται ραγδαία από 50 km/h και άνω για πλευρικές συγκρούσεις, και από 70 km/h για μετωπικές συγκρούσεις, και στις δύο περιπτώσεις υπό την προϋπόθεση ότι αυτοί είναι επαρκώς ασφαλισμένοι.



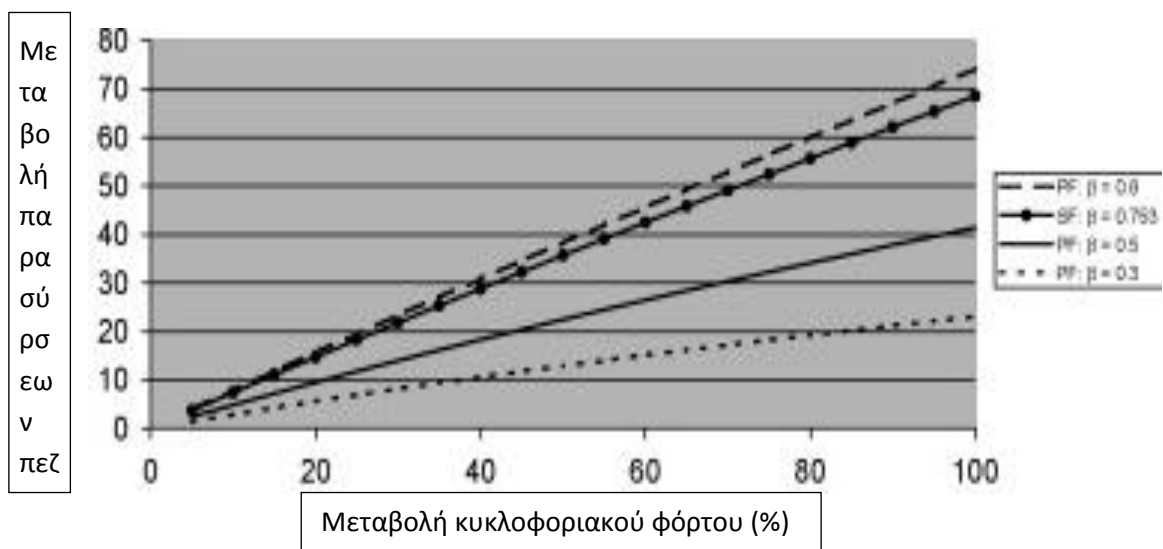
Διάγραμμα 1.5: Ποσοστό θνησιμότητας με βάση την ταχύτητα σύγκρουσης για τρεις διαφορετικούς τύπους ατυχημάτων. Πηγή: International Transport Forum, 2008

Αξιοσημείωτα αποτελέσματα παρουσιάζουν έρευνες για την επιρροή του **κυκλοφοριακού φόρτου** στην πιθανότητα εμφάνισης και στη σοβαρότητα οδικών ατυχημάτων. Ως κυκλοφοριακός φόρτος (traffic volume) ορίζεται ο συνολικός αριθμός οχημάτων που διέρχονται από μία διατομή οδού στη μονάδα του χρόνου. Ακολουθώντας, στο διάγραμμα 1.6 παρουσιάζεται η μαθηματική συσχέτιση μεταξύ της συχνότητας ατυχημάτων και του φόρτου (F.H.W.A., 2005). Η συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ομάδα οδικών κόμβων με παρόμοια χαρακτηριστικά. Εν προκειμένω, ο κυκλοφοριακός φόρτος εκφράζεται μέσω της Ετήσιας Μέσης Ημερήσιας Κυκλοφορίας (Ε.Μ.Η.Κ.), η οποία ισούται με το σύνολο των οχημάτων που διέρχονται από μία διατομή οδού κατά τη διάρκεια ενός έτους διαιρεμένο με το σύνολο των ημερών του έτους.

Στο διάγραμμα 1.7 εμφανίζεται η **συσχέτιση** μεταξύ της αύξησης του κυκλοφοριακού φόρτου και των παρασύρσεων πεζών που είχαν ως αποτέλεσμα τραυματισμούς μέσω έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο Σαν Φρανσίσκο των Ηνωμένων Πολιτειών. Όλα τα μοντέλα (πρότυπα) δείχνουν αύξηση των παρασύρσεων πεζών (Wier et al, 2009).



Διάγραμμα 1.6: Συσχέτιση κυκλοφοριακού φόρτου και ετήσιου αριθμού συγκρούσεων σε ομάδα ομοειδών κόμβων. Πηγή: U.S. Federal Highway Administration (FHWA, 2005)



Διάγραμμα 1.7: Αύξηση παρασύρσεων πεζών σε σχέση με την αύξηση κυκλοφοριακού φόρτου. Πηγή: Wier et al, 2009

Στην προσπάθεια για μια αποτύπωση του περιβάλλοντος οδήγησης η οποία να βρίσκεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην πραγματικότητα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η **ταυτόχρονη συσχέτιση των κυκλοφοριακών μεγεθών** της ταχύτητας (μέση ή ατομική) και του φόρτου με την πιθανότητα εμφάνισης και τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων. Η διερεύνηση των επιρροών δύο εκ των κυριότερων κυκλοφοριακών μεγεθών στα θύματα των οδικών ατυχημάτων και η έκφρασή τους σε μοντέλα (πρότυπα) είναι ικανή να οδηγήσει σε λύσεις προς τη σωστή κατεύθυνση και με τα επιθυμητά αποτελέσματα. Μολαταύτα, στη διεθνή βιβλιογραφία παρατηρούνται ελλείψεις όσον αφορά στην έρευνα σε αυτή την κατεύθυνση.

Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, κρίνεται χρήσιμη η **διερεύνηση της ταυτόχρονης επιρροής** των κυκλοφοριακών μεγεθών της ταχύτητας και του κυκλοφοριακού φόρτου στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων, ενδεχομένως σε συνδυασμό επιρροή πρόσθετων χαρακτηριστικών ατυχημάτων. Επιπλέον, η χρήση περιοχής έρευνας και δεδομένων από την Ελλάδα θα επιτρέψει την εμβάθυνση σε πιθανές ιδιαιτερότητες και στην απόκτηση γνώσης η οποία ενδεχομένως να συμβάλλει στην επίτευξη των εθνικών και ευρωπαϊκών στόχων.

1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο 1.1, **αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η ταυτόχρονη συσχέτιση κυκλοφοριακών μεγεθών και άλλων χαρακτηριστικών των οδικών ατυχημάτων με τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.** Ως κυκλοφοριακά μεγέθη προς διερεύνηση επιλέχθηκαν η ταχύτητα και ο φόρτος διότι σύμφωνα και με τη διεθνή βιβλιογραφία είναι δύο από τα σημαντικότερα αίτια οδικών ατυχημάτων.

Επιπλέον, εκτός από τις επιρροές των κυκλοφοριακών μεγεθών, θα διερευνηθεί πιθανή **επιρροή άλλων χαρακτηριστικών** των οδικών ατυχημάτων στη σοβαρότητά τους. Συνεπώς κρίνεται απαραίτητη η απόκτηση μεγάλου πλήθους διαφορετικών δεδομένων και χαρακτηριστικών για κάθε οδικό ατύχημα. Επίσης, είναι απαραίτητο να αποκλειστούν άλλα αίτια μεταβολής των παραμέτρων οδικής ασφάλειας,

προκειμένου οι συσχετίσεις που θα προκύψουν να αντιπροσωπεύουν την πραγματικότητα.

Στο πλαίσιο των παραπάνω ερωτημάτων, θεωρήθηκε ενδιαφέρουσα η επιπλέον εξέταση των συνθηκών οι οποίες οδηγούν σε ατυχήματα με τραυματίες ή νεκρούς, ανεξάρτητα από τη σοβαρότητά τους. Ως δευτερεύων στόχος τίθεται η διερεύνηση της **πιθανότητας εμφάνισης οδικού ατυχήματος** συσχετισμένη με τα προαναφερθέντα κυκλοφοριακά μεγέθη, και πιθανώς όσα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων προκύψουν ότι επηρεάζουν.

Για αυτό το σκοπό θα επιλεγεί **συγκεκριμένη περιοχή έρευνας** και άντλησης δεδομένων, η οποία θα παρουσιάζει παρόμοια χαρακτηριστικά στο σύνολό της. Τα δεδομένα θα πρέπει να έχουν πλήθος επαρκές για στατιστική ασφάλεια και ικανό για την υποστήριξη και εξαγωγή συμπερασμάτων. Ομοίως, κρίνεται δόκιμο τα δεδομένα να καλύπτουν μια περίοδο ετών περισσότερων του ενός, ώστε να αποφευχθούν τυχόν ιδιαιτερότητες κάποιου συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος.

Η ποσοτικοποίηση των συσχετίσεων υπό ανάλυση απαιτεί την επιλογή **κατάλληλων μεθόδων επεξεργασίας** δεδομένων. Επιμέρους στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί και η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου το οποίο θα εκφράζει επαρκώς τις συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών υπό εξέταση.

Τα **μοντέλα (πρότυπα)** που θα προκύψουν έπειτα από την επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων θα επιτρέψουν την ποσοτικοποίηση της επιρροής της ταχύτητας και του κυκλοφοριακού φόρτου στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων, καθώς και τη συμβολή χαρακτηριστικών του ίδιου του ατυχήματος στη σοβαρότητά του. Εκτός από το μοντέλο το οποίο θα αφορά στο σύνολο του δείγματος θα δημιουργηθούν και δύο πρόσθετες εκφάνσεις του, μία για τις ώρες αιχμής (peak) και μία για τις ώρες εκτός αιχμής (off peak). Τέλος, επιδιώκεται να αναπτυχθεί μοντέλο το οποίο θα συσχετίζει τα κυκλοφοριακά μεγέθη με την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος (αντί της σοβαρότητας), διότι θεωρείται ως μια ενδιαφέρουσα περιοχή προς διερεύνηση.

Τα μοντέλα που θα αναπτυχθούν καθώς και τα συμπεράσματα τα οποία θα απορρέουν από αυτά αναμένεται να **βοηθήσουν στην κατανόηση** των συνθηκών του οδικού περιβάλλοντος οι οποίες οδηγούν σε οδικό ατύχημα με θανάτους και σοβαρές απώλειες ή τραυματισμούς. Επιδιώκεται η παραχθείσα γνώση να συμβάλλει στην προσπάθεια μείωσης των νεκρών στην Ελλάδα, μέσω των κατάλληλων επεμβάσεων και μέτρων. Επομένως, ως απώτερος σκοπός τίθεται η προστασία όσων το δυνατό περισσότερων χρηστών οδών και η επίτευξη των εθνικών και ευρωπαϊκών στόχων οδικής ασφάλειας.

1.3 Μεθοδολογία

Στο υποκεφάλαιο αυτό περιγράφεται συνοπτικά η **μεθοδολογία** η οποία ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας για την επίτευξη του στόχου της.

Το αρχικό στάδιο υλοποιήθηκε με τον **καθορισμό του αντικειμένου** προς εξέταση καθώς και τον επιδιωκόμενο στόχο. Για την επίτευξη του στόχου πραγματοποιήθηκε ευρεία βιβλιογραφική ανασκόπηση. Αναζητήθηκαν, δηλαδή, έρευνες με θέμα συναφές με εκείνο της Διπλωματικής Εργασίας τόσο σε ελληνικό, όσο και σε διεθνές επίπεδο. Οι γνώσεις από τις έρευνες αυτές θα φαίνονταν χρήσιμες τόσο στην επιλογή μεθόδου συλλογής στοιχείων, όσο και στην επιλογή μεθόδου ανάλυσης αυτών.

Έπειτα από τη μελέτη των αποτελεσμάτων της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, πραγματοποιήθηκε η **συλλογή δεδομένων**. Αυτό το στάδιο χωρίστηκε σε δύο επιμέρους δραστηριότητες. Αρχικά, για την εύρεση των στοιχείων και χαρακτηριστικών ατυχημάτων, αξιοποιήθηκε το Σύστημα Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων (Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.), το οποίο έχει δημιουργηθεί από τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

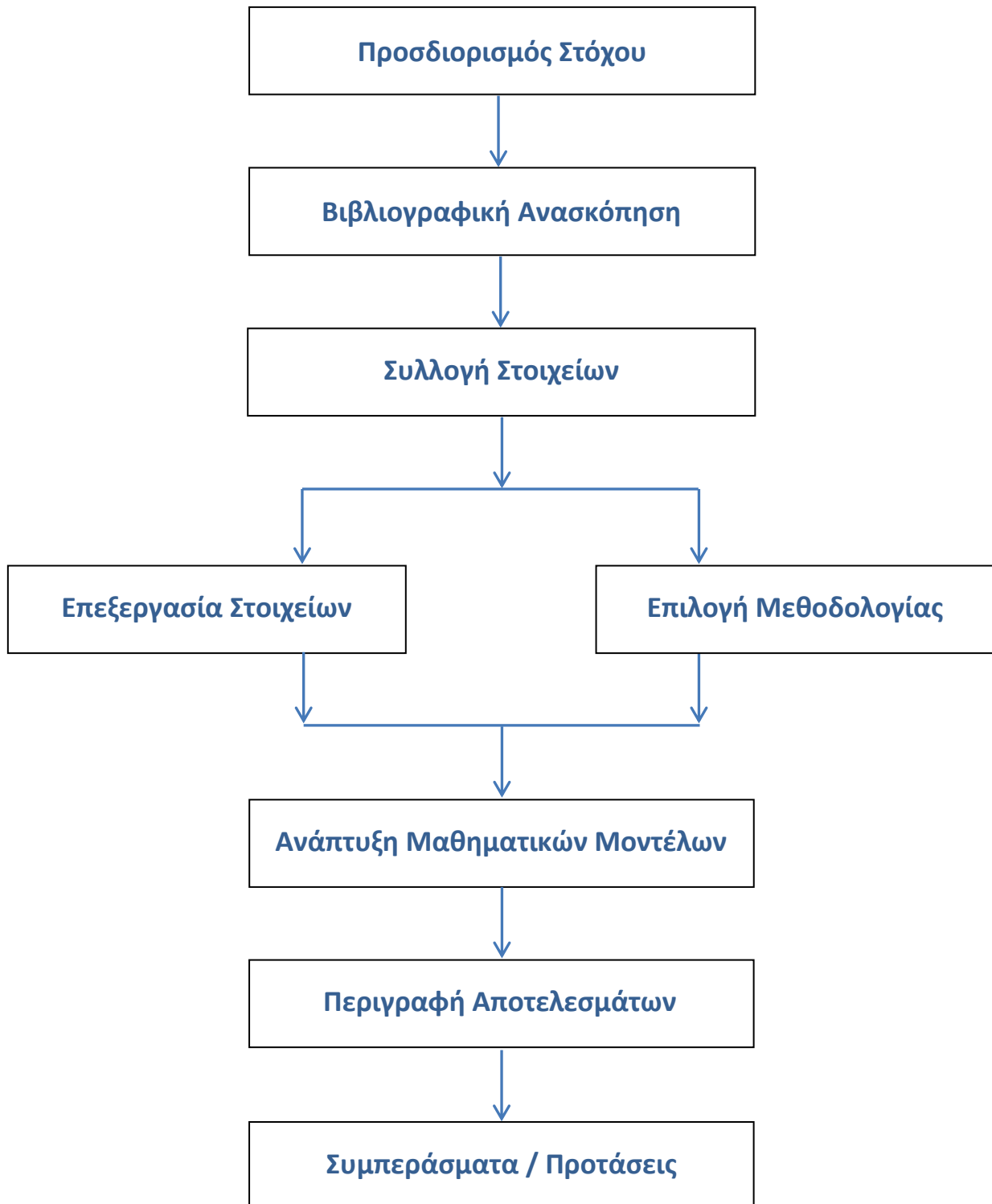
Σε αυτό το σημείο αποφασίστηκε η τελική περιοχή έρευνας. Επιλέχθηκαν οι **αστικές λεωφόροι**. Ακολούθησε δειγματοληπτική έρευνα μέσω του Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α., όπου και καθορίστηκε η λεωφόρος Κηφισίας ως η περιοχή έρευνας για την Διπλωματική Εργασία.

Το δεύτερο σκέλος της φάσης συλλογής δεδομένων υλοποιήθηκε στο Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Κ.Δ.Κ.). Μέσω των βάσεων δεδομένων του Κ.Δ.Κ. **αντλήθηκαν τα κυκλοφοριακά στοιχεία** τα οποία είχαν μετρηθεί με τον μηχανικό εξοπλισμό του και αντιστοιχούσαν στην τοποθεσία και τη χρονική στιγμή καθενός από τα ατυχήματα τα οποία προέκυψαν από το Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.. Ο συνδυασμός των δύο σειρών δεδομένων και η μορφοποίησή τους οδήγησε στην τελική μορφή των κεντρικών πινάκων που χρησιμοποιήθηκαν μετέπειτα, κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας.

Η **επεξεργασία των στοιχείων** πραγματοποιήθηκε με κατάλληλη κωδικοποίηση και εισαγωγή τους στο ειδικό λογισμικό στατιστικής επεξεργασίας. Μετά από την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου, η οποία προέκυψε η λογιστική παλινδρόμηση, και ύστερα από διορθωτική επεξεργασία στα δεδομένα, αναπτύχθηκαν τα τελικά μαθηματικά πρότυπα προς επίτευξη των ορισθέντων στόχων της Διπλωματικής Εργασίας. Ακολούθησε η παρουσίαση των αποτελεσμάτων, όπου περιγράφεται η επιρροή των υπό εξέταση μεγεθών στη σοβαρότητα και την πιθανότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων.

Τέλος, **εξάχθηκαν συμπεράσματα** από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν για τα ερωτήματα της έρευνας και τα γενικότερα υπό εξέταση προβλήματα και διατυπώθηκαν προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται υπό μορφή διαγράμματος ροής τα **διαδοχικά στάδια** που ακολουθήθηκαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας.



Διάγραμμα 1.8: Στάδια εκπόνησης Διπλωματικής Εργασίας

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται συνοπτικά η **δομή** της Διπλωματικής Εργασίας μέσω περιλήψεων των κεφαλαίων της, για διευκόλυνση και καλύτερη κατανόηση του αναγνώστη.

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή και περιλαμβάνει τη γενικότερη πραγματικότητα της οδικής ασφάλειας σε ελληνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο μέσω παράθεσης διαγραμμάτων και στατιστικών στοιχείων, καθώς και τους απαιτούμενους στόχους που πρέπει να επιτευχθούν μέσω κατάλληλων δράσεων. Στη συνέχεια περιγράφεται το αντικείμενο και οι στόχοι της Διπλωματικής Εργασίας, θέτοντας τα ερωτήματα προς διερεύνηση. Κατόπιν παρουσιάζεται η μεθοδολογία η οποία θα ακολουθηθεί για την επιδίωξη των τιθέντων στόχων, με την μορφή κειμένου αλλά και διαγράμματος ροής για μεγαλύτερη σαφήνεια. Το κεφάλαιο κλείνει με την παρούσα σύνοψη της δομής του συνόλου της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, όπως αυτά προέκυψαν από την αναζήτηση ερευνών με παρεμφερές αντικείμενο, την συσχέτιση δηλαδή κυκλοφοριακών μεγεθών με τη σοβαρότητα ή/και την πιθανότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων. Παρατίθενται εργασίες από την Ελλάδα αλλά και το εξωτερικό, οι οποίες έχουν δημοσιευθεί σε συνέδρια, επιστημονικά περιοδικά, άρθρα ή συγγράμματα. Έπειτα πραγματοποιείται σύνοψη των αποτελεσμάτων των ερευνών και κριτική αξιολόγησή τους, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν και κατά πόσον κάποιες από αυτές είναι ικανές να συμβάλλουν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Το τρίτο κεφάλαιο αποτελεί το θεωρητικό υπόβαθρο της Διπλωματικής Εργασίας και σε αυτό παρουσιάζεται η ευρύτερη κατηγορία στην οποία ανήκει η επιλεγείσα μεθοδολογία, δηλαδή η λογιστική παλινδρόμηση, η οποία και αναλύεται ιδιαίτερα. Αναφέρονται βασικές στατιστικές έννοιες και καταγράφονται όλα τα επιμέρους στοιχεία που αφορούν στην εφαρμογή της μεθόδου. Ύστερα παρατίθεται η διαδικασία παραγωγής μαθηματικού μοντέλου και οι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους αυτό υποβάλλεται. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια σύντομη αναφορά

στα βήματα που ακολουθούνται πριν την επεξεργασία των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης (IBM SPSS Statistics 20.0).

Το τέταρτο κεφάλαιο αφορά στην ενότητα συλλογής και επεξεργασίας στοιχείων, και πραγματοποιείται εκτενής αναφορά στη διαδικασία άντλησης στοιχείων από το Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. και η συμπλήρωσή τους με αυτά του Κ.Δ.Κ., με σκοπό τη διαμόρφωση του τελικού κεντρικού πίνακα-βάσης δεδομένων για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η επεξεργασία συγκεκριμένων δεδομένων για την ανάπτυξη των μοντέλων και η κωδικοποίησή τους προκειμένου να εισαχθούν στο λογισμικό SPSS. Παρατίθενται επίσης κάποιες σειρές από τους κεντρικούς πίνακες δεδομένων ενδεικτικά και διάφορα περιγραφικά στοιχεία. Στο τέλος του κεφαλαίου αναλύεται η πορεία υπολογισμών μέσω της χρήσης του λογισμικού SPSS με αντίστοιχες αποτυπώσεις των κρίσιμων βημάτων από τις οθόνες εργασίας του.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ολόκληρη η διαδικασία ανάπτυξης και εφαρμογής της επιλεγμένης μεθοδολογίας για την παραγωγή των τελικών μαθηματικών μοντέλων. Αναλύονται οι συσχετίσεις των μεταβλητών μεταξύ τους και οι επιλεγόμενες προς τελική χρήση. Κλείνοντας, παρουσιάζονται τα τελικά πρότυπα (μοντέλα).

Στο έκτο κεφάλαιο περιλαμβάνονται τα συνολικά συμπεράσματα, όπως αυτά προέκυψαν από την ερμηνεία των παραχθέντων μαθηματικών μοντέλων. Καταγράφεται οργανωμένα η γνώση που απορρέει από το υπολογιστικό τμήμα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο.

Το έβδομο κεφάλαιο αποτελεί τη βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Παρουσιάζεται, με μορφή καταλόγου, το σύνολο των ερευνών που έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια αλλά και στατιστικές έννοιες και μέθοδοι που ελήφθησαν υπόψη.

Τέλος, στα **παραρτήματα** περιλαμβάνονται ενδεικτικά ένα Δελτίο Οδικού Τροχαίου Ατυχήματος (Δ.Ο.Τ.Α.) προκειμένου να δοθεί η εικόνα της πρωτογενούς συλλογής στοιχείων οδικών ατυχημάτων όπως πραγματοποιείται από την Τροχαία με τη συμπλήρωσή του, καθώς και ο πίνακας μετρητών στη Λεωφόρο Κηφισίας.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Γενικά

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στη **βιβλιογραφική ανασκόπηση**, η οποία πραγματοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Παρουσιάζονται αποτελέσματα από συναφείς έρευνες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα και διεθνώς, και των οποίων το αντικείμενο και τα συμπεράσματα είναι συναφή με τα υπό μελέτη ζητήματα, όπως αυτά τέθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Συγκεκριμένα, παρατίθενται έρευνες οι οποίες εξετάζουν τη συσχέτιση των κυκλοφοριακών μεγεθών της ταχύτητας και του φόρτου με τη σοβαρότητα και την πιθανότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων. Εκτός από τα παραχθέντα αποτελέσματα και συμπεράσματα, δίνεται έμφαση στη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε κατά την επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων. Τέλος, αξιολογείται το σύνολο των συγκεκριμένων εργασιών και προσδιορίζονται τα χρήσιμα στοιχεία για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου και την απάντηση των ερωτημάτων της Διπλωματικής Εργασίας.

2.2 Συναφείς έρευνες και μεθοδολογίες

2.2.1 Η επιρροή της ταχύτητας στην πιθανότητα εμφάνισης και στη σοβαρότητα οδικού ατυχήματος

Η **ταχύτητα** είναι το πρώτο κυκλοφοριακό μέγεθος το οποίο εμφανίζεται όταν αναφέρεται κανείς στην οδική ασφάλεια. Θεωρείται ευρέως γνωστό ότι η αύξηση στην ταχύτητα μειώνει το χρόνο αντίδρασης των οδηγών και την ικανότητα ελιγμών των οχημάτων, ενώ αυξάνει την απόσταση πέδησης και την ενέργεια πιθανής σύγκρουσης. Υπάρχει συνεπώς πληθώρα ερευνών πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο. Στο παρόν υποκεφάλαιο εξετάζονται επιλεγμένες από αυτές, για να βοηθήσουν στην επίτευξη των προαναφερθέντων στόχων.

Στο ινστιτούτο ερευνών οδικής ασφάλειας της Ολλανδίας (SWOV) πραγματοποιήθηκε μελέτη ευρείας βιβλιογραφικής ανασκόπησης από τις Aarts και Van Schagen. Η μελέτη αυτή συμπεριέλαβε τις νεότερες και σημαντικότερες

εμπειρικές έρευνες οι οποίες **συσχέτιζαν την ταχύτητα οχημάτων με το δείκτη οδικών ατυχημάτων**. Οι περισσότερες εξ αυτών εξέτασαν την ταχύτητα ως απόλυτο μέγεθος (και όχι σχετικό) είτε σε μικροσκοπικό επίπεδο, δηλαδή αναφερόμενη στο όχημα, είτε σε μακροσκοπικό επίπεδο, δηλαδή ως μέση ταχύτητα αναφερόμενη σε ένα οδικό τμήμα. Αναφέρθηκαν επίσης έρευνες οι οποίες είχαν ως αντικείμενο τη διερεύνηση της **επιρροής της διακύμανσης ταχύτητας** από τη μέση τιμή της στο δείκτη ατυχημάτων. (Aarts και Van Schagen, 2006)

Σύμφωνα με τις Aarts και Van Schagen, το συμπέρασμα ορισμένων μελετών αντιπροσωπευτικού δείγματος ότι η συχνότητα των οδικών ατυχημάτων αυξάνεται με την ελάττωση της μέσης ταχύτητας αντιτίθεται με αυτά άλλων μελετών. Μία εξήγηση για αυτή την ασυμφωνία είναι το γεγονός ότι οι **διάφοροι παράγοντες** οι οποίοι εξετάστηκαν δεν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους, αλλά **αλληλεπιδρούν**. Ως παράδειγμα, χαμηλό πλάτος λωρίδων και αυξημένος αριθμός διασταυρώσεων πιθανώς θα οδηγούσαν σε μειωμένη μέση ταχύτητα και τελικά σε αύξηση της συχνότητας οδικών ατυχημάτων.

Συνεπώς οι μελέτες αντιπροσωπευτικού δείγματος, με τα διάφορα χαρακτηριστικά που εξετάζουν, δεν επιτρέπουν τη λεπτομερή αξιολόγηση της επιρροής κάθε παράγοντα. Αντιθέτως, η σχέση λειτουργεί ως **ενιαίο σύνολο**.

Οι Aarts και Van Schagen στο τέλος της αναφοράς τους καταλήγουν στο **συμπέρασμα** ότι για δεδομένη οδό, ο κίνδυνος εμφάνισης ατυχήματος αυξάνει με την αύξηση της ταχύτητας είτε σε μεμονωμένο όχημα, είτε σε τμήμα οδού. Παρόλα αυτά, επισημαίνουν ότι η ακριβής σχέση εξαρτάται από ένα μεγάλο πλήθος εξωτερικών παραγόντων οι οποίοι εμποδίζουν τον ακριβή προσδιορισμό της και τη γενίκευσή της σε πολλούς τύπους οδού, και για αυτό το λόγο χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης (Aarts και Van Schagen, 2006).

Σε **μικροσκοπικό** επίπεδο, εξετάζοντας την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος για μεμονωμένα οχήματα, χρησιμοποιούνται κυρίως **δύο διαφορετικές μέθοδοι** προσέγγισης του ζητήματος.

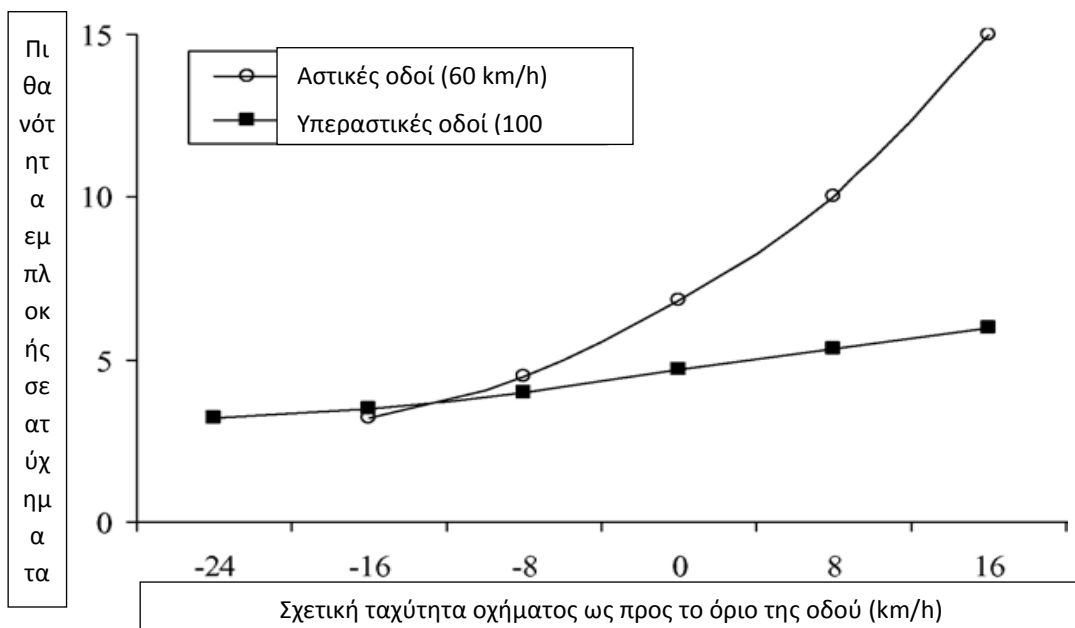
Η πρώτη μέθοδος μικροσκοπικής ανάλυσης βασίζεται στη μέτρηση της ατομικής ταχύτητας οδηγού και τη συσχέτισή της με τον αριθμό οδικών ατυχημάτων όπως

αναφέρονται από τον ίδιο τον οδηγό (self-reported crashes). Σε έρευνα στην Αυστραλία των Fildes et al. το 1991, σε δύο αστικές οδούς (όριο ταχύτητας 60 km/h) και δύο υπεραστικές οδούς (όριο ταχύτητας 100 km/h) επιλέχθηκαν συνολικά 707 οδηγοί που κινούταν σημαντικά γρηγορότερα και σημαντικά βραδύτερα από τα όρια των οδών. Οι οδηγοί κατόπιν σταματήθηκαν και ερωτήθηκαν για το ιστορικό των οδικών τους ατυχημάτων σε βάθος πέντε ετών.

Με βάση τις απαντήσεις τους κατασκευάστηκε το διάγραμμα 2.1 για τους δύο τύπους οδών, όπου εμφανίζεται **συσχέτιση εκθετικής μορφής** μεταξύ της διακύμανσης ταχύτητας και της πιθανότητας εμπλοκής σε ατύχημα. Παρατηρείται ότι οι αστικές οδοί παρουσίασαν πιο απότομη αύξηση πιθανότητας κινδύνου εμφάνισης ατυχήματος με βάση την διακύμανση της ταχύτητας. (Fildes et al., 1991)

Ως **μειονεκτήματα** της συγκεκριμένης έρευνας εμφανίζονται τα εξής:

- Η **μη αντιστοίχιση** της ταχύτητας της συλλογής δεδομένων με αυτή του ατυχήματος
- Το γεγονός ότι τα ατυχήματα με νεκρούς οδηγούς **δεν προσμετρώνται** λόγω της φύσης της διαδικασίας
- Η **μικρή περιοχή** έρευνας (2 οδοί ανά τύπο) και η **μικρή περίοδος** έρευνας (4-6 ημέρες ανά οδό)



Διάγραμμα 2.1: Δείκτης ατυχημάτων εξαρτώμενος από τη διακύμανση της ταχύτητας μεμονωμένου οχήματος από το επιτρεπόμενο όριο της οδού.

Πηγή: Fildes et al., 1991

Δύο παρόμοιες έρευνες στο Ηνωμένο Βασίλειο περιελάμβαναν **επιτόπου μέτρηση της ταχύτητας** μεμονωμένων οχημάτων, την κατηγοριοποίησή τους σε πέντε ίσες κατηγορίες και την αποστολή και συμπλήρωση ερωτηματολογίων από ίσους αριθμούς οδηγών κάθε κατηγορίας. Τα ερωτηματολόγια αφορούσαν στο ιστορικό ατυχημάτων των οδηγών σε βάθος τριών ετών. Η πρώτη έρευνα των Maycock et al. (1998) μέτρησε την ταχύτητα 6435 οχημάτων σε 43 διαφορετικές οδούς και είχε ανταπόκριση 46% στα ερωτηματολόγια τα οποία απεστάλησαν. Ως απόρροια της επεξεργασίας προέκυψε η ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$A_{i3} = 0.265 \left(\frac{v}{\bar{v}} \right)^{13.1}$$

Όπου:

- A_{i3} , πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα σε βάθος τριών ετών
- v , ταχύτητα του μεμονωμένου οχήματος υπό εξέταση
- \bar{v} , μέση ταχύτητα οχημάτων στην οδό

Η δεύτερη έρευνα των Quimby et al. το 1999 πραγματοποιήθηκε υπό παρόμοιες συνθήκες, υπό τη διαφορά ότι περιελάμβανε μόνο οχήματα τα οποία κινούνταν με **ταχύτητα ελεύθερης ροής**, η οποία είχε ορισθεί ως η ταχύτητα η οποία αναπτύσσεται όταν ο χρονικός διαχωρισμός από τα προπορευόμενα οχήματα είναι μεγαλύτερος των τριών δευτερολέπτων. Μετά την αποστολή αντίστοιχων ερωτηματολογίων με βάθος χρόνου τα τρία έτη σε 4058 οδηγούς, και ανταπόκριση του 43% εξ αυτών, αναπτύχθηκε το ακόλουθο μοντέλο (όμοιοι συμβολισμοί με το άνω):

$$A_{i3} = 0.215 \left(\frac{v}{\bar{v}} \right)^{7.8}$$

Οι διαφορές στις σχέσεις ίσως οφείλονται στις διαφορές των δύο ερευνών στη μέση ταχύτητα (83 km/h στην πρώτη έναντι 67 km/h στη δεύτερη). Οι δύο αυτές έρευνες είχαν βασικά **μειονεκτήματα** τα εξής:

- Εξάρτηση από την ανταπόκριση στα ερωτηματολόγια, και μικρότερο δείγμα λόγω αποχής των ερωτώμενων
- Διαχωρισμός των οδηγών σε κατηγορίες με βάση την ταχύτητά τους μέσω εμπειρικών κανόνων

Η δεύτερη μέθοδος του μικροσκοπικού επιπέδου έρευνας ονομάζεται μέθοδος **ελέγχου κατά περίπτωση** (case-control method). Κατά την εφαρμογή της, οι ταχύτητες οχημάτων τα οποία ενεπλάκησαν σε οδικό ατύχημα (περιπτώσεις – cases) μετρώνται πριν το ατύχημα και συσχετίζονται με ταχύτητες άλλων οχημάτων που κινούταν υπό παρόμοιες συνθήκες χωρίς όμως να εμπλακούν σε ατύχημα (οχήματα ελέγχου – control vehicles). Δύο τέτοιες έρευνες έχουν διεξαχθεί στην Αυστραλία.

Στην **πρώτη έρευνα** ελέγχου κατά περίπτωση, των Kloeden et al. (1997 και 2002) εξετάστηκαν 151 περιπτώσεις ατυχημάτων σε αστική οδό με όριο ταχύτητας τα 60 km/h, με τη χρήση 604 οχημάτων ελέγχου. Η ταχύτητα των οχημάτων πριν το ατύχημα υπολογίστηκε με τη χρήση υπολογιστών μέσω κατάλληλων αλγορίθμων. Η έρευνα περιέλαβε μόνο ατυχήματα αυξημένης σοβαρότητας (βαρείες σωματικές βλάβες ή νεκροί), και τα οχήματα ελέγχου επιλέχθηκαν ώστε να παρουσιάζουν παρόμοιες συνθήκες κίνησης σχετικά με τα οχήματα που ενεπλάκησαν σε ατυχήματα, ως προς την κατεύθυνση και την περιοχή κίνησης, την ώρα της ημέρας, τις καιρικές συνθήκες, την ένταση φωτισμού, τον τύπο οχήματος κ.α..

Μετά από ανάλυση των δεδομένων, προέκυψε η ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$I_r = e^{(0.1133374\Delta v + 0.0028272v^2)}$$

Όπου:

- I_r , δείκτης ατυχημάτων με βαριά τραυματίες ή νεκρούς
- Δv , διαφορά της ταχύτητας του μεμονωμένου οχήματος υπό εξέταση από τη μέση ταχύτητα οχημάτων
- v , ταχύτητα του μεμονωμένου οχήματος υπό εξέταση

Η **δεύτερη έρευνα** ελέγχου κατά περίπτωση πραγματοποιήθηκε από τους Kloeden et al. (2002) σε παρόμοιες συνθήκες με την πρώτη, σε υπεραστικές οδούς με όρια ταχύτητας από 80 km/h έως 120 km/h. Εξετάστηκαν 83 περιπτώσεις ατυχημάτων με τον δεκαπλάσιο αριθμό οχημάτων ελέγχου (830), και αναπτύχθηκε το ακόλουθο μοντέλο (όμοιοι συμβολισμοί με το άνω):

$$I_r = e^{(0.07039\Delta v + 0.0008617v^2)}$$

Από τις δύο μαθηματικές σχέσεις προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι υπεραστικές οδοί παρουσιάζουν μεγαλύτερη αύξηση του δείκτη ατυχημάτων από τις αστικές, για δεδομένη αύξηση στην ταχύτητα. Πιθανό μειονέκτημα στις συγκεκριμένες έρευνες είναι η διαδικασία υπολογισμού της ταχύτητας των οχημάτων πριν από τα οδικά ατυχήματα.

Σε **μακροσκοπικό** επίπεδο, εξετάζοντας την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος για οδό ή τμήμα οδού, χρησιμοποιούνται επίσης κυρίως **δύο διαφορετικές μέθοδοι** προσέγγισης του ζητήματος.

Η πρώτη μέθοδος μακροσκοπικής ανάλυσης είναι η μέθοδος μελετών **«πριν και μετά»**. Σε αυτή τη μέθοδο τα στοιχεία των οδικών ατυχημάτων στην εξεταζόμενη θέση πριν την εφαρμογή μέτρων οδικής ασφάλειας συγκρίνονται με τα στοιχεία μετά τις παρεμβάσεις. Για των αποκλεισμό πιθανών επιρροών άλλων παραμέτρων, συνίσταται η σύγκριση των μεταβολών των στοιχείων με τις αντίστοιχες μεταβολές στοιχείων από περιοχή μια ελέγχου. Η περιοχή ελέγχου ορίζεται ως μια περιοχή η οποία παρουσιάζει παρόμοια χαρακτηριστικά με την περιοχή εξέτασης και στην οποία δεν έχουν εφαρμοστεί παρεμβάσεις.

Μια τέτοια έρευνα είχε πραγματοποιηθεί από τον Nilsson το 1982, με αντικείμενο την μεταβολή της οδικής ασφάλειας σε μη αστικές οδούς της Σουηδίας από την **αλλαγή του ορίου ταχύτητας** από τα 90 km/h στα 110 km/h και αντίστροφα. Ως περιοχή ελέγχου χρησιμοποιήθηκαν οδοί οι οποίες είχαν αμετάβλητο όριο τα 90 km/h, και τα στοιχεία συλλέχθηκαν από τα ατυχήματα τα οποία αναφέρονταν στην αστυνομία και μόνο. Χρησιμοποιώντας την εξίσωση κινητικής ενέργειας από τη Φυσική, που εκφράζει την ενέργεια που εκλύεται σε ένα οδικό ατύχημα, η οποία θεωρείται ότι είναι συνδεδεμένη με τη σοβαρότητά του, κατέληξε στις εξής σχέσεις:

$$A_2 = A_1 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2$$

$$I_2 = I_1 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2$$

$$F_2 = F_1 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2$$

Όπου:

- v_1 , μέση ταχύτητα οχημάτων στην οδό πριν την αλλαγή του ορίου ταχύτητας
- v_2 , μέση ταχύτητα οχημάτων στην οδό μετά την αλλαγή του ορίου ταχύτητας
- A_1 , αριθμός ατυχημάτων με τραυματίες μόνο πριν την αλλαγή του ορίου ταχύτητας
- A_2 , αριθμός ατυχημάτων με τραυματίες μόνο μετά την αλλαγή του ορίου ταχύτητας
- I_1 , αριθμός ατυχημάτων με τραυματίες και νεκρούς πριν την αλλαγή του ορίου ταχύτητας
- I_2 , αριθμός ατυχημάτων με τραυματίες και νεκρούς μετά την αλλαγή του ορίου ταχύτητας
- F_1 , αριθμός ατυχημάτων με νεκρούς μόνο πριν την αλλαγή του ορίου ταχύτητας
- F_2 , αριθμός ατυχημάτων με νεκρούς μόνο μετά την αλλαγή του ορίου ταχύτητας

Επισημαίνεται ότι το 2004 ο Nilsson αναφέρει ότι οι εκθετικές του συναρτήσεις περιλαμβάνουν έμμεσα την επιρροή της αύξησης της **απαιτούμενης απόστασης πέδησης** για την αποφυγή ατυχήματος όταν αυξάνεται η ταχύτητα κίνησης. Με βάση τις παραπάνω εξισώσεις, κατασκευάζεται ο πίνακας 2.1, ο οποίος παρουσιάζει την αύξηση της πιθανότητας ατυχήματος με δεδομένη αύξηση της ταχύτητας κατά 1 km/h για διάφορες ταχύτητες και σοβαρότητες ατυχημάτων (Nilsson, 1982, 2004).

Σοβαρότητα ατυχήματος	Αρχική ταχύτητα (km/h)					
	50	70	80	90	100	120
Ελαφρά τραυματίες	4,0%	2,9%	2,5%	2,2%	2,0%	1,7%
Βαριά τραυματίες	6,1%	4,3%	3,8%	3,4%	3,0%	2,5%
Θάνατοι	8,2%	5,9%	5,1%	4,5%	4,1%	3,3%

Πίνακας 2.1: Αύξηση πιθανότητας ατυχήματος σε σχέση με δεδομένη αύξηση ταχύτητας για διάφορες σοβαρότητες και ταχύτητες. Πηγή: Nilsson, 1982, 2004.

Η δεύτερη μέθοδος μακροσκοπικής ανάλυσης ονομάζεται **μελέτη αντιπροσωπευτικού δείγματος** (cross-section study), και συγκρίνει χαρακτηριστικά διαφορετικών οδών, όπως π.χ. η μέση ταχύτητα, προκειμένου να καθορίσουν τη διακύμανση των συχνοτήτων οδικών ατυχημάτων που έχουν προβλέψει.

Μια έρευνα που χρησιμοποίησε την συγκεκριμένη μέθοδο εκπονήθηκε από τον Baruya το 1995 προκειμένου να υπολογιστεί η συσχέτιση μεταξύ **μέσης ταχύτητας και συχνότητας ατυχημάτων** με τραυματίες. Αναλύθηκαν δεδομένα ταχυτήτων και τραυματισμών από 139 υπεραστικές οδούς στη Δανία, το Ηνωμένο Βασίλειο και τη Σουηδία. Οι οδοί ήταν μονής λωρίδας, χωρίς νησίδες και με όρια ταχυτήτων από 70 km/h έως 110 km/h. Τα δεδομένα που αφορούσαν στις ταχύτητες συλλέγονταν μόνο κατά τη διάρκεια ωρών εκτός αιχμής, ενώ τα δεδομένα κυκλοφοριακού φόρτου ήταν από όλο το εικοσιτετράωρο. Αναπτύχθηκε η ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$A_r = 5.663 fl^{0.748} l^{0.847} e^{(0.038j - 0.056w + 0.023v_{limit})} e^{0.023v_{limit}} \bar{v}^{-2.492} o_{v_{limit}}^{0.114}$$

Όπου:

- A_r , συχνότητα οδικών ατυχημάτων με τραυματίες
- fl , μέσος ημερήσιος κυκλοφοριακός φόρτος
- l , μήκος του εκάστοτε οδικού τμήματος (km)
- j , αριθμός διασταυρώσεων σε οδικό τμήμα
- w , πλάτος λωρίδας της οδού (m)
- v_{limit} , όριο ταχύτητας της οδού
- \bar{v} , μέση ταχύτητα οχημάτων στην οδό
- $o_{v_{limit}}^{0.114}$, ποσοστό οδηγών οι οποίοι παραβιάζουν το όριο ταχύτητας

Από την άνω εξίσωση προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η συχνότητα οδικών ατυχημάτων με τραυματίες επηρεάζεται περισσότερο από τον **κυκλοφοριακό φόρτο**
- Υψηλότερα **όρια ταχύτητας** συμπίπτουν με αυξημένη συχνότητα οδικών ατυχημάτων
- Αύξηση των οδηγών που **παραβιάζουν** το όριο ταχύτητας οδηγεί σε αυξημένη συχνότητα οδικών ατυχημάτων
- Αύξηση της **πυκνότητας διασταυρώσεων** οδηγεί σε αυξημένη συχνότητα οδικών ατυχημάτων
- Μείωση του **πλάτους λωρίδας** οδηγεί σε αυξημένη συχνότητα οδικών ατυχημάτων

- Οδικά **τμήματα μεγαλύτερου μήκους** παρουσιάζουν αυξημένη συχνότητα οδικών ατυχημάτων
- Τέλος, η συχνότητα των οδικών ατυχημάτων αυξάνεται όταν η **μέση ταχύτητα** ελαττώνεται.

2.2.2 Η επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου στην πιθανότητα εμφάνισης και στη σοβαρότητα οδικού ατυχήματος

Ο **κυκλοφοριακός φόρτος** είναι το δεύτερο κύριο κυκλοφοριακό μέγεθος το οποίο θεωρείται ότι επηρεάζει την εμφάνιση οδικών ατυχημάτων. Για αυτό τον σκοπό έχουν πραγματοποιηθεί εδώ και αρκετά χρόνια έρευνες με αντικείμενο τη μελέτη της ακριβούς επιρροής του στην οδική ασφάλεια.

Μια τέτοια έρευνα έχει πραγματοποιηθεί από τον McDonald το 1953. Η έρευνα είχε ως στόχο την παραγωγή ενός γραφήματος το οποίο θα παρουσιάζει τη συσχέτιση εμφάνισης **οδικών ατυχημάτων και κυκλοφοριακών φόρτων**. Χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία 1811 ατυχημάτων από 150 κόμβους υπεραστικών λεωφόρων και δευτερευουσών οδών συνολικά, οι οποίοι επιλέχθηκαν αυθαίρετα μέσα από σύνολο οδικών τμημάτων 180 μιλίων στην περιοχή μεταξύ των πόλεων Sacramento και Bakersfield των Η.Π.Α..

Οι κόμβοι είχαν **ποικίλες** γεωμετρικές διαμορφώσεις και κυκλοφοριακές ρυθμίσεις, από ισόπεδες διαβάσεις έως ράμπες προσβάσεων. Σε όλα τα επιλεγμένα σημεία, όπου υπήρχε σήμανση χωρίς σηματοδότηση η υπεραστική λεωφόρος είχε προτεραιότητα έναντι της δευτερεύουσας, συνεπώς όλος ο πρόσθετος κυκλοφοριακός φόρτος εισέρχεται από άλλες οδούς είτε μέσω σήμανσης (σήματα STOP) είτε μέσω των λωρίδων επιτάχυνσης. Διενεργήθηκε επίσης επιβεβαίωση των λοιπών χαρακτηριστικών του οδικού περιβάλλοντος, όπως ύπαρξη νησίδων, πλάτη οδοστρώματος, παρουσία και επάρκεια φωτισμού, επάρκεια ορατότητας, επάρκεια σήμανσης και παρουσίας ορίων ταχύτητας κ.α.

Κατόπιν, αποκτήθηκε η **Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (Μ.Η.Κ.)** για τις οδούς όσων κόμβων υπήρχε δυνατότητα, ενώ τα στοιχεία για τους υπόλοιπους κόμβους συμπληρώθηκαν με μετρήσεις. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με μηχανικά

μέσα σε εικοσιτετράωρη βάση τις καθημερινές (εκτός Σαββάτων και Κυριακών) στις οδούς οι οποίες συνέτρεχαν στους κόμβους. Επισημαίνεται ότι δεν χρησιμοποιήθηκε η Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (Ε.Μ.Η.Κ.) προκειμένου να πραγματοποιηθεί αναγωγή στην ακριβή περίοδο για την οποία υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία ατυχημάτων. Επίσης, αναφέρεται ότι στη συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκαν μόνο κόμβοι με δύο οδούς. Έπειτα τα στοιχεία των ημερήσιων μετρήσεων μετατράπηκαν σε Μ.Η.Κ. μέσω συντελεστών που υπολογίστηκαν από σταθμούς κυκλοφοριακών μετρήσεων της ευρύτερης περιοχής, με πρόσθετες μετρήσεις όπου εκρίθησαν απαραίτητες.

Τα οδικά ατυχήματα των οποίων τα στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν συνέβησαν σε περίοδο πέντε ετών, από 01/01/1946 έως 01/01/1951. Τα **στοιχεία περιελάμβαναν** τύπο ατυχήματος (πλαγιομετωπικές συγκρούσεις, εκτροπές από την οδό κ.α.), ώρα της ημέρας (ημέρα ή νύχτα) και σοβαρότητα (με νεκρούς, με τραυματίες ή με υλικές ζημιές μόνο. Τα στοιχεία εντός αστικών περιοχών αντλήθηκαν από την αστυνομία, ενώ εκείνα εκτός αστικών περιοχών από την υπηρεσία περιπολιών αυτοκινητοδρόμων της Καλιφόρνια. Εμφανίστηκαν από 0 έως 79 ατυχήματα σε μεμονωμένο κόμβο.

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων, ως κυκλοφοριακός φόρτος κόμβου θεωρήθηκε η Μ.Η.Κ. η οποία εισέρχεται στον κόμβο, ως άθροισμα των συνεισφορών των συντρεχόντων στον κόμβο οδών. Το συγκεκριμένο μέγεθος έχει υπολογιστεί με την παραδοχή ότι ισομοιράζεται σε μία οδό ανάμεσα στα δύο ρεύματα κυκλοφορίας. Η **συνεισφορά κάθε οδού** υπολογίζεται ως εξής: Εάν η οδός εμφανίζει ίση Μ.Η.Κ. πριν και μετά τον κόμβο, η συνεισφορά της είναι ίση με την Μ.Η.Κ. της, ενώ αν οι Μ.Η.Κ. διαφέρουν σημαντικά η συνεισφορά της είναι ίση με τον μέσο όρο των Μ.Η.Κ. πριν και μετά. Για κόμβους σχήματος T, η συνεισφορά θα είναι ίση με μισή από τη συνολική Μ.Η.Κ., σύμφωνα και με την παραπάνω παραδοχή. Οι Μ.Η.Κ. εμφάνισαν πεδία τιμών από 4,300 έως 27,200 οχήματα ανά ημέρα στις υπεραστικές λεωφόρους και από 100 έως 7,700 οχήματα ανά ημέρα στις δευτερεύουσες οδούς.

Ως **οδικά ατυχήματα κόμβου** θεωρήθηκαν αυτά που συνέβησαν εντός του κόμβου, αλλά και όσα συνέβησαν κοντά στην περιοχή του κόμβου και θεωρήθηκε ότι ήταν παρόμοιου τύπου με αυτά που συνέβησαν εντός κόμβου. Τα ατυχήματα

μελετήθηκαν σε μία κατηγορία, ανεξαρτήτως σοβαρότητας για λόγους επεξεργασίας και στατιστικής ασφάλειας των δεδομένων. Ο McDonald αναφέρει ότι σε αναλύσεις ατυχημάτων με βαριά τραυματίες και νεκρούς μόνο, τα οποία αποτελούσαν περίπου το 40% του συνόλου, δεν παρατηρήθηκε κάποια συσχέτιση.

Το επόμενο στάδιο ήταν η αναζήτηση της **κατάλληλης μαθηματικής συσχέτισης**. Επιλέχθηκε η άμεση συσχέτιση των μεγεθών, διότι μετά από διερεύνηση η ομαδοποίηση του κυκλοφοριακού φόρτου σε κατηγορίες μείωνε τη σταθερότητα των αποτελεσμάτων. Οι τρεις μεταβλητές η οποίες συσχετίστηκαν τελικώς είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος της υπεραστικής λεωφόρου, ο κυκλοφοριακός φόρτος της δευτερεύουσας οδού και ο μέσος ετήσιος αριθμός ατυχημάτων. Αποφεύχθηκε η ενοποίηση των δύο κυκλοφοριακών φόρτων μέσω μιας δευτερογενούς μεταβλητής όπως τα οχηματοχιλιόμετρα προκειμένου να προκύψει ένα πιο πρωτογενές και άμεσο αποτέλεσμα.

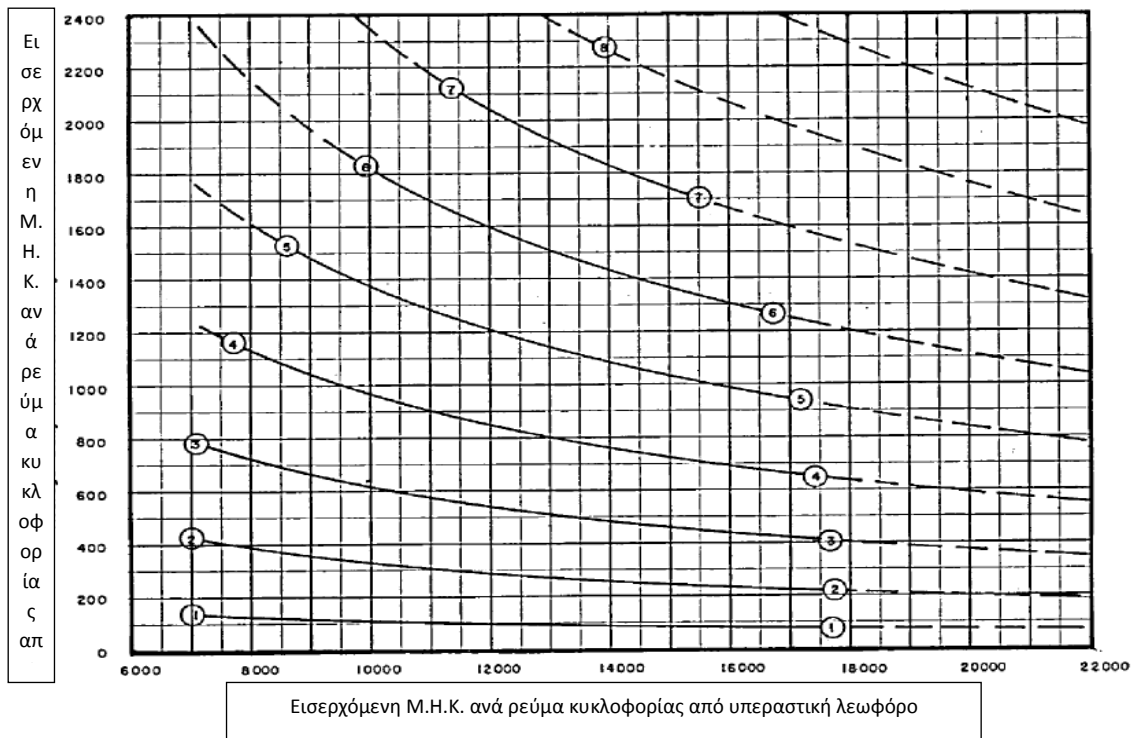
Πραγματοποιήθηκε διερεύνηση του πληθυσμού κόμβων και απομακρύνθηκαν κόμβοι με ακραίες τιμές, ανάμεσα στους οποίους όλοι οι σηματοδοτούμενοι. Οι 150 εναπομείναντες κόμβοι στη συνέχεια κατηγοριοποιήθηκαν και αντικαταστάθηκαν με 24 σημεία τα οποία αναπαριστούσαν μέσους όρους των κατηγοριών. Με γραμμικές παρεμβολές και καμπυλοποίηση των αιχμηρών περιοχών, προέκυψε το τελικό γράφημα. Τα **τελικά αποτελέσματα** οδήγησαν στην ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$N = 0.000783v_d^{0.455}v_c^{0.633}$$

Όπου:

- N , μέσος ετήσιος αριθμός ατυχημάτων
- v_d , μέσος ημερήσιος κυκλοφοριακός φόρτος ρεύματος υπεραστικής λεωφόρου
- v_c , μέσος ημερήσιος κυκλοφοριακός φόρτος δευτερεύουσας οδού.

Εναλλακτικά, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο διάγραμμα 2.2 που ακολουθεί. Ο μέσος ετήσιος αριθμός ατυχημάτων αναπαρίσταται με κάθε διαφορετική καμπύλη, στην οποία και αναγράφεται.



Διάγραμμα 2.2: Μέσος ετήσιος αριθμός ατυχημάτων σε κόμβο εξαρτώμενος από τους κυκλοφοριακούς φόρτους οδών που συντρέχουν σε αυτόν.

Πηγή: McDonald, 1953

Από το διάγραμμα 2.2 και την αντίστοιχη μαθηματική σχέση απορρέουν τα εξής **συμπεράσματα**:

- Οποιαδήποτε **αύξηση** στον κυκλοφοριακό φόρτο οδηγεί σε αύξηση του μέσου αριθμού ατυχημάτων
- Για δεδομένη αύξηση κυκλοφοριακού φόρτου, η **δευτερεύουσα οδός επηρεάζει περισσότερο** τον αριθμό ατυχημάτων
- Δεν υπάρχει **άμεση συσχέτιση** του αθροίσματος των φόρτων και τον αριθμό ατυχημάτων του κόμβου, όπως θεωρείται όταν συγκρίνονται οχήματα με βάση τα οχηματοχιλιόμετρα

Τέλος, ο McDonald αναφέρει ότι **χρήσιες** των αποτελεσμάτων περιλαμβάνουν την πρόβλεψη μελλοντικών ατυχημάτων καθώς και τη διόρθωση κατά τον υπολογισμό επιρροής του κυκλοφοριακού φόρτου στα οδικά ατυχήματα.

Πιθανά **μειονεκτήματα** της συγκεκριμένης έρευνας είναι τα εξής:

- Μόνο **συγκεκριμένοι τύποι κόμβων** λήφθηκαν υπόψη
- Η Μ.Η.Κ. υπολογίστηκε με βάση ημερήσιες **μετρήσεις και διόρθωση** και όχι ακριβείς μετρήσεις σε βάθος περιόδου.

Με την πάροδο των ετών, ο κυκλοφοριακός φόρτος ταυτίστηκε με την έκθεση σε κίνδυνο ατυχήματος τον οποίο διατρέχει κάθε όχημα που κινείται. Το 1987 οι Φραντζεσκάκης και Ιορδάνης, αναφέροντας ότι όμοιοι φόρτοι σε οδούς διαφορετικής κυκλοφοριακής ικανότητας οδηγούν σε διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας, εξετάζουν τη συσχέτιση μεταξύ οδικών ατυχημάτων και το **λόγο** κυκλοφοριακού φόρτου και κυκλοφοριακής ικανότητας.

Ειδικότερα, παρατίθενται στοιχεία από τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (Τ.Μ.Σ.Υ. – Ε.Μ.Π.) τα οποία αφορούν στη σχέση μεταξύ οδικών ατυχημάτων και το λόγο κυκλοφοριακού φόρτου και κυκλοφοριακής ικανότητας σε περιβάλλον υπεραστικής λεωφόρου τεσσάρων λωρίδων χωρίς νησίδα. Το συγκεκριμένο οδικό τμήμα βρίσκεται στην Εθνική Οδό Αθηνών Κορίνθου, από το 24^ο έως και το 42^ο χιλιόμετρο, με συνολικό μήκος 18 χιλιομέτρων. Η περίοδος έρευνας ήταν 89 μήνες, από 01/01/1975 έως και 31/05/1982.

Η **συλλογή δεδομένων** πραγματοποιήθηκε χειροκίνητα μέσω του σταθμού διοδίων στο 27^ο χιλιόμετρο, όπου αποκτήθηκαν ωριαίοι και ημερήσιοι κυκλοφοριακοί φόρτοι ανά τύπο οχήματος, για τον οποίο ακολουθήθηκε η κατάταξη του τότε Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.. Συλλέχθηκαν επίσης στοιχεία γεωμετρικών χαρακτηριστικών, καιρικών συνθηκών και συνθηκών τεχνητού φωτισμού (ο οποίος ήταν ανύπαρκτος). Τα στοιχεία οδικών ατυχημάτων αποκτήθηκαν μέσω των Αστυνομικών Τμημάτων Ελευσίνας και Μεγάρων και περιελάμβαναν πληροφορίες για την ημερομηνία, την ώρα, την τοποθεσία, τον τύπο ατυχήματος, τις συνέπειες και το φωτισμό (ημέρα – νύχτα) για κάθε ατύχημα. Ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων ανήλθε στα 778.

Κατά την **επεξεργασία** των στοιχείων πραγματοποιήθηκε ποιοτικός έλεγχος με επίπεδο εμπιστοσύνης 0.05 προκειμένου να εξασφαλιστεί μη επιρροή άλλων παραγόντων. Κατόπιν, οι επισφαλείς τοποθεσίες αφαιρέθηκαν από την ανάλυση και οι υπόλοιπες χωρίστηκαν σε οδικά τμήματα τα οποία κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με την καμπυλότητα και την επικινδυνότητά τους. Έπειτα υπολογίστηκαν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι ανά κατεύθυνση για κάθε στάθμη εξυπηρέτησης μέσω της μαθηματικής σχέσης:

$$Sf_i = c_j \left(\frac{V}{C} \right)_i N f_w f_{HV} f_E f_P$$

Όπου:

- Sf_i , κυκλοφοριακός φόρτος ανά κατεύθυνση για κάθε στάθμη εξυπηρέτησης
- c_j , κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας για την ταχύτητα σχεδιασμού j . Υπό ιδανικές συνθήκες, $c_j = 2.000$ οχήματα/ώρα/λωρίδα
- $\left(\frac{V}{C}\right)_i$, μέγιστος επιτρεπτός λόγος κυκλοφοριακού φόρτου και κυκλοφοριακής ικανότητας για τη δεδομένη στάθμη εξυπηρέτησης i
- N , αριθμός λωρίδων ανά κατεύθυνση
- f_w , συντελεστής πλάτους λωρίδας και πλευρικών αποστάσεων
- f_{HV} , συντελεστής βαρέων οχημάτων
- f_E , συντελεστής τύπου οδού
- f_P , συντελεστής τακτικών οδηγών

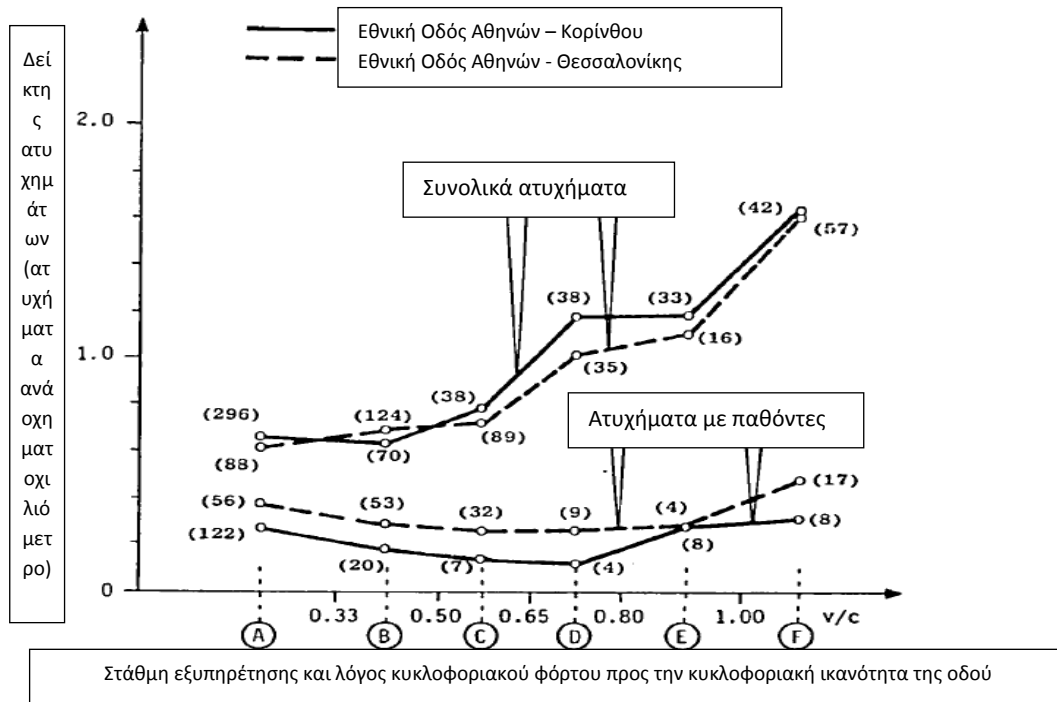
Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι δείκτες ατυχημάτων ανά εκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα από τη μαθηματική σχέση:

$$R_{s(ijk)} = A_{ijk} \left(\frac{10^6}{L_k} \right)_i \sum V_j$$

Όπου:

- $R_{s(ijk)}$, μέσος δείκτης ατυχημάτων, ανά κατηγορία i , ανά ώρα j και ανά οδικό τμήμα k
- A_{ijk} , αριθμός ατυχημάτων, ανά κατηγορία i , ανά ώρα j και ανά οδικό τμήμα k
- L_k , μήκος οδικού τμήματος υπό εξέταση (km)
- V_j , κυκλοφοριακός φόρτος ώρας j

Μετά από **επεξεργασία** των στοιχείων και συμπλήρωσή τους με στοιχεία 409 οδικών ατυχημάτων μεταξύ των ετών 1979 και 1981 στην Εθνική Οδό Αθηνών – Θεσσαλονίκης προέκυψε το ακόλουθο διάγραμμα 2.3:



Διάγραμμα 2.3: Συσχέτιση δείκτη ατυχημάτων με στάθμη εξυπηρέτησης (λόγος V/C) για δύο ομάδες ατυχημάτων σε δύο οδικά τμήματα.

Πηγή: Φραντζεσκάκης και Ιορδάνης, 1987

Παρατηρείται η **θετική επιρροή** του κυκλοφοριακού φόρτου στην αύξηση του δείκτη ατυχημάτων για δεδομένη κυκλοφοριακή ικανότητα οδού για το σύνολο των ατυχημάτων και για τις δύο περιοχές έρευνας. Αντίθετα, στα ατυχήματα με παθόντες (νεκρούς και τραυματίες), ο δείκτης ατυχημάτων δεν φαίνεται παρουσιάζει σταθερή συσχέτιση με τον λόγο κυκλοφοριακού φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα.

Παρόμοια έρευνα διεξήχθη το 1997 από τους Zhou και Sisiopiku, όπου μελετήθηκε τμήμα αυτοκινητοδρόμου 26 χιλιομέτρων στην περιοχή του Detroit των Η.Π.Α.. Το συγκεκριμένο τμήμα παρουσίαζε συχνή συμφόρηση, συχνά οδικά ατυχήματα και υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους. Υπήρχαν επίσης πολύ συχνές ράμπες πρόσβασης (περίπου 1.5 ανά 1 km) και στα δύο ρεύματα του αυτοκινητόδρομου, με το αποτέλεσμα αυτός να αναγνωρίζεται γενικώς ως πολύ αντιπροσωπευτικό δείγμα αστικής λεωφόρου (urban freeway) (Zhou και Sisiopiku, 1997).

Μετά τη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων (παρόμοια με τους Φραντζεσκάκη και Ιορδάνη), η συσχέτιση των ίδιων μεγεθών (λόγος κυκλοφοριακού φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα και δείκτης ατυχημάτων) δείχτηκε ότι

ακολουθεί γενικώς **καμπύλη μορφής U**. Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι αυτό το γεγονός εξηγεί καλύτερα τη διαφορά στις συνθήκες ροής μεταξύ καθημερινών και Σαββατοκύριακου, καθώς και το ότι η μορφή U είναι καταλληλότερη όταν εξετάζονται ατυχήματα με πολλά εμπλεκόμενα οχήματα, ατυχήματα τύπου νωτομετωπικής σύγκρουσης και ατυχήματα με υλικές ζημιές μόνο.

Αντιθέτως, ατυχήματα με ένα εμπλεκόμενο όχημα, ατυχήματα τύπου πρόσκρουσης σε σταθερό αντικείμενο και τύπου ανατροπής εμφανίζουν **περισσότερο γραμμική συσχέτιση**, με το δείκτη ατυχημάτων να μειώνεται όσο αυξάνεται ο λόγος V/C ή αντίστοιχα, η στάθμη εξυπηρέτησης της οδού.

Από τις παραπάνω έρευνες προκύπτει ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος πιθανώς να **μην είναι επαρκές μέγεθος** από μόνος του προκειμένου να προβλεφθεί ο αριθμός και η σοβαρότητα ατυχημάτων σε μια περιοχή έρευνας. Συνεπώς ερευνητές, όπως ο Baruya, έρευνα του οποίου αναφέρθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, τον εισάγουν κατά την εξέταση της επιρροής των κυκλοφοριακών μεγεθών στα οδικά ατυχήματα σε συνδυασμό με την ταχύτητα.

Σε **σχετική έρευνα** από την Christoforou et al. το 2010, αναφέρεται ότι από τη σχετική βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτει ότι συνδυασμός χαμηλών ταχυτήτων και υψηλών κυκλοφοριακών φόρτων οδηγεί σε μείωση της σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων, ενώ ο αντίθετος συνδυασμός οδηγεί σε αντίθετα αποτελέσματα. Από τους λοιπούς παράγοντες ενός ατυχήματος, επισημαίνονται ως σημαντικότεροι ο τύπος ατυχήματος, η ηλικία οδηγών, οι καιρικές συνθήκες και οι συνθήκες φωτισμού.

Η διασταύρωση μεταξύ των αυτοκινητοδρόμων A4 και A86 στην περιοχή του Παρισιού επιλέχθηκε ως περιοχή μελέτης της συγκεκριμένης έρευνας. Τα **τελικά αποτελέσματα** έδειξαν ότι αυξημένοι κυκλοφοριακοί φόρτοι οδηγούν σε αυξημένη σοβαρότητα ατυχημάτων στην περιοχή του κόμβου, ενώ η ταχύτητα έχει μεταβαλλόμενες επιρροές, ανάλογα με τις συνθήκες ροής. Συγκεκριμένα, σε συνθήκες υψηλών κυκλοφοριακών φόρτων, η υψηλή ταχύτητα επιδεινώνει τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων, ενώ σε συνθήκες χαμηλών κυκλοφοριακών φόρτων, η ταχύτητα δεν εμφανίζει σταθερή συσχέτιση με τη σοβαρότητα. Η συγκεκριμένη διαφοροποίηση από τα συμπεράσματα από τη βιβλιογραφική

ανασκόπηση ίσως οφείλεται στον τύπο της περιοχής έρευνας (κόμβος αυτοκινητοδρόμων) και στις συγκεκριμένες συνθήκες ροής οι οποίες επικρατούν εκεί.

Αναφέρεται επίσης ότι εξετάζοντας **δεδομένα πραγματικού χρόνου** (real-time data) από την τοποθεσία και το χρόνο του ατυχήματος αποκτάται επίγνωση των ακριβών συνθηκών στις οποίες συμβαίνει ένα οδικό ατύχημα με αυξημένη σοβαρότητα. Μέσω αυτής της επίγνωσης είναι δυνατόν να καθοριστούν αποτελεσματικότερα μέτρα διαχείρισης κυκλοφορίας και οδικής ασφάλειας προκειμένου να περιοριστεί η εμφάνιση σοβαρών οδικών ατυχημάτων (Christoforou et al., 2010).

2.2.3 Μελέτη εμφάνισης οδικού ατυχήματος ως εξαρτώμενο από κυκλοφοριακά, καιρικά και γεωμετρικά μεγέθη με χρήση περιπτώσεων μη-ατυχημάτων

Το 2011 διεξήχθη έρευνα από τους Ahmed et al. με στόχο τη διερεύνηση **εμφάνισης οδικών ατυχημάτων** εξαρτώμενα από κυκλοφοριακά μεγέθη, γεωμετρικά και καιρικά χαρακτηριστικά σε λεωφόρο ορεινής περιοχής μήκους 24 km (15 mi). Το σύνολο του δείγματος ατυχημάτων ήταν 301, από το 2007 έως το 2009, και τα δεδομένα της κυκλοφορίας αλλά και του καιρού συλλέγονταν σε πραγματικό χρόνο.

Για τη συλλογή δεδομένων προτιμήθηκε το σύστημα ανίχνευσης της αυτόματης ταυτοποίησης οχήματος (Automatic Vehicle Identification – AVI) έναντι των παραδοσιακών φωρατών. Το σύστημα αυτό, το οποίο δεν είναι παρεμβατικό (non-intrusive) χρησιμοποιείται σε αυτοκινητοδρόμους για τη συλλογή διοδίων αλλά και για υπολογισμούς και προβλέψεις χρόνων διαδρομών. Τα δεδομένα ταχυτήτων προέκυψαν ως ο χωρικός μέσος όρος 20 μετρητών του συστήματος. Έπειτα ομαδοποιήθηκαν σε ομάδες των έξι λεπτών. Στην περίπτωση συλλογής δεδομένων που **αφορούσαν σε εμφάνιση ατυχήματος**, και ανάλογα με τη χρονική στιγμή του κάθε ατυχήματος, τα δεδομένα προέρχονταν από τις δύο πλησιέστερες στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή ομάδες (6 και 12 λεπτά πριν τη στιγμή του ατυχήματος).

Στην περίπτωση συλλογής δεδομένων για κανονικές συνθήκες ροής, όπου δηλαδή υπήρχε η ανάγκη αποτύπωσης της ομαλής κατάστασης χωρίς την εμφάνιση ατυχημάτων, επιλέχθηκαν τυχαία μετρήσεις δεδομένων από το σύνολο. Η επιλογή είχε μοναδικό όρο να μην είχε συμβεί οδικό ατύχημα μέχρι και δύο ώρες πριν τη συγκεκριμένη ομάδα μετρήσεων. Όμοια τακτική τυχειότητας ακολουθήθηκε και κατά τη συλλογή καιρικών δεδομένων σε περιπτώσεις ατυχημάτων και κανονικών καταστάσεων. Τα γεωμετρικά δεδομένα αφορούσαν στην κατά μήκος κλίση του οδικού τμήματος, στην καμπυλότητα και στο πλάτος οδοστρώματος.

Το **τελικό σύνολο δεδομένων** αποτελούταν από δεδομένα τα οποία αφορούσαν 70 ατυχήματα κατά περιόδους χιονιού και 231 ατυχήματα κατά κανονικές (ξηρές) περιόδους, τα οποία συνόδευαν 256 και 624 περιπτώσεις μη εμφάνισης ατυχημάτων (non-crashes) αντίστοιχα, οι οποίες και επιλέχθηκαν τυχαία. Κατόπιν ακολουθήθηκε ανάλυση λογιστικής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος. Αναπτύχθηκαν δύο μοντέλα, ένα για περιόδους χιονιού και ένα για ξηρές περιόδους.

Τα **κύρια συμπεράσματα** της συγκεκριμένης έρευνας είναι τα ακόλουθα (Ahmed et al., 2011):

- Μοντέλα τα οποία λαμβάνουν υπόψη, εκτός από κυκλοφοριακά μεγέθη, γεωμετρικά αλλά και καιρικά χαρακτηριστικά είναι χρησιμότερα σε περιοχές όπου έχουν **έντονες** γεωμετρικές αλλά και καιρικές **διαφοροποιήσεις**, όπως οι ορεινές οδοί. Μοντέλα τα οποία λαμβάνουν υπόψη μόνο κυκλοφοριακά μεγέθη είναι κατάλληλα για περισσότερο ήπιες συνθήκες.
- Σε περιοχές με τέτοιες διαφοροποιήσεις, οι **επιρροές των κυκλοφοριακών μεγεθών** είναι διαφορετικές από τις περιοχές με ηπιότερες συνθήκες.
- Τέλος, προτείνεται η χρήση **ποικίλων στρατηγικών διαχείρισης** κυκλοφορίας ανάλογα με τα καιρικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κάθε οδικού τμήματος και την εποχή εφαρμογής.

2.3 Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν οι **σημαντικότερες έρευνες** με αντικείμενο συναφές με εκείνο της Διπλωματικής Εργασίας από την διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία. Πιο συγκεκριμένα, οι έρευνες οι οποίες παρατέθηκαν εξετάζαν την επιρροή των κυκλοφοριακών μεγεθών της ταχύτητας και του κυκλοφοριακού φόρτου στη σοβαρότητα αλλά και πιθανότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων μέσα από διάφορες προσεγγίσεις και περιοχές μελέτης. Η τελευταία έρευνα αναφέρθηκε σε χωριστό υποκεφάλαιο λόγω της μεθόδου προσέγγισης την οποία εισήγαγε, και αφορούσε στην πρόβλεψη εμφάνισης οδικών ατυχημάτων. Αυτή πραγματοποιήθηκε με βάση την απόκτηση δεδομένων από περιπτώσεις οδικών ατυχημάτων αλλά και συμπλήρωση των δεδομένων από περιπτώσεις κανονικών συνθηκών ροής (μη-ατυχημάτων). Από τη σύνθεση των βασικών σημείων των ερευνών που εξετάστηκαν, προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Σχετικά με την **επιρροή της ταχύτητας**, έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα τα οποία εξαρτούσαν τον δείκτη οδικών ατυχημάτων από την ταχύτητα μέσω εκθετικών σχέσεων. Επίσης εξάχθηκε το συμπέρασμα ότι η αύξηση της ταχύτητας επηρεάζει τον δείκτη ατυχημάτων περισσότερο σε μικρές αστικές οδούς από ότι σε μεγαλύτερες υπεραστικές. Σε λεπτομερέστερες αναλύσεις, ανακαλύφθηκαν επιπλέον επιρροές του πλάτους λωρίδας, της συχνότητας οδικών κόμβων και του κυκλοφοριακού φόρτου στον δείκτη ατυχημάτων.
- Επιπλέον, συμπεραίνεται ότι **μεγάλες διακυμάνσεις της ταχύτητας** μεμονωμένου οχήματος αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος. Όταν το όχημα κινείται σημαντικά ταχύτερα από τα υπόλοιπα εμφανίζει αυξημένες πιθανότητες ατυχήματος σε όλες τις περιπτώσεις, ενώ στην περίπτωση που κινείται σημαντικά βραδύτερα δεν υπάρχουν σαφή αποτελέσματα.
- Για δεδομένο οδικό τμήμα, η **αύξηση της ταχύτητας** οδηγεί σε αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος, ενώ η ακριβής σχέση παραμένει αντικείμενο περαιτέρω διερεύνησης.

- Όσον αφορά στην **επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου**, συνήθως εμφανίζεται ως θετική στην εμφάνιση ατυχημάτων (μετρήσεις κυρίως μέσω του δείκτη ατυχημάτων) και αρνητική στη σοβαρότητά τους (μεγαλύτεροι φόρτοι οδηγούν σε ατυχήματα μικρότερης σοβαρότητας).
- Είναι προτιμότερη η διερεύνηση της **ταυτόχρονης επιρροής** των κυκλοφοριακών μεγεθών από ότι ξεχωριστές διερευνήσεις. Ενδιαφέροντα αποτελέσματα παρουσιάζονται από τη χρήση δεδομένων **πραγματικού χρόνου** τα οποία αφορούν στην τοποθεσία και χρονική στιγμή του ατυχήματος. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει ιδιαίτερος αριθμός ερευνών στις οποίες να χρησιμοποιείται συστηματικά ανάλογη μεθοδολογία.
- Τα αποτελέσματα των ερευνών διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με την **περιοχή έρευνας** (αστική λεωφόρος, κόμβος αυτοκινητοδρόμων κλπ.).
- Υπάρχει **πληθώρα προσεγγίσεων**, μεθόδων απόκτησης δεδομένων και αναλύσεων, με τον κάθε ερευνητή να επιλέγει όποιες από αυτές κρίνει ότι ταιριάζουν καταλληλότερα στο ζήτημα προς διερεύνηση.
- Είναι δυνατή η προσέγγιση της **εμφάνισης ή όχι** οδικού ατυχήματος εξετάζοντας συνθήκες στις οποίες παρουσιάστηκε ατύχημα και συμπληρώνοντας τα δεδομένα με ικανό αριθμό περιπτώσεων όπου η ροή πραγματοποιούταν υπό κανονικές συνθήκες (περιπτώσεις μη-ατυχημάτων).

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται το **θεωρητικό υπόβαθρο** το οποίο αξιοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Ειδικότερα, παρουσιάζονται έννοιες από τα Μαθηματικά στις οποίες βασίζεται η στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Αρχικά αναφέρεται η βασικότερη μέθοδος ανάλυσης η οποία είναι η γραμμική παλινδρόμηση (linear regression). Έπειτα εξετάζεται η μέθοδος η οποία επιλέχθηκε για την ανάπτυξη των μοντέλων, δηλαδή εκείνη της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης (logistic regression). Ο λόγος ο οποίος οδήγησε σε αυτή την επιλογή είναι το είδος των εξαρτημένων μεταβλητών στα μοντέλα προς ανάπτυξη. Πράγματι, η σοβαρότητα και η εμφάνιση ατυχήματος είναι δυνατόν να παρασταθούν ως διακριτές μεταβλητές με δύο τιμές μόνο. Στη συνέχεια αναλύονται τα στοιχεία που αφορούν στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης και οι στατιστικοί έλεγχοι και τα λοιπά κριτήρια αποδοχής ή απόρριψης ενός μοντέλου. Τέλος, αναφέρονται οι βασικές λειτουργίες του ειδικού λογισμικού επεξεργασίας το οποίο χρησιμοποιήθηκε.

3.2 Βασικές στατιστικές έννοιες

Ο όρος **πληθυσμός** (population) αναφέρεται στο σύνολο των παρατηρήσεων του χαρακτηριστικού που ενδιαφέρει τη στατιστική έρευνα. Πρόκειται για ένα σύνολο στοιχείων που είναι τελείως καθορισμένα. Ένας πληθυσμός μπορεί να είναι πραγματικός ή θεωρητικός.

Ο όρος **δείγμα** (sample) αναφέρεται σε ένα υποσύνολο του πληθυσμού. Οι περισσότερες στατιστικές έρευνες στηρίζονται σε δείγματα, αφού οι ιδιότητες του πληθυσμού είναι συνήθως αδύνατο να καταγραφούν. Όλα τα στοιχεία που ανήκουν στο δείγμα ανήκουν και στον πληθυσμό, χωρίς να ισχύει το αντίστροφο. Τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από τη μελέτη του δείγματος θα ισχύουν με ικανοποιητική ακρίβεια για ολόκληρο τον πληθυσμό μόνο εάν το δείγμα είναι

αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού. Συνηθίζεται το πλήθος των στοιχείων ενός δείγματος να συμβολίζεται με το γράμμα n .

Με τον όρο **μεταβλητές** (variables) εννοούνται τα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν να μετρηθούν και να καταγραφούν σε ένα σύνολο ατόμων. Οι μεταβλητές διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Ποιοτικές μεταβλητές** (qualitative variables). Είναι οι μεταβλητές των οποίων οι δυνατές τιμές είναι κατηγορίες διαφορετικές μεταξύ τους. Η χρήση αριθμών για την παράσταση των τιμών μίας τέτοιας μεταβλητής είναι καθαρά συμβολική και δεν έχει την έννοια της μέτρησης. Η οικογενειακή κατάσταση είναι μια τέτοια μεταβλητή.
- **Ποσοτικές μεταβλητές** (quantitative variables). Είναι οι μεταβλητές με τιμές αριθμούς, που όμως έχουν τη σημασία της μέτρησης. Η ηλικία και ο αριθμός παιδιών μιας οικογένειας συνιστούν τέτοιες μεταβλητές. Οι ποσοτικές μεταβλητές διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες τις **διακριτές (ή ασυνεχείς)** και τις **συνεχείς**.

Σε μία διακριτή μεταβλητή η μικρότερη μη μηδενική διαφορά που μπορούν να έχουν δύο τιμές της είναι σταθερή ποσότητα. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο αριθμός των μελών της οικογένειας. Αντίθετα, σε μία συνεχή μεταβλητή δύο τιμές μπορούν να διαφέρουν κατά οποιαδήποτε μικρή ποσότητα. Ως παράδειγμα αναφέρεται η ηλικία, για την οποία η διαφορά ανάμεσα σε δύο τιμές θα μπορούσε να είναι χρόνια, μήνες, ημέρες, ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα. Στην πράξη, συνεχής θεωρείται μια μεταβλητή όταν μπορεί να λάβει όλες τις τιμές σε ένα διάστημα, διαφορετικά θεωρείται διακριτή.

Μέτρα κεντρικής τάσης (measures of central tendency): Σε περίπτωση ανάλυσης ενός δείγματος x_1, x_2, \dots, x_n η **μέση τιμή** \bar{x} υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Μέτρα διασποράς και μεταβλητότητας (measures of variability): Στην περίπτωση όπου τα δεδομένα αποτελούν ένα δείγμα, η **διακύμανση** συμβολίζεται με s^2 και διαιρείται με $n - 1$:

$$s^2 = \left[\frac{1}{(n-1)} \right] \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Όπου \bar{x} ο δειγματικός μέσος, δηλαδή η μέση τιμή των παρατηρήσεων στο δείγμα.

Η μαθηματική σχέση που δίνει την **τυπική απόκλιση** του δείγματος είναι:

$$s = (s^2)^{1/2} = \left\{ \left[\frac{1}{(n-1)} \right] \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right\}^{1/2}$$

Για την περίπτωση **συμμετρικά κατανεμημένου δείγματος** δεδομένων, σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα προκύπτει ότι το διάστημα:

- $(-s, +s)$ περιέχει περίπου το 68% των δεδομένων
- $(-2s, +2s)$ περιέχει περίπου το 95% των δεδομένων
- $(-3s, +3s)$ περιέχει περίπου το 99% των δεδομένων

Η **συνδιακύμανση** μεταβλητών (covariance of the two variables) αποτελεί ένα μέτρο της σχέσης μεταξύ δύο περιοχών δεδομένων. Συνεπώς, για δύο μεταβλητές X και Y ισχύει:

$$Cov(X, Y) = \left[\frac{1}{(n-1)} \right] \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]$$

Μέτρα αξιοπιστίας:

- **Επίπεδο εμπιστοσύνης:** η αναλογία των περιπτώσεων που μια εκτίμηση θα είναι σωστή.
- **Επίπεδο σημαντικότητας:** η αναλογία των περιπτώσεων που ένα συμπέρασμα είναι εσφαλμένο.

3.3 Συσχέτιση μεταβλητών – Συντελεστής συσχέτισης

Στη συνέχεια θεωρούνται δύο τυχαίες και συνεχείς μεταβλητές X και Y . Ο βαθμός της γραμμικής συσχέτισης των δύο αυτών μεταβλητών X και Y με διασπορά σ_X^2 και σ_Y^2 αντίστοιχα και συνδιασπορά $\sigma_{XY} = Cov(X, Y)$ καθορίζεται με τον **συντελεστή συσχέτισης** (correlation coefficient) ρ ο οποίος ορίζεται ως:

$$\rho = \left(\frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X} \right) \left(\frac{1}{\sigma_Y} \right)$$

Ο συντελεστής συσχέτισης ρ εκφράζει τον **βαθμό** και τον **τρόπο** που οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται. Δεν εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης των X και Y και λαμβάνει τιμές στο διάστημα $[-1, 1]$. Τιμές κοντά στο 1 δηλώνουν ισχυρή θετική συσχέτιση, τιμές κοντά στο -1 δηλώνουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση και τιμές κοντά στο 0 δηλώνουν γραμμική ανεξαρτησία των X και Y .

Η **εκτίμηση** του συντελεστή συσχέτισης ρ γίνεται με την αντικατάσταση στην ανωτέρω εξίσωση της συνδιασποράς σ_{XY} και των διασπορών σ_X και σ_Y , από όπου προκύπτει τελικά η έκφραση της εκτιμήτριας r :

$$r(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2]^{1/2} [\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2]^{1/2}}$$

3.4 Κανονική Κατανομή

Όπως γνωρίζουμε από τη θεωρία της στατιστικής για να μελετήσουμε τα διάφορα στατιστικά μεγέθη πρέπει να γνωρίζουμε τη μορφή της κατανομής που ακολουθούν οι τιμές τους. Μια από τις πιο σημαντικές κατανομές πιθανότητας για συνεχείς μεταβλητές είναι η **κανονική κατανομή** ή κατανομή του Gauss. Η συνάρτηση πυκνότητας της κατανομής αυτής είναι:

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

Όπου:

- μ , σταθερά ίση με τη μέση τιμή
- σ , σταθερά ίση με την τυπική απόκλιση

3.5 Μαθηματικά Πρότυπα

3.5.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Ο κλάδος της στατιστικής, ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη της μιας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis). Με τον όρο εξαρτημένη μεταβλητή εννοείται η μεταβλητή της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ με τον όρο ανεξάρτητη γίνεται αναφορά σε εκείνη τη μεταβλητή, η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία, αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές. Η εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται τυχαία και «καθοδηγείται» από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Προκειμένου να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών προκάλεσε τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων.

Η **ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου** αποτελεί μια στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Επισημαίνεται ότι η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές ή διακριτό μέγεθος.

Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές μέγεθος και ακολουθεί κανονική κατανομή χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης. Η απλούστερη περίπτωση γραμμικής παλινδρόμησης είναι η **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (simple linear regression).

Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση υπάρχει μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή X και μία εξαρτημένη μεταβλητή Y , που προσεγγίζεται ως μια **γραμμική συνάρτηση** του X . Η τιμή y_i της Y , για κάθε τιμή της x_i της X , δίνεται από την σχέση:

$$y_i = a + \beta x_i + \varepsilon_i$$

Το **πρόβλημα της παλινδρόμησης** είναι η εύρεση των παραμέτρων a και β που εκφράζουν καλύτερα τη γραμμική εξάρτηση της Y από τη X . Κάθε ζεύγος τιμών (a ,

β) καθορίζει μια διαφορετική γραμμική σχέση που εκφράζεται γεωμετρικά από ευθεία γραμμή και οι δύο παράμετροι ορίζονται ως εξής:

- Ο σταθερός όρος a είναι η τιμή του y για $x = 0$.
- Ο συντελεστής β του x είναι η κλίση (slope) της ευθείας ή αλλιώς ο **συντελεστής παλινδρόμησης** (regression coefficient). Εκφράζει την μεταβολή της μεταβλητής Y όταν η μεταβλητή X μεταβληθεί κατά μια μονάδα.

Η τυχαία μεταβλητή ε_i ονομάζεται **σφάλμα παλινδρόμησης** (regression error) και ορίζεται ως η διαφορά της y_i από τη δεσμευμένη μέση τιμή $E(Y|X = x_i)$, όπου $E(Y|X = x_i) = a + \beta x_i$

Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνονται οι παρακάτω **υποθέσεις**:

- Η μεταβλητή X είναι **ελεγχόμενη** για το πρόβλημα που μελετάται, δηλαδή οι τιμές της είναι γνωστές χωρίς καμία αμφιβολία.
- Η εξάρτηση της Y από τη X είναι **γραμμική**.
- Το **σφάλμα παλινδρόμησης** έχει μέση τιμή μηδέν για κάθε τιμή της X και η διασπορά του είναι σταθερή και δεν εξαρτάται από τη X , δηλαδή $E(\varepsilon_i) = 0$ και $Var(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2$.

Οι παραπάνω υποθέσεις για γραμμική σχέση και σταθερή διασπορά αποτελούν χαρακτηριστικά πληθυσμών με κανονική κατανομή. Συνήθως, λοιπόν, σε προβλήματα γραμμικής παλινδρόμησης υποθέτουμε ότι η δεσμευμένη κατανομή της Y είναι **κανονική**.

Στην περίπτωση που η τυχαία μεταβλητή Y εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία μεταβλητές X , $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k)$, γίνεται αναφορά στην **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** (multiple linear regression). Η εξίσωση που περιγράφει τη σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών είναι η εξής:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon_i$$

Οι **υποθέσεις** της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι ίδιες με εκείνες της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, δηλαδή υποθέτει κανείς ότι τα σφάλματα ε_i της παλινδρόμησης (όπως και η τυχαία μεταβλητή Y για κάθε τιμή της X) ακολουθούν κανονική κατανομή με σταθερή διασπορά. Γενικά το πρόβλημα και η εκτίμηση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης δεν διαφέρει ουσιαστικά από εκείνο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Ένα καινούριο στοιχείο στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι ότι πριν προχωρήσει κανείς στην εκτίμηση των παραμέτρων πρέπει να ελέγξει αν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο. Εκείνο που απαιτείται να εξασφαλιστεί είναι η **μηδενική συσχέτιση** των ανεξάρτητων μεταβλητών ($\rho(x_i, x_j) \forall i \neq j \rightarrow 0$).

3.5.2 Λογιστική Παλινδρόμηση

Στα μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης που περιγράφονται στο κεφάλαιο αυτό ισχύει η προϋπόθεση ότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής. Όμως στην περίπτωση που η **εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή** (όπως η εμφάνιση ή όχι οδικού ατυχήματος) χρησιμοποιείται η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης. Είναι δυνατή η έκβαση μιας κατηγορικής μεταβλητής με δύο (ή περισσότερες) κατηγορίες με τη χρήση ενός συνόλου συνεχών και διακριτών μεταβλητών. Σε αντίθεση με τη γραμμική παλινδρόμηση, η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η πιθανότητα η έκβαση του αποτελέσματος να ισούται με 1. Χρησιμοποιείται ο νεπέριος λογάριθμος για την πιθανότητα ή το λόγο πιθανοφάνειας (likelihood ratio), η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι ίση με 1 σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$Y = \text{Logit}(P) = \text{Ln} \left[\frac{P_i}{(1 - P_i)} \right] = B_0 + B_i X_i$$

Όπου:

P_i , η πιθανότητα η i -οστή περίπτωση να έχει έκβαση του αποτελέσματος ίση με τη μονάδα (π.χ. P_5 η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα στην 5^η περίπτωση)

B_0 , η σταθερά του μοντέλου

B_i , παραμετρικές εκτιμήτριες για τις ανεξάρτητες μεταβλητές X_i

($i = 1, 2, \dots, n$, όπου n το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών)

Η πιθανότητα κυμαίνεται από 0 ως 1, ενώ ο νεπέριος λογάριθμος $\text{Ln} \left[\frac{P_i}{(1 - P_i)} \right]$ κυμαίνεται από μείον άπειρο έως συν άπειρο. Όταν οι πιθανές κατηγορίες της

εξαρτημένης μεταβλητής είναι δύο, η ανάλυση ονομάζεται διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση (binary logistic regression), ενώ σε περίπτωση πλήθους κατηγοριών περισσότερων των δύο χρησιμοποιείται η πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση (multinomial logistic regression).

Η λογιστική παλινδρόμηση **χρησιμοποιείται για:**

1. Την **πρόβλεψη** ενός αποτελέσματος ή την **κατηγοριοποίηση** σε μία εκ των κατηγοριών της εξαρτημένης μεταβλητής, με βάση τις τιμές σε μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές.
2. Την **εκτίμηση σημαντικότητας** των ανεξάρτητων μεταβλητών στην πρόβλεψη ενός αποτελέσματος ή στην ομαδοποίηση σε μια κατηγορία.
3. Τον έλεγχο του **πόσο συμπίπτει** ένα μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης στα δεδομένα (goodness of fitness testing).
4. Τον έλεγχο **ανταγωνιστικών μοντέλων** σχετικά με τα αίτια του αποτελέσματος ή της κατηγοριοποίησης.
5. Εναλλακτικά της γραμμικής παλινδρόμησης, όταν **δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις**, στην περίπτωση πχ. που η εξαρτημένη μεταβλητή απέχει πολύ από την κανονική κατανομή και είναι λογική η διχοτόμησή της σε δύο κατηγορίες.
6. Την πρόβλεψη της κατηγορίας στην οποία ανήκουν **καινούριες περιπτώσεις**.

Η **λογική** της λογιστικής παλινδρόμησης είναι παρόμοια με αυτή της γραμμικής (πολλαπλής) παλινδρόμησης, με τη διαφορά ότι επειδή η εξαρτημένη μεταβλητή είναι κατηγορική, δεν προβλέπονται τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής, αλλά ταξινόμηση σε μία εκ των (δύο) κατηγοριών της (group membership).

Τα μοντέλα λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης υπολογίζουν την **καμπυλόγραμμη σχέση** ανάμεσα στην κατηγορική (διακριτή) μεταβλητή Y και στις μεταβλητές X_i οι οποίες μπορεί να είναι συνεχείς ή διακριτές. Η καμπύλη της λογιστικής παλινδρόμησης είναι προσεγγιστικά γραμμική στις μεσαίες τιμές και λογαριθμική στις ακραίες τιμές. Με απλό μετασχηματισμό της παραπάνω σχέσης οδηγούμαστε στην εξής νέα σχέση:

$$\frac{P_i}{(1 - P_i)} = e^{(B_0 + B_i X_i)} = e^{B_0} e^{B_i X_i}$$

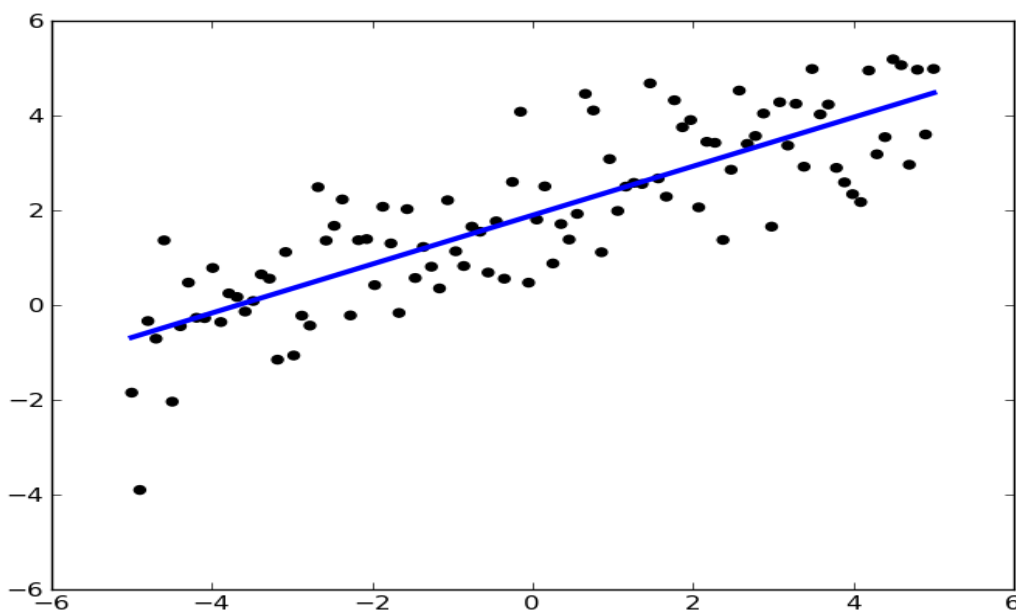
Η θεμελιώδης εξίσωση για τη λογιστική παλινδρόμηση δείχνει ότι όταν η τιμή μιας ανεξάρτητης μεταβλητής αυξηθεί κατά μια μονάδα και όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές παραμείνουν σταθερές ο **νέος λόγος πιθανοφάνειας** $\left[\frac{P_i}{(1-P_i)}\right]'$ δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\left[\frac{P_i}{(1-P_i)}\right]' = e^{B_0} e^{B_i(X_i+1)} = e^{B_0} e^{B_i X_i} e^{B_i}$$

Έτσι παρατηρείται ότι όταν η ανεξάρτητη μεταβλητή X_i **αυξηθεί κατά μια μονάδα**, με όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές παραμείνουν σταθερές, η πιθανότητα $\frac{P_i}{(1-P_i)}$ αυξάνεται κατά ένα συντελεστή e^{B_i} .

3.5.3 Εκτίμηση των παραμέτρων

Η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται με τη **μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων** (method of least squares). Ο προσδιορισμός των β_i δίνει μια προσεγγιστική ευθεία, που συνδέει τις τιμές της μεταβλητής Y δοθέντων των τιμών της X . Η ευθεία που προκύπτει λέγεται **ευθεία παλινδρόμησης της Y πάνω στην X** . Σκοπός είναι το άθροισμα των τετραγώνων των κατακόρυφων αποστάσεων των σημείων (X, Y) από την ευθεία να είναι ελάχιστο. Ακολουθεί ένα ενδεικτικό διάγραμμα μιας ευθείας ελαχίστων τετραγώνων.



Διάγραμμα 3.1: Ευθεία ελαχίστων τετραγώνων

3.6 Διαδικασία ανάπτυξης και αποδοχής μοντέλου

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο υποκεφάλαιο, οι **βασικές προϋποθέσεις** που εξετάζονται **πριν την ανάπτυξη ενός μοντέλου** αφορούν καταρχήν στην κανονικότητα. Βάσει της προϋπόθεσης αυτής, απαιτείται οι τιμές της μεταβλητής Y να ακολουθούν κανονική κατανομή.

Η **μη-συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών** αποτελεί τη δεύτερη βασική προϋπόθεση. Σύμφωνα με αυτή, οι ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους ($\rho(x_i, x_j) \forall i \neq j \rightarrow 0$), γιατί σε αντίθετη περίπτωση δεν είναι δυνατή η εξακρίβωση της επιρροής της κάθε μεταβλητής στο αποτέλεσμα. Αν δηλαδή, σε ένα μοντέλο εισάγονται δύο μεταβλητές που σχετίζονται μεταξύ τους εμφανίζονται προβλήματα μεροληψίας και επάρκειας.

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση ενός μοντέλου **μετά τη διαμόρφωσή του** είναι τα πρόσημα και οι τιμές των συντελεστών β_i της εξίσωσης, η στατιστική σημαντικότητα, η ποιότητα του μοντέλου και το σφάλμα της εξίσωσης.

Όσον αφορά στους **συντελεστές της εξίσωσης**, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα λογικής ερμηνείας των προσήμων τους. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντίθετα, αρνητικό πρόσημο συνεπάγεται μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που η ταχύτητα κίνησης αποτελεί την ανεξάρτητη μεταβλητή και η σοβαρότητα ατυχήματος την εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου, με βάση τη λογική θα πρέπει ο συντελεστής β_i της ταχύτητας να έχει θετικό πρόσημο. Η τιμή του συντελεστή θα πρέπει και αυτή να ερμηνεύεται λογικά δεδομένου ότι, αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής (x_i) κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β_i μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά τότε αναφερόμαστε στην ελαστικότητα (elasticity).

Η **ελαστικότητα** αντικατοπτρίζει την ευαισθησία μιας εξαρτημένης μεταβλητής Y στην μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης

μεταβλητής που προκαλεί η 1% μεταβολή της ανεξάρτητης. Η ελαστικότητα, για γραμμικά πρότυπα, δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$e_i = \left(\frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} \right) \left(\frac{X_i}{Y_i} \right) = \beta_i \left(\frac{X_i}{Y_i} \right)$$

Επισημαίνεται ότι η παραπάνω σχέση εφαρμόζεται αποκλειστικά σε συνεχείς μεταβλητές. Για διακριτές μεταβλητές χρησιμοποιείται η έννοια της **ψευδοελαστικότητας**, η οποία περιγράφει την μεταβολή στην τιμή της πιθανότητας επιλογής κατά τη μετάβαση από τη μία τιμή της διακριτής μεταβλητής στην άλλη. Η μαθηματική σχέση για τον υπολογισμό της ψευδοελαστικότητας δίνεται ακολούθως:

$$E_{x_{ik}}^{P(i)} = e^{\beta_{ik}} \frac{\sum_{l'=1}^I e^{\beta_{i'l'} x_{\nu}}}{\sum_{l'=1}^I e^{\Delta(\beta_{i'l'} x_{\nu})}} - 1$$

Όπου:

- I , το πλήθος των πιθανών επιλογών
- x_{ik} , η τιμή της μεταβλητής k , για την εναλλακτική i , του ατόμου ν
- $\Delta(\beta_{i'l'} x_{\nu})$, η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της $x_{\nu k}$ έχει μεταβληθεί από 0 σε 1
- $\beta_{i'l'} x_{\nu}$, η αντίστοιχη τιμή όταν η x_{ik} έχει τιμή 0
- β_{ik} , η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής $x_{\nu k}$

Η **στατιστική εμπιστοσύνη του μοντέλου** αξιολογείται μέσω του ελέγχου **t-test** (κριτήριο t της κατανομής Student). Με τον δείκτη t προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών, καθορίζονται δηλαδή ποιές μεταβλητές θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Ο συντελεστής t εκφράζεται με τη σχέση:

$$t_{stat} = \frac{\beta_i}{s.e.}$$

Όπου $s.e.$ το τυπικό σφάλμα (standard error).

Βάσει της ανωτέρω σχέσης, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα τόσο αυξάνεται ο συντελεστής t_{stat} . και συνεπώς αυξάνεται η **επάρκεια** (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t , (κατά απόλυτη τιμή), τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της

συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στον πίνακα 3.1 που δίνεται στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κρίσιμες τιμές του συντελεστή t (t^*) για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης.

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

Πίνακας 3.1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t .

Ως βαθμοί ελευθερίας (degrees of freedom) τίθεται το πλήθος δείγματος μείον ένα. Έτσι για μέγεθος δείγματος 81 (άρα βαθμοί ελευθερίας 80) και επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι $t^* = 1,7$ και για επίπεδο εμπιστοσύνης 90% είναι $t^* = 1,3$. Αν λοιπόν έχουμε $t = -3,2$ για κάποια ανεξάρτητη μεταβλητή X_i τότε παρατηρείται ότι η **απόλυτη τιμή** του t είναι μεγαλύτερη από την τιμή του $t^*(1,7)$ και άρα είναι αποδεκτή η μεταβλητή ως στατιστικά σημαντική για το 95% των περιπτώσεων.

Στα μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης ισχύει ό,τι και σε αυτά της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, με τη διαφορά ότι αντί για το t-test χρησιμοποιείται το **Wald test**. Το Wald test ορίζεται και λειτουργεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως το t-test, δηλαδή για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η τιμή του Wald θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1,7 περίπου για κάθε μεταβλητή.

Καίριος παράγοντας για την επιλογή μεταβλητών σε ένα μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης είναι η **πιθανοφάνεια** (likelihood). Για την εκτίμηση της επιρροής των παραμέτρων β χρησιμοποιείται η μέθοδος μέγιστης πιθανοφάνειας. Για την επίτευξη της υψηλότερης δυνατής πιθανοφάνειας επιδιώκεται ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας $L = -\log(\text{likelihood})$ να είναι όσο τον δυνατόν μικρότερος. Κατά τη σύγκριση δύο ή περισσότερων μοντέλων προτιμάται αυτό με το μικρότερο λογάριθμο της συνάρτησης πιθανοφάνειας L .

Με την εισαγωγή κάθε νέας μεταβλητής σε ένα μοντέλο αυξάνεται η συνθετότητά του, ενώ στην πραγματικότητα είναι πιθανό να μην υπάρχει σημαντική αύξηση στην αξιοπιστία του, δηλαδή η νέα μεταβλητή να μην προσφέρει κάτι σημαντικό. Για

αυτό το λόγο χρησιμοποιείται ο **έλεγχος λόγου πιθανοφάνειας** (Likelihood Ratio Test – LRT), το οποίο λειτουργεί ως εξής:

Έστω:

- $L(0)$, λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας αρχικού μοντέλου χωρίς τις p νέες μεταβλητές
- $L(p)$, λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας νεότερου μοντέλου με τις p νέες μεταβλητές
- $LRT = -2(L(p) - L(0))$
- $\chi^2_{p,0.05}$, η τιμή του κριτηρίου χ^2 για p βαθμούς ελευθερίας και επίπεδο σημαντικότητας 5%

Εάν ισχύει $LRT > \chi^2_{p,0.05}$, το νέο μοντέλο είναι **στατιστικά προτιμότερο** από το αρχικό και οι p νέες μεταβλητές θεωρούνται στατιστικά σημαντικές. Επισημαίνεται ότι οι διακριτές μεταβλητές με k κατηγορίες έχουν $k - 1$ βαθμούς ελευθερίας, ενώ οι συνεχείς έχουν πάντοτε ένα βαθμό ελευθερίας.

Μετά τον έλεγχο της στατιστικής εμπιστοσύνης, εξετάζεται η **ποιότητα του μοντέλου**. Η ποιότητα του μοντέλου καθορίζεται βάσει του **συντελεστή προσαρμογής** R^2 . Ο συντελεστής R^2 χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο και ορίζεται από τη σχέση:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST}$$

Όπου:

$$SSR = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 = \beta^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

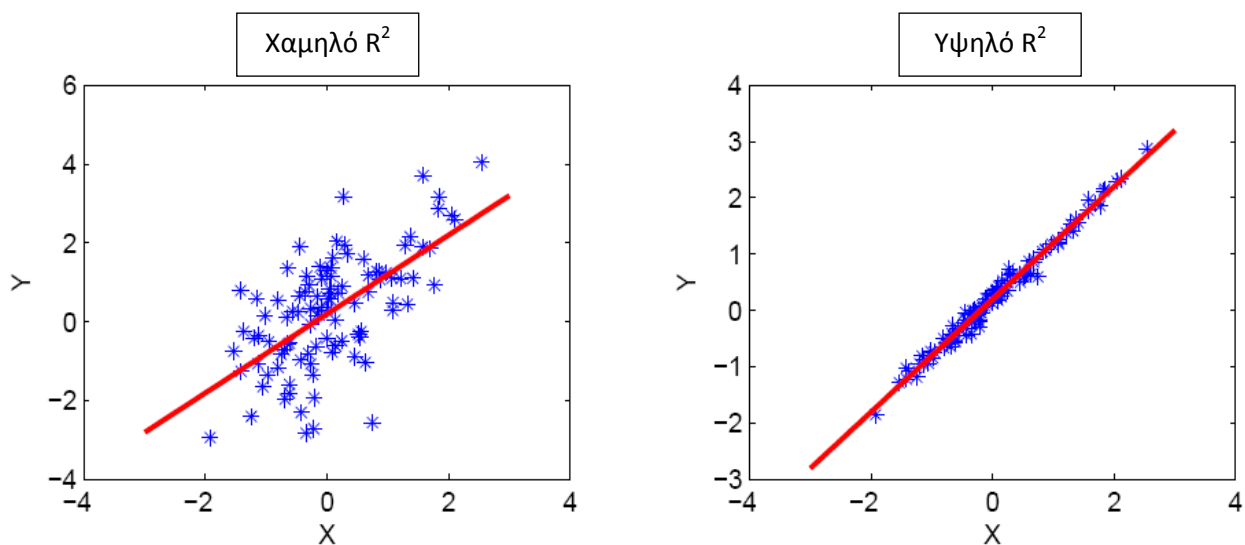
και:

$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Τα αρχικά SSR και SST έχουν προέλθει από τις φράσεις υπόλοιπο άθροισμα τετραγώνων (Residual Sum of Squares) και συνολικό άθροισμα τετραγώνων (Total Sum of Squares), αντίστοιχα. Με \hat{y} συμβολίζεται η προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένες μεταβλητές από τις ανεξάρτητες.

Ο συντελεστής R^2 **εκφράζει** το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από την μεταβλητή X . Λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή γίνεται η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X . Ο συντελεστής R^2 έχει **συγκριτική αξία**. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του R^2 που είναι αποδεκτή ή απορριπτέα, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του R^2 .

Θα πρέπει να τονιστεί ότι χρειάζεται προσοχή στη χρησιμοποίηση του r και του R^2 . Το R^2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως **μέτρο ισχυρότητας** της γραμμικής σχέσης **ανεξάρτητα** από το αν το X παίρνει καθορισμένες τιμές ή αν είναι τυχαία μεταβλητή. Αντίθετα το r μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο αν το Y και το X είναι τυχαίες μεταβλητές. Επομένως, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία που οι ανεξάρτητες μεταβλητές X_i είναι καθορισμένες, χρησιμοποιείται ο συντελεστής R^2 ως κριτήριο καταλληλότητας του μοντέλου. Στα ακόλουθα διαγράμματα 3.2 και 3.3 παρατίθεται παράδειγμα υψηλού και χαμηλού συντελεστή R^2 .



Διαγράμματα 3.2 και 3.3: Παραδείγματα υψηλού και χαμηλού συντελεστή R^2

Όσον αφορά στο **σφάλμα** της εξίσωσης του μοντέλου, αυτό θα πρέπει να πληροί τις τρεις ακόλουθες προϋποθέσεις για τη γραμμική παλινδρόμηση:

- Να ακολουθεί κανονική κατανομή
- Να έχει σταθερή διασπορά, $Var(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2 = c$
- Να έχει μηδενική συσχέτιση, $\rho(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0, \forall i \neq j$

Αναφέρεται ότι η **διασπορά του σφάλματος** εξαρτάται από το συντελεστή προσδιορισμού R^2 . Όσο μεγαλύτερο είναι το R^2 τόσο μικρότερη είναι η διασπορά του σφάλματος, δηλαδή τόσο καλύτερη είναι η πρόβλεψη που βασίζεται στην ευθεία παλινδρόμησης.

Τέλος, για μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης εφαρμόζεται και ο στατιστικός έλεγχος **Hosmer-Lemeshow test** (Hosmer και Lemeshow, 2000). Ο έλεγχος αξιολογεί κατά πόσο οι παρατηρηθείσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής ταιριάζουν με τις προβλεφθείσες σε υποομάδες του δείγματος του μοντέλου. Ειδικότερα, το Hosmer-Lemeshow test επιλέγει περίπου 10 ομάδες διαχωρίζοντας τις προβλεπόμενες πιθανές τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής με βάση τα ποσοστά από την πιθανότητα εμφάνισης του ολικού εξεταζόμενου μεγέθους.

Εάν οι τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών x_i και $x_{i'}$ είναι ίσες, οι δύο σειρές δεδομένων τοποθετούνται στην ίδια **υποομάδα**. Οι σειρές υποομάδων τοποθετούνται στις ομάδες ανάλογα με τον αρχικό διαχωρισμό τους. Έτσι είναι πιθανό να προκύψουν ομάδες μικρότερες των 10, με αντίστοιχους βαθμούς ελευθερίας.

Εάν υποτεθεί ότι υπάρχουν L υποομάδες, ότι η υποομάδα λ έχει μ_λ παρατηρήσεις με $\lambda = (1, 2, \dots, L)$, και ότι η ομάδα i με $i = (1, 2, \dots, \nu)$ περιέχει τις υποομάδες $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_\lambda$, τότε ο **ολικός αριθμός παρατηρήσεων** στην ομάδα i δίνεται από τη σχέση:

$$s_i = \sum_{\lambda=1}^L \sum_{j=1}^i \mu_j$$

Ο έλεγχος πραγματοποιείται με βάση την ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$\chi_{HL}^2 = \sum_{i=1}^{\nu} \frac{(O_{1i} - E_{1i})^2}{E_{1i}(1 - \xi_i)}$$

Όπου:

- ξ_i , η μέση προβλεπόμενη πιθανότητα εμφάνισης του εξεταζόμενου μεγέθους στην ομάδα i

- O_{1i} , η ολική παρατηρούμενη συχνότητα εμφάνισης του εξεταζόμενου μεγέθους στην ομάδα i
- E_{1i} , η ολική προβλεπόμενη συχνότητα εμφάνισης του εξεταζόμενου μεγέθους στην ομάδα i . Προκύπτει από τη μαθηματική σχέση:

$$E_{1i} = \xi_i s_i$$

Κατόπιν η τιμή χ_{HL}^2 **συγκρίνεται** με αυτήν της κατανομής χ^2 για βαθμούς ελευθερίας ίσους με $\nu - 2$ και ανάλογης με το επιθυμητό επίπεδο εμπιστοσύνης. Για παράδειγμα, αν σε δείγμα μεγέθους 10 παρατηρήσεων με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% προκύψει $\chi_{HL}^2 = 20,37$ και συγκριθεί με το $\chi^2 = 15,51$ για 8 βαθμούς ελευθερίας και ίδιο επίπεδο εμπιστοσύνης, προκύπτει ότι ο έλεγχος είναι επιτυχής και το μοντέλο ταιριάζει αξιόπιστα στα δεδομένα του συγκεκριμένου δείγματος. Πολλές φορές εισάγεται ως σημαντικότητα του ελέγχου μια συγκεκριμένη τιμή την οποία ο έλεγχος πρέπει να υπερβεί (π.χ. 0,05 για επίπεδο εμπιστοσύνης 5%).

Επισημαίνεται ότι σε περιπτώσεις λογιστικής παλινδρόμησης ο έλεγχος Hosmer-Lemeshow test **θεωρείται πιο αξιόπιστος** από το συντελεστή R^2 λόγω της πιθανής μη γραμμικότητας των αναλύσεων.

3.7 Λειτουργία του ειδικού στατιστικού λογισμικού

Στο παρόν υποκεφάλαιο αναφέρονται ενδεικτικά τα θεωρητικά στοιχεία που συνδέονται με τη λειτουργία του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε κατά την ανάπτυξη των μοντέλων. Η **στατιστική ανάλυση** των δεδομένων που συλλέχθηκαν πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του ειδικού στατιστικού λογισμικού IBM SPSS Statistics (έκδοση αρ. 20). Αφού καταχωρήθηκαν τα στοιχεία σε ειδικές βάσεις δεδομένων, μεταφέρθηκαν στο στατιστικό λογισμικό στο πεδίο δεδομένων και ακολουθήθηκαν οι ενέργειες που συνοπτικά παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Αρχικά, **καθορίστηκαν οι μεταβλητές** στο πεδίο μεταβλητών (variable view). Εκεί δίνονται οι ονομασίες και καθορίζονται οι ιδιότητές τους (όνομα, τύπος μεταβλητής, αριθμός ψηφίων, κωδικοποίηση τιμών κ.α). Είναι σημαντικό να γίνει

διάκριση των μεταβλητών σε συνεχείς (scale), διατεταγμένες (ordinal) και διακριτές (nominal).

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε η εντολή **Analyze** για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Η εντολή αυτή περιλαμβάνει τις παρακάτω επιλογές:

- **Descriptive Statistics:** Διαδικασίες για την παραγωγή περιγραφικών αποτελεσμάτων. Πρόκειται για χρήσιμα στατιστικά περιγραφικά μεγέθη (μέσος όρος, τυπική απόκλιση, μέγιστο, ελάχιστο).
- **Correlate:** Η διαδικασία που μετράει τη συσχέτιση ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών. Από εδώ επιλέγεται η εντολή **Bivariate correlations**. Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο πλαίσιο Variables και χρησιμοποιείται ο συντελεστής συσχέτισης **Pearson** αν πρόκειται για συνεχείς μεταβλητές και ο συντελεστής συσχέτισης **Spearman** αν πρόκειται για διακριτές μεταβλητές.
- **Regression:** Η διαδικασία εκτελεί διάφορα είδη αναλύσεων παλινδρόμησης, μία εκ των οποίων είναι η λογιστική, η οποία και χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη των μοντέλων. Λόγω της φύσης των εξαρτημένων μεταβλητών, επιλέχθηκε η διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση (binary logistic). Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές με τις οποίες θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο Covariate(s). Στο πλαίσιο Method μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών. Αυτή συνήθως αφήνεται Enter που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όσες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Covariate(s) με τη σειρά που αναγράφονται εκεί, αν και δοκιμάστηκαν και άλλες μέθοδοι. Στην επιλογή Options επιλέγεται η πραγματοποίηση ή όχι του ελέγχου Hosmer-Lemeshow test, η εισαγωγή σταθεράς ή όχι στο μοντέλο και η αναλογία κατηγοριοποίησης.

Τέλος, τα **αποτελέσματα** εμφανίζονται στα δεδομένα εξόδου. Για τον έλεγχο καταλληλότητας του μοντέλου εφαρμόζονται τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν.

Επιδιώκεται:

- Οι τιμές και τα πρόσημα των **συντελεστών παλινδρόμησης β_i** να μπορούν να εξηγηθούν λογικά για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή.
- Η τιμή του στατιστικού **ελέγχου t ή Wald** να είναι μεγαλύτερη από την τιμή 1,7 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.
- Ο **έλεγχος Hosmer-Lemeshow test** να εμφανίζει τιμή πάνω από 5% για επίπεδο σημαντικότητας 95%.
- Το **επίπεδο σημαντικότητας κάθε μεταβλητής** να είναι μικρότερο από 5%. Κατ' εξαίρεση ίσως γίνονται δεκτές μεταβλητές με επίπεδο σημαντικότητας λίγο μεγαλύτερο του 5%, αλλά σε καμία περίπτωση μεγαλύτερο του 10%.
- Τα τελικά μοντέλα να έχουν όσο το δυνατόν **χαμηλότερο LRT**, ειδικά σε σχέση με τα αρχικά (μοντέλα χωρίς μεταβλητές).
- Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 να είναι **κατά το δυνατό μεγαλύτερος**, αν και δευτερεύων στην ανάλυση λογιστικής παλινδρόμησης.

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Μετά την αναγνώριση της γενικότερης εικόνας του προβλήματος οδικής ασφάλειας και την αναγκαιότητα αντιμετώπισης των οδικών ατυχημάτων, αποφασίστηκε η συσχέτιση της σοβαρότητας και της πιθανότητας εμφάνισης οδικών ατυχημάτων με τα κυκλοφοριακά μεγέθη ως το αντικείμενο διερεύνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση και θεμελιώθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο βασίζεται η ανάλυση των δεδομένων. Αποφασίστηκε η έρευνα να αφορά σε μακροσκοπική ανάλυση και να έχει ως περιοχή μελέτης μία αστική λεωφόρο. Για αυτό το σκοπό επιλέχθηκε η λεωφόρος Κηφισίας στην Αθήνα.

Το παρόν κεφάλαιο αφορά στη **συλλογή και επεξεργασία δεδομένων** που προηγήθηκε της ανάλυσής τους. Παρουσιάζονται, στα επόμενα δύο υποκεφάλαια, αφενός οι διαδικασίες απόκτησης των δεδομένων μέσω των συστημάτων του Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. και του Κ.Δ.Κ. και αφετέρου οι ενέργειες συνδυασμού και κωδικοποίησης των δεδομένων για την εισαγωγή τους σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αναφέρεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε κατά τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή καθώς και η αντιμετώπιση των διαφόρων προβλημάτων που προέκυψαν.

4.2 Συλλογή Δεδομένων

4.2.1 Σύστημα Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων (Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.)

Αρχικά παρουσιάστηκε αναγκαία η συλλογή δεδομένων για την τοποθεσία, τη χρονική στιγμή και τον αριθμό των οδικών ατυχημάτων τα οποία συνέβησαν στην εξεταζόμενη περιοχή. Για αυτό το σκοπό αξιοποιήθηκε η **βάση δεδομένων του Συστήματος Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων (Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.)** του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής (Τ.Μ.Σ.Υ.) του Ε.Μ.Π.

Στο Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. περιέχονται τα **στοιχεία οδικών ατυχημάτων** της Ελλάδας, τα οποία συμπληρώνονται λεπτομερώς στο Δελτίο Οδικού Τροχαίου Ατυχήματος (Δ.Ο.Τ.Α.) από την Τροχαία Αστυνομία μετά το συμβάν ενός οδικού ατυχήματος το οποίο είχε ως αποτέλεσμα τραυματισμό ή θάνατο προσώπου. Κατόπιν ακολουθεί κωδικοποίηση των στοιχείων από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) (πρώην Εθνική Στατιστική Υπηρεσία – Ε.Σ.Υ.Ε.), όπου κάθε μεταβλητή λαμβάνει συγκεκριμένες αριθμητικές και αλφαριθμητικές τιμές. Αυτή η συλλογή και ταξινόμηση εξασφαλίζει την ορθότητα των στοιχείων αλλά και τη διαθεσιμότητά τους στους ερευνητές. Τα στοιχεία από τα Δ.Ο.Τ.Α. αποτελούν για την Ελλάδα κύρια πηγή στοιχείων οδικών ατυχημάτων, και αποτέλεσαν το θεμελιώδες τμήμα της βάσης δεδομένων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Ένα Δ.Ο.Τ.Α. παρατίθεται σε πλήρη μορφή στο Παράρτημα Α.

Στη συνέχεια αναφέρονται υπό μορφή καταλόγου **όλες οι μεταβλητές** οι οποίες συμπληρώνονται σε ένα Δ.Ο.Τ.Α. ύστερα από ένα οδικό ατύχημα και κατόπιν κωδικοποιούνται κατάλληλα από την ΕΛ.ΣΤΑΤ..

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1) Αύξων αριθμός ατυχήματος | 15) Τύπος ατυχήματος πρώτης σύγκρουσης |
| 2) Τόπος ατυχήματος | 16) Ελιγμός οχήματος Α που πιθανόν συντέλεσε στο ατύχημα |
| 3) Είδος οδού | 17) Θέση και κίνηση παθόντων πεζών |
| 4) Χρόνος ατυχήματος | 18) Ρύθμιση κυκλοφορίας, σήμανση και σηματοδότηση |
| 5) Παθόντες | 19) Σκαρίφημα |
| 6) Αριθμός οχημάτων | 20) Δίπλωμα οδήγησης – κατηγορία και έτος απόκτησης αυτού |
| 7) Είδος οδοστρώματος | |
| 8) Ατμοσφαιρικές συνθήκες | |
| 9) Συνθήκες οδοστρώματος | |
| 10) Κατάσταση οδοστρώματος | |
| 11) Φωτισμός κατά τη νύχτα | |
| 12) Ειδικά στοιχεία οχήματος | |
| 13) Τύπος οδού | |
| 14) Γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδού | |

Τα στοιχεία αυτά υφίστανται μια **δευτερογενή επεξεργασία – κωδικοποίηση**, με βάση την οποία 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 Δ.Ο.Τ.Α. που κωδικογραφούνται στην ΕΛ.ΣΤΑΤ.. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η βάση δεδομένων αναφέρεται σε στοιχεία οδικών ατυχημάτων από το 1996 έως το 2010.

Το Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. λειτουργεί ως βάση δεδομένων μορφής Microsoft Access, με τα στοιχεία του να προέρχονται από τις βάσεις δεδομένων της ΕΛ.ΣΤΑΤ. και να ενημερώνονται σε ετήσια βάση. Με τη διατύπωση **κατάλληλων ερωτημάτων** από το χρήστη αντλούνται τα επιθυμητά δεδομένα για τα ζητήματα υπό εξέταση, τα οποία είναι διαθέσιμα υπό μορφή πινάκων για περαιτέρω επεξεργασία.

Το Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την έρευνα στον τομέα της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα, καθώς ο ερευνητής έχει άμεση πρόσβαση σε πληθώρα αναλυτικών δεδομένων ατυχημάτων σε εθνικό επίπεδο και σε βάθος πολλών ετών. Μολαταύτα, η χρήση της βάσης δεδομένων και του συστήματος γενικότερα **απαιτεί προσοχή** καθώς τα στοιχεία τα οποία εμπεριέχει είναι εμπιστευτικού χαρακτήρα και θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο σε ερευνητικές δραστηριότητες με σκοπό τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας.

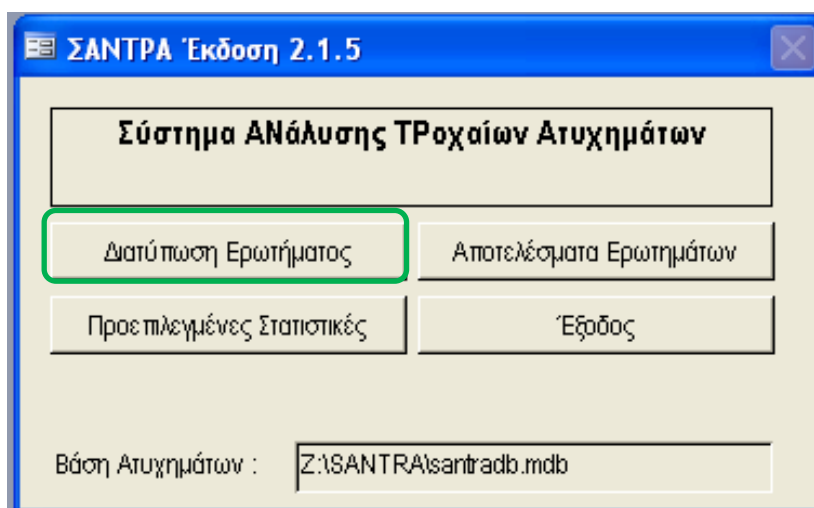
Κατά την υποβολή ερωτήματος, αφού επιλέξει την έκδοση του λογισμικού προς χρήση, ο χρήστης επιλέγει ένα από τα τέσσερα προαναφερθέντα αρχεία (ατυχήματος, οχήματος, προσώπου, εξοπλισμού ασφαλείας) από το οποίο θα αντληθούν τα στοιχεία. Η επιλογή αυτή πραγματοποιείται με βάση το **αντικείμενο προς διερεύνηση**. Κατόπιν επιλέγεται τοποθεσία και χρονολογίες ενδιαφέροντος, και οριοθετείται έτσι το ερώτημα. Έχει καθοριστεί δηλαδή το υποσύνολο των ατυχημάτων της βάσης δεδομένων τα οποία θα εξεταστούν, καθώς και η σκοπιά εξέτασής τους.

Εκτός από τα δεδομένα συμβάντων ατυχημάτων και παθόντων, **πρόσθετοι παράγοντες** είναι επιθυμητοί στην ανάλυση προκειμένου να κατανοηθούν οι

συνθήκες οι οποίες οδηγούν σε οδικό ατύχημα αυξημένης σοβαρότητας. Στοιχεία για αυτούς τους παράγοντες, οι οποίοι έχουν τη μορφή των λοιπών χαρακτηριστικών κάθε οδικού ατυχήματος, παρέχονται μέσω του Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. κατά το στάδιο της **ομαδοποίησης**. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η διερεύνηση για το ποιοί παράγοντες έχουν αυξημένη επιρροή στη σοβαρότητα οδικών ατυχημάτων αντλήθηκε μεγάλος αριθμός μεταβλητών οι οποίες κρίθηκε ότι αναφέρονται στο οδικό ατύχημα και είναι δυνατόν να παρέχουν ενδιαφέρουσες πληροφορίες.

Με την **υποβολή** του πλήρους ερωτήματος πραγματοποιείται η εκτέλεσή του από το λογισμικό, και τα στοιχεία εμφανίζονται όπως αυτά έχουν ζητηθεί και ομαδοποιηθεί σε αρχείο μορφής Microsoft Access. Για την περαιτέρω επεξεργασία τους το μόνο που απαιτείται είναι μια απλή μεταφορά σε αρχείο Microsoft Excel. Επίσης δίνεται στο χρήστη δυνατότητα επανασκόπησης του ερωτήματός του για έλεγχο.

Ακολουθεί μια σειρά εικόνων (4.1 – 4.8) οι οποίες παρουσιάζουν τα **στάδια** δημιουργίας και υποβολής ερωτήματος στο Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.:



Εικόνα 4.1: Αρχική οθόνη Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. –
Επιλογή διατύπωσης ερωτήματος

Εικόνα 4.2: Επιλογή έκδοσης Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.

Εικόνα 4.3: Επιλογή μετρούμενης μονάδας
(αρχείου προς προσπέλαση)

Εικόνα 4.4: Περιγραφή ατυχημάτων προς ανάκτηση

έτος του ατυχήματος	μήνα του ατυχήματος	ημέρα του ατυχήματος	ώρα του ατυχήματος	δήμος του ατυχήματος	αριθμό οδού το ατυχήματος	αριθμό λωρίδων	συνθήκες φωτισμού	πλήθος νεκρών	πλήθος βαριάς βλάβης	πλήθος ελαφρών βλαβών
2006	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	22	18	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ		3	Νύχτα	0	0	0
2006	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	23	6	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ		3	Νύχτα	0	0	0
2006	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	23	13	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ	029	3	Μέρα	0	0	0
2006	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	24	3	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ	82	3	Νύχτα	0	0	0
2006	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	25	5	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ		3	Νύχτα	0	0	0
2006	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	25	17	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ	085	3	Σούρουπο	0	0	0
2006	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	26	5	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ		3	Νύχτα	0	0	0
2006	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	26	16	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ	342	3	Μέρα	0	0	0
2006	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	28	16	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ		3	Μέρα	0	0	0
2006	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	28	20	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ		3	Νύχτα	0	0	0
2006	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	29	5	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ		3	Νύχτα	0	0	0
2007	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2	14	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ		3	Μέρα	0	0	0
2007	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7	3	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ		3	Νύχτα	0	0	0
2007	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	11	16	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ	80	3	Μέρα	0	0	0
2007	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	19	19	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘ		3	Νύχτα	0	0	0

Εικόνα 4.8: Ενδεικτικό αρχείο πίνακα αποτελεσμάτων

Τα **δεδομένα** για την αντιμετώπιση των ζητημάτων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, όπως αυτά έχουν τεθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, **αφορούν** σε όλα τα ατυχήματα τα οποία συνέβησαν στην λεωφόρο Κηφισίας και είχαν παθόντες πέρα από υλικές ζημιές. Συνεπώς, ως αρχείο αναφοράς τέθηκε το αρχείο που αφορά στα στοιχεία ατυχημάτων (Accident Table). Για να είναι το δείγμα στατιστικά σημαντικό, εκτιμήθηκε ότι στοιχεία για περισσότερα του ενός έτους θα είναι απαραίτητα. Κατά συνέπεια, αποφασίστηκε να αντληθούν δεδομένα της τελευταίας διαθέσιμης πενταετίας, μεταξύ των ετών 2006 και 2010, της αστικής λεωφόρου Κηφισίας στην Αθήνα.

Κατόπιν ακολούθησε **μεταφορά** των αποκτηθέντων δεδομένων στο λογισμικό Microsoft Excel και **επεξεργασία** τους ώστε να είναι έτοιμα και συμβατά με τις απαιτήσεις του επόμενου σταδίου συλλογής στοιχείων, το οποίο υλοποιήθηκε στο Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας της Αθήνας (Κ.Δ.Κ). Αρχικά, συμπύχθηκαν οι ημερομηνίες σε αριθμητική γραφή (π.χ. 6/1/2006) ώστε να είναι ευκολότερος ο καθορισμός τους για κάθε ατύχημα με χρήση μίας μόνο στήλης. Έπειτα, για τη συλλογή δεδομένων με ακρίβεια, αποκλείστηκαν όσα ατυχήματα είχαν άγνωστο αριθμό οδού, χωρίς δηλαδή επαρκή στοιχεία τοποθεσίας τους πέρα από το δήμο ατυχήματος. Τέλος, με βάση τους απομείναντες (γνωστούς) αριθμούς ατυχημάτων δημιουργήθηκε νέα στήλη που αφορούσε στην κατεύθυνση του ατυχήματος, με τιμές «προς Κέντρο» (μονοί αριθμοί) και «προς Κηφισιά» (ζυγοί αριθμοί).

Το σύνολο των μεταβλητών όπως αυτό αντλήθηκε από το Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. και το εύρος τιμών τους παρουσιάζεται στον πίνακα 4.1 που ακολουθεί. Στις αριθμητικές τιμές αναγράφεται σε παρένθεση το διάστημα του συνόλου τιμών τους.

Μεταβλητές	Πιθανές Τιμές
αύξων αριθμός του ατυχήματος	Αριθμητικές (1-∞)
έτος του ατυχήματος	Αριθμητικές (2006-2010)
μήνα του ατυχήματος	Ονομαστικές (Ιανουάριος - Δεκέμβριος)
ημέρα του μήνα του ατυχήματος	Αριθμητικές (1-31)
ώρα του ατυχήματος	Αριθμητικές (0-23)
δήμος του ατυχήματος	Δήμος Αθηναίων
	Δήμος Αμαρουσίου
	Δήμος Χαλανδρίου
	Δήμος Ψυχικού
αριθμός οδού του ατυχήματος	Αριθμητικές (1-∞)
αριθμός λωρίδων ανά κατεύθυνση του ατυχήματος	Αριθμητικές (2-5)
συνθήκες φωτισμού του ατυχήματος	Μέρα
	Νύχτα
	Σούρουπο
νυχτερινός φωτισμός του ατυχήματος	Τεχνητός φωτισμός αμυδρός
	Τεχνητός φωτισμός επαρκής
	Τεχνητός φωτισμός σβηστός
	Άγνωστο
ατμοσφαιρικές συνθήκες του ατυχήματος	Άλλες
	Βροχή
	Καλοκαιρία
	Παγωνιά
	Ψιλή βροχή (ψιχάλα)
πλάτος οδοστρώματος του ατυχήματος (m)	Αριθμητικές (5-∞)
	Άγνωστο (9999)
πλήθος νεκρών του ατυχήματος	Αριθμητικές (0-∞)
πλήθος βαριά τραυματιών του ατυχήματος	Αριθμητικές (0-∞)
πλήθος ελαφρά τραυματιών του ατυχήματος	Αριθμητικές (0-∞)
ηλικία του οδηγού του Α οχήματος	Αριθμητικές (18-100)
φύλο του οδηγού του Α οχήματος	Άρρεν
	Θήλυ
	Άγνωστο
πλήθος	Αριθμητικές (1-∞)

Πίνακας 4.1: Μεταβλητές που αντλούνται από το Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. (συνεχίζεται)

Μεταβλητές	Πιθανές Τιμές
είδος-χρήση του οχήματος Α	Ποδήλατο
	Δίκυκλο μέχρι 49κ.ε.
	Δίκυκλο 50-115κ.ε.
	Δίκυκλο 116-269κ.ε.
	Δίκυκλο 270-730κ.ε.
	Δίκυκλο 730 κε και άνω
	Επιβατικό ΔΧ
	Επιβατικό ΙΧ
	Λεωφορείο ΔΧ αστικό
	Τρόλεϋ
	Φορηγό μέχρι 3,5 τόνους
	Άγνωστο
τύπος ατυχήματος του ατυχήματος	Άλλος
	Ανατροπή στην οδό
	Εκτροπή προς τα αριστερά
	Εκτροπή προς τα δεξιά
	Νωτομετωπική σύγκρουση
	Παράσυρση πεζού
	Πλάγια σύγκρουση
	Πλαγιομετωπική σύγκρουση
	Πρόσκρουση σε σταθμευμένο όχημα
	Σε κτίσμα ή άλλο σταθερό αντικείμενο
	Σε όχημα που πραγματοποιεί διακοπή πορείας
	Σε όχημα που πραγματοποιεί στάση
	Σε στύλο ή δέντρο
οδός διασταύρωσης του ατυχήματος	Ονομαστικές
	Άγνωστο

Πίνακας 4.1 (συνέχεια)

Επισημαίνεται ότι η μεταβλητή του τύπου οχήματος αφορά στο **Α όχημα**, είναι δηλαδή η καταγραφή των στοιχείων του πρώτου οχήματος το οποίο ενεπλάκη σε κάθε ατύχημα. Όμοια λογική έχει η καταγραφή της ηλικίας και του φύλου του **Α οδηγού**. Επειδή όμως μεγάλος αριθμός ατυχημάτων περιλαμβάνει ένα μόνο όχημα και οδηγό, υπήρχε αντίστοιχα μεγάλος αριθμός κενών τιμών μεταβλητών για τα πεδία του Β οχήματος και Β οδηγού. Επίσης υπήρχε ο κίνδυνος διπλής μέτρησης (double counting) σε κάποιες ομαδοποιήσεις, πράγμα που θα αλλοίωνε τα δεδομένα. Συνεπώς δεν αξιοποιήθηκαν οι μεταβλητές του Β οχήματος και Β οδηγού, παρά το γεγονός ότι ήταν διαθέσιμες από το Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α..

4.2.2 Βάση Δεδομένων Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Κ.Δ.Κ.)

Σύμφωνα με την ιστοσελίδα της Περιφέρειας Αττικής, το **Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Κ.Δ.Κ.)** της Περιφέρειας Αττικής ξεκίνησε τη λειτουργία του τον Ιούλιο του 2004 και έκτοτε η λειτουργία του είναι συνεχής (24 ώρες την ημέρα, 365 ημέρες το χρόνο).

Οι κύριοι στόχοι της λειτουργίας του Κ.Δ.Κ. είναι:

- Η βελτιστοποίηση των κυκλοφοριακών συνθηκών και της ασφάλειας του βασικού οδικού δικτύου μέσω της γρήγορης απόκρισης στα συμβάντα, της ενημέρωσης των οδηγών για τις επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες και των παρεμβάσεων στη φωτεινή σηματοδότηση
- Η λήψη - επεξεργασία - μελέτη και αξιοποίηση των κυκλοφοριακών στοιχείων που λαμβάνονται κατά μήκος του βασικού οδικού δικτύου, καθώς και η συνεργασία με πανεπιστημιακούς φορείς (Α.Ε.Ι., Τ.Ε.Ι. κλπ.) για την πραγματοποίηση συναφών ερευνών
- Η παροχή των κυκλοφοριακών στοιχείων σε «πραγματικό χρόνο» προς τρίτους για στήριξη εφαρμογών τηλεματικής
- Η συνεργασία με άλλα κέντρα ελέγχου κυκλοφορίας (Τροχαία, Κέντρο Ελέγχου Κυκλοφορίας Αττικής Οδού, Πυροσβεστική, ΕΚΑΒ, ΤΡΑΜ, κλπ.)

Ο **βασικός εξοπλισμός** του Κ.Δ.Κ. αποτελείται από περίπου 550 θέσεις μέτρησης των κυκλοφοριακών δεδομένων (απλοί επαγωγικοί βρόχοι και βρόχοι «μηχανικής όρασης»), 217 κάμερες εποπτείας της κυκλοφορίας, 24 Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων, το σύστημα Εποπτείας της Κυκλοφορίας SITRAFFIC CONCERT, καθώς και ρυθμιστές κυκλοφορίας στους σηματοδοτούμενους κόμβους (περίπου 850).

Στο πλαίσιο της λειτουργίας του συστήματος, ακολουθούνται αυστηρά οι όροι και προϋποθέσεις που θέτει η Αρχή Προστασίας Δεδομένων Προσωπικού Χαρακτήρα και για το λόγο αυτό δεν τηρείται κανένα αρχείο εικόνων, δεν διαπιστώνονται από το Κ.Δ.Κ. παραβάσεις, ούτε εξατομικεύεται κάποιο κυκλοφοριακό στοιχείο. Για τον

ίδιο λόγο δεν είναι δυνατή η δημοσίευση του συνόλου των στοιχείων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, παρά μόνο ένα δείγμα τους.

Το Κ.Δ.Κ., αξιοποιώντας τα κυκλοφοριακά στοιχεία που συλλέγονται από το σύστημα πραγματοποιεί **έρευνες** σχετικές με την κυκλοφορία, τη φωτεινή σηματοδότηση και την οδική ασφάλεια, τόσο αυτοτελώς όσο και σε συνεργασία με διάφορα ερευνητικά ιδρύματα (π.χ. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τ.Ε.Ι. Αθήνας). Αποτελέσματα των ερευνών αυτών είναι τόσο εργασίες που δημοσιεύονται σε επιστημονικά περιοδικά ή συνέδρια όσο και Διπλωματικές Εργασίες σπουδαστών διαφόρων σχολών. Στην εικόνα 4.9 που ακολουθεί φαίνεται το εσωτερικό της κεντρικής αίθουσας του Κ.Δ.Κ., με τις διάφορες οθόνες να εμφανίζουν βίντεο παρακολούθησης κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο.



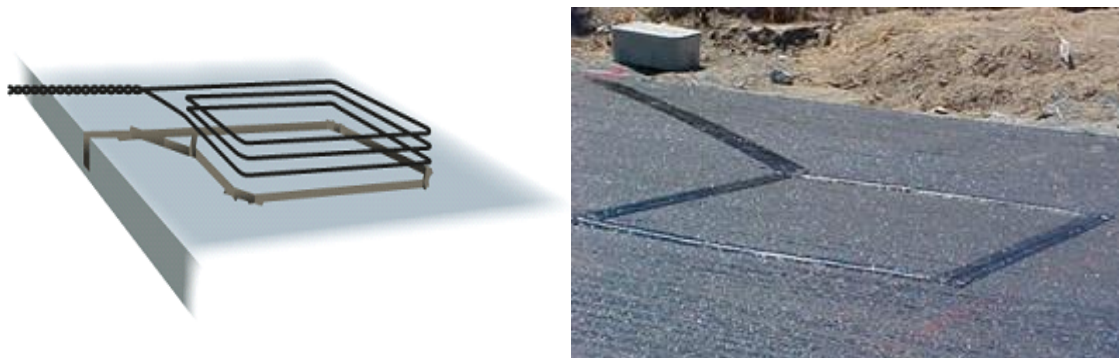
Εικόνα 4.9: Το εσωτερικό της κεντρικής αίθουσας του Κ.Δ.Κ.

Τα **δεδομένα τα οποία συλλέγονται** από το Κ.Δ.Κ. **πρωτογενώς** είναι εκείνα της κατάληψης της οδού (Occupancy ή O [%]) μέσω μέτρησης του ποσοστού χρόνου στον οποίο υπάρχει όχημα πάνω στον μετρητή και ο κυκλοφοριακός φόρτος της οδού (Counting ή Q [Veh/h-οχήματα/ώρα]) με απλό μέτρημα οχημάτων. Επίσης εμφανίζεται η ποιότητα μέτρησης (Quality), η οποία διακρίνεται σε υψηλή και χαμηλή (high and low).

Κατόπιν, μέσω των μετρήσεων της κατάληψης και του μήκους βρόχου **προκύπτει δευτερογενώς** η ταχύτητα κίνησης οχημάτων (Velocity ή V [km/h-χιλιόμετρα/ώρα]). Η μαθηματική σχέση που χρησιμοποιείται είναι ο ορισμός της ταχύτητας, δηλαδή η απόσταση η οποία διανύεται στη μονάδα του χρόνου. Για τον υπολογισμό θεωρείται ένα μέσο μήκος οχήματος l_v (συνήθως περί τα 5 μέτρα). Έτσι, εάν σε χρόνο t_1 το πλέον πρόσθιο μέρος ενός οχήματος βρίσκεται στην αρχή του βρόχου (έναρξη μέτρησης κατάληψης), και σε χρόνο t_2 το πλέον οπίσθιο μέρος ενός οχήματος βρίσκεται στο τέλος του βρόχου (λήξη μέτρησης κατάληψης), η ταχύτητα του οχήματος υπολογίζεται ως $v = \frac{l_v + l_l}{t_2 - t_1}$ (όπου l_l το μήκος βρόχου).

Τα κυκλοφοριακά δεδομένα αναφέρονται σε ομάδα οχημάτων (μέσα μεγέθη) και συλλέγονται σε **δύο χρονικές βάσεις**. Η πρώτη αποτελείται από μετρήσεις ανά διαστήματα 90 δευτερολέπτων. Με τη σύνθεσή τους προκύπτει η δεύτερη, η οποία αποτελείται από μετρήσεις ανά διαστήματα μίας ώρας. Καθώς στην παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματοποιείται μακροσκοπική ανάλυση, και καθώς από το Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. ο χρόνος ατυχήματος είναι διαθέσιμος σε ωριαία βάση μόνο, επιλέχθηκε η ωριαία βάση δεδομένων.

Επισημαίνεται ότι αυτά τα στοιχεία αφορούν στο **σύνολο του ρεύματος κυκλοφορίας** της κύριας οδού και όχι στη λωρίδα κυκλοφορίας. Εξαιρέση αποτελούν τοπικές βοηθητικές λωρίδες, όπως λωρίδες επιτάχυνσης/επιβράδυνσης, ράμπες εισόδου/εξόδου κ.λ.π.. Στα σημεία όπου βρίσκονται τέτοιες τοπικές βοηθητικές λωρίδες, όπως και στις λεωφορειολωρίδες, το Κ.Δ.Κ. έχει εγκαταστήσει ξεχωριστούς μετρητές αποκλειστικά για τα δεδομένα εισροών/εκροών στην κύρια λεωφόρο. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζεται ένας απλός επαγωγικός βρόχος σε απεικονίσεις σχεδιαστικά και σε οδό μετά την εγκατάστασή του.



Εικόνες 4.10 και 4.11: Απλός επαγωγικός βρόχος σε σχεδιαστική απεικόνιση (αριστερά) και μετά την εγκατάσταση (δεξιά)

Μετά από συνεργασία με το Κ.Δ.Κ., εντοπίστηκαν οι **διαθέσιμες θέσεις μέτρησης** στη λεωφόρο Κηφισίας οι οποίες αποτελούνται από μετρητές απλών επαγωγικών βρόχων αλλά και βρόχων μηχανικής όρασης. Λόγω μη ύπαρξης μετρητών μετά το ύψος της οδού Αγ. Κωνσταντίνου στο Μαρούσι, τα οδικά ατυχήματα του Δήμου Κηφισίας αφαιρέθηκαν από το εξεταζόμενο σύνολο. Έπειτα προσδιορίστηκε για κάθε οδικό ατύχημα η πλησιέστερη θέση μέτρησης, με βάση τον αριθμό οδού του ατυχήματος. Στο Παράρτημα Β παρατίθεται πίνακας ο περιέχει τα στοιχεία για τους φωρατές κατά μήκος της λεωφόρου Κηφισίας όπως αποκτήθηκαν από το Κ.Δ.Κ..

Με το σύνολο των οδικών ατυχημάτων, των χρόνων στους οποίους συνέβησαν και των αντίστοιχων θέσεων μέτρησης ήταν πλέον δυνατή η **άντληση των κυκλοφοριακών δεδομένων** για κάθε ατύχημα. Ανακτήθηκαν τα μέσα αποθήκευσης (σκληροί δίσκοι) παλαιότερων ετών και συλλέχθηκαν τα στοιχεία κατάληψης οδού, κυκλοφοριακού φόρτου, ταχύτητας ροής και ποιότητας μετρήσεων για την ημέρα κάθε οδικού ατυχήματος από την πλησιέστερη θέση μέτρησης η οποία λειτουργούσε εκείνο το χρονικό διάστημα, σε αρχεία Microsoft Excel.

Επισημαίνεται ότι σε περίπτωση δυσλειτουργίας λογισμικού ή βλάβης εξοπλισμού αξιοποιήθηκε η **αμέσως επόμενη** (πλησιέστερη) θέση μέτρησης. Όμοια πορεία ακολουθήθηκε σε περιπτώσεις όπου ένας μετρητής εγκαταστάθηκε στην οδό έπειτα από την έναρξη της περιόδου λήψης δεδομένων. Είναι πιθανό δηλαδή οι μετρήσεις κυκλοφοριακών δεδομένων για ένα προγενέστερο ατύχημα να έχουν ληφθεί από μετρητή τοποθετημένο σε μεγαλύτερη απόσταση από εκείνον για ένα μεταγενέστερο ατύχημα στην ίδια χιλιομετρική θέση.

Ακολουθεί ο πίνακας 4.2 ο οποίος παρουσιάζει **ενδεικτικά τα δεδομένα ενός μετρητή** (του MS259 εν προκειμένω) για ολόκληρη την ημέρα της 12/8/2010, όπως ανακτήθηκαν από το Κ.Δ.Κ.:

MS259				
Ωρα	Κατάληψη [%]	Κ. Φόρτος [Veh/h]	Ταχύτητα [km/h]	Ποιότητα
0:00	3,82	782,68	63,48	High
1:00	2,65	578,58	63,65	High
2:00	1,25	322,75	63,98	High
3:00	0,78	237,10	63,98	High
4:00	0,55	194,05	64,18	High
5:00	1,10	305,85	63,85	High
6:00	3,90	763,72	62,90	High
7:00	9,00	1669,88	59,92	High
8:00	10,32	1921,88	59,50	High
9:00	9,93	1772,82	56,88	High
10:00	9,40	1693,82	56,88	High
11:00	9,32	1705,15	56,98	High
12:00	9,12	1520,48	54,35	High
13:00	8,68	1430,20	53,85	High
14:00	6,70	1505,40	62,25	High
15:00	6,40	1633,18	67,75	High
16:00	6,08	1474,30	70,62	High
17:00	7,85	1645,55	68,03	High
18:00	7,25	1400,08	67,20	High
19:00	6,78	1338,25	66,22	High
20:00	8,48	1412,25	56,20	High
21:00	8,72	1407,78	53,48	High
22:00	5,62	1065,80	62,20	High
23:00	4,80	943,05	63,45	High

Πίνακας 4.2: Ενδεικτική μέτρηση κυκλοφοριακών δεδομένων από το Κ.Δ.Κ.

Στη συνέχεια σε κάθε οδικό ατύχημα στο υπάρχον αρχείο Microsoft Excel από το Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. αντιστοιγήθηκαν τα κυκλοφοριακά δεδομένα με βάση την ώρα που αυτό είχε συμβεί. Αρκετές φορές τα δεδομένα κατά την ώρα οδικού ατυχήματος εμφάνιζαν **σημαντικές αποκλίσεις** σε σχέση με εκείνα της υπόλοιπης ημέρας, οι οποίες είναι δυνατόν να αποδοθούν σε πιθανή συμφόρηση ή και αποκλεισμό του οδικού τμήματος μετά το ατύχημα. Για την εξυπηρέτηση της μακροσκοπικότητας τα δεδομένα, D , συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν ώστε να σχηματιστούν τρεις διαφορετικές εκδοχές, όπως φαίνεται ακολούθως:

- Κυκλοφοριακά δεδομένα της **ώρας ατυχήματος μόνο**, δηλαδή:

$$D = D_{tacc}$$

- Κυκλοφοριακά δεδομένα ως **μέσος όρος** της ώρας ατυχήματος, μίας ώρας πριν από αυτή και μίας ώρας μετά από αυτή, δηλαδή:

$$D = \frac{D_{tacc-1} + D_{tacc} + D_{tacc+1}}{3}$$

- Κυκλοφοριακά δεδομένα ως **μέσος όρος δύο μέσων όρων**: του μέσου όρου της ώρας ατυχήματος και μίας ώρας πριν από αυτή και του μέσου όρου της ώρας ατυχήματος και μίας ώρας μετά από αυτή, δηλαδή:

$$D_1 = \frac{D_{tacc-1} + D_{tacc}}{2}$$

$$D_2 = \frac{D_{tacc} + D_{tacc+1}}{2}$$

$$D = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

Στις δύο τελευταίες περιπτώσεις, ο μέσος όρος δύο ποιοτήτων μέτρησης με τιμές «high» και «low» ορίστηκε σε «medium» (μέση ποιότητα).

Ύστερα από συγκρίσεις των δεδομένων αποφασίστηκε η ανάλυση να προχωρήσει με βάση την **τρίτη κατηγορία** («τρεις μέσοι όροι»). Αυτό διότι ενώ παρουσίαζε μεγαλύτερη ομαλότητα, η καίρια ώρα η οποία είναι εκείνη του ατυχήματος προσμετράται δύο φορές στον υπολογισμό, αποκτώντας έτσι αυξημένη βαρύτητα η οποία συμβαδίζει με το σκοπό της Διπλωματικής Εργασίας.

Το **σύνολο** των οδικών ατυχημάτων στη λεωφόρο Κηφισίας την πενταετία 2006 – 2010 για τα οποία υπήρχαν πλήρη στοιχεία τόσο οδικών ατυχημάτων όσο και κυκλοφορίας ανέρχεται σε 234 ατυχήματα. Με αυτή την ομάδα σειρών δεδομένων δημιουργήθηκαν οι τελικοί πίνακες (master tables) οι οποίοι και χρησιμοποιήθηκαν κατά την επεξεργασία και τη διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων, όπως εξηγείται και στο επόμενο κεφάλαιο.

Λόγω της φύσης της λογιστικής παλινδρόμησης, ήταν απαραίτητη η **δημιουργία μεταβλητής για τη σοβαρότητα** ατυχήματος η οποία να λαμβάνει τιμές 0 ή 1

μεταξύ των ατυχημάτων. Όμως σε κάποια οδικά ατυχήματα υπάρχουν μη σοβαροί τραυματισμοί αλλά και νεκροί ταυτόχρονα. Συνεπώς δημιουργήθηκε νέος πίνακας που αναφερόταν στους παθόντες ως εξής: οι γραμμές του τελικού πίνακα οι οποίες αναπαριστούσαν ένα ατύχημα η κάθε μία, με πιθανώς περισσότερους από έναν παθόντες, διασπάστηκαν ώστε κάθε γραμμή να αναπαριστά πλέον έναν παθόντα. Από τα 234 ατυχήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω προέκυψαν 301 παθόντες. Εάν δύο παθόντες εμφανίζονταν στο ίδιο οδικό ατύχημα, τα κυκλοφοριακά δεδομένα και τα λοιπά χαρακτηριστικά του ατυχήματος αντιγραφόταν αυτούσια ώστε να είναι τα ίδια και στις δύο περιπτώσεις. **Η σοβαρότητα αναφέρεται σε κάθε παθόντα (αναγράφεται σε κάθε γραμμή πίνακα) και ορίζεται για τις επόμενες αναλύσεις ως εξής:**

- 0, εάν ο παθόντας ήταν ελαφρά τραυματίας από το ατύχημα
- 1, εάν ο παθόντας ήταν βαριά τραυματίας ή νεκρός από το ατύχημα

Σε αυτή τη φάση δημιουργήθηκαν επιπλέον διαφορετικές **μορφές ορισμένων μεταβλητών**. Όπως θα εξηγηθεί αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο, αυτές οι επιπλέον μορφές χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις κατά την προσπάθεια ανάπτυξης των κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων, όπως π.χ. ο λογάριθμος της ταχύτητας.

Η πιο σημαντική από αυτές τις μορφές είναι εκείνη της **πυκνότητας κυκλοφορίας** (traffic density), η οποία συμβολίζεται με K και μετράται σε οχήματα ανά χιλιόμετρο. Η πυκνότητα υπολογίζεται ως ο λόγος του κυκλοφοριακού φόρτου προς την μέση ταχύτητα χρόνου, εφόσον αυτά τα δύο μεγέθη αναφέρονται στην ίδια περιοχή έρευνας και στο ίδιο χρονικό διάστημα, δηλαδή $K = Q/V$. Στην ουσία η πυκνότητα κυκλοφορίας εκφράζει την ένταση της κυκλοφορίας στο χώρο, όπου ως χώρος θεωρείται ένα οδικό τμήμα.

Λόγω της φύσης των δεδομένων όμως, η μόνη διαθέσιμη ταχύτητα ήταν η μέση ταχύτητα χρόνου. Αυτό το γεγονός, όπως και το ότι η παραπάνω σχέση είναι θεωρητική και δεν ισχύει σε πραγματικές συνθήκες ροής, απέτρεψε την χρήση της πυκνότητας κυκλοφορίας στις αναλύσεις για την ανάπτυξη μοντέλων. Αντίθετα, αποφασίστηκε να μελετηθεί **ο λόγος των υπαρχόντων κυκλοφοριακών μεγεθών** (κυκλοφοριακός φόρτος προς ταχύτητα χρόνου) και να δημιουργηθεί ξεχωριστή

σχετική μεταβλητή για αυτό το σκοπό, δηλαδή η μεταβλητή Q/V (μετρούμενη σε οχήματα/χιλιόμετρο). Επισημαίνεται ότι με το συμβολισμό V ή τον όρο ταχύτητα στα επόμενα θα εννοείται η ταχύτητα χρόνου, όπως αυτή αποκτήθηκε από το Κ.Δ.Κ., και ο όρος Q/V θα αναφέρεται ως ο λόγος κυκλοφοριακών μεγεθών.

Όπως φαίνεται παραπάνω στον πίνακα 4.1, κάποιες από τις μεταβλητές του Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. διαχωρίζονται σε πολλές διαφορετικές κατηγορίες (π.χ. Δίκυκλα) οι οποίες πολλές φορές δεν έχουν ικανό αριθμό μελών ώστε να είναι στατιστικά σημαντικές. Επίσης, πολλές έρευνες εξετάζουν μεταβλητές που είναι συνεχείς υπό κανονικές συνθήκες υπό μορφή κατηγοριών (π.χ. Ηλικία). Για τους λόγους αυτούς δημιουργήθηκαν **πρόσθετες μεταβλητές ομαδοποιημένων μεγεθών**, οι οποίες είτε μειώνουν τις κατηγορίες του εκάστοτε μη συνεχούς μεγέθους είτε κατηγοριοποιούν ένα συνεχές μέγεθος. Ακόμη, για ομαλότερες αριθμητικές τιμές εισήχθη η μεταβλητή t , η οποία αναπαριστά το έτος ατυχήματος λαμβάνοντας τιμές από 1 έως και 5. Οι πρόσθετες μεταβλητές, που δημιουργήθηκαν εκτός των μεγεθών από το Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. και το Κ.Δ.Κ. παρουσιάζονται στον πίνακα 4.3 (όχι όμως και οι εναλλακτικές μορφές όπως λογάριθμοι). Επισημαίνεται ότι στις συνεχείς μεταβλητές ορισμένες φορές αναγράφεται η τιμή που αποτελεί την τάξη μεγέθους (κλάση) της κάθε κατηγορίας και ύστερα το εύρος τιμών της κατηγορίας σε παρένθεση. Για αυτές τις ομαδοποιήσεις χρησιμοποιήθηκαν τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία, τα οποία παρουσιάζονται σε υποκεφάλαιο που ακολουθεί.

Μεταβλητές	Πιθανές Τιμές
αύξων αριθμός (νέος – μετά τις αφαιρέσεις)	Αριθμητικές (1-∞)
ημερομηνία του ατυχήματος	ΗΗ/ΜΜ/ΕΕΕΕ
t (έτος εναλλακτικά)	Αριθμητικές (1-5)
ομαδοποιημένες ατμοσφαιρικές συνθήκες	Καλοκαίρια Κακοκαίρια
ομαδοποιημένη ηλικία του οδηγού του Α οχήματος	Άγνωστο 18-24 25-34 35-55 56+
ομαδοποιημένο είδος-χρήση του οχήματος Α	Άγνωστο Δίκυκλο Επιβατικό ΙΧ/ΔΧ Φορτηγό/Λεωφορείο
ομαδοποιημένος τύπος ατυχήματος του ατυχήματος	Άλλος Εκτροπή από την οδό Νωτομετωπική σύγκρουση Πρόσκρουση σε σταθερό όχημα/αντικείμενο Πλάγια σύγκρουση Πλαγιομετωπική σύγκρουση Παράσυρση πεζού
ομαδοποιημένη ταχύτητα οχημάτων	20 (15-25) 30 (26-35) 40 (36-45) 50 (46-55) 60 (56-65) 70 (66+)
ομαδοποιημένος κυκλοφοριακός φόρτος οδού	0.000 (0-500) 1.000 (501-1500) 2.000 (1501-2500) 3.000 (2501-3500) 4.000 (3501+)
λόγος κυκλοφοριακών μεγεθών	Αριθμητικές (2-191)

Πίνακας 4.3: Πρόσθετες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν

Ως προετοιμασία για την ανάλυση **αιχμής** (peak) και **εκτός αιχμής** (off peak), ο τελικός πίνακας παθόντων χωρίστηκε σε δύο υποπίνακες με βάση την ώρα του κάθε ατυχήματος. Ειδικότερα, όσα ατυχήματα συνέβησαν μεταξύ 07.00 π.μ. με 10.00 π.μ. καθώς και μεταξύ 15.00 μ.μ. με 19.00 μ.μ. κατατάσσονται στην κατηγορία των ατυχημάτων σε ώρες αιχμής, ενώ τα υπόλοιπα σε ατυχήματα εκτός ωρών αιχμής, αντίστοιχα. Από αυτό το διαχωρισμό των 301 παθόντων, 123 ενεπλάκησαν σε

ατύχημα τις ώρες αιχμής και 178 ενεπλάκησαν σε ατύχημα εκτός ωρών αιχμής. Επισημαίνεται ότι οι δύο υποπίνακες έχουν την ίδια μορφή με τον αρχικό και αντιμετωπίζονται όπως ακριβώς αυτός.

Για το σκέλος της **ανάλυσης πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος** η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε με παρόμοιο τρόπο. Τα 234 ατυχήματα παρέμειναν ως είχαν. Επειδή όμως στο Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. καταχωρώνται μόνο στοιχεία ατυχημάτων από τα Δ.Ο.Τ.Α., δεν ήταν δυνατόν να αποκτηθούν δεδομένα για μη-ατυχήματα για αρκετές μεταβλητές. Πρόκειται είτε για μεταβλητές συνδεδεμένες με την ώρα ατυχήματος, όπως οι ατμοσφαιρικές συνθήκες ή οι συνθήκες (φυσικού) φωτισμού είτε για μεταβλητές συνδεδεμένες με το ατύχημα καθαυτό, όπως η ηλικία η το φύλο του οδηγού οχήματος. Αποφασίστηκε έτσι η ανάλυση πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος να πραγματοποιηθεί με μόνες ανεξάρτητες μεταβλητές τα κυκλοφοριακά μεγέθη, τα οποία ήταν διαθέσιμα για ατυχήματα και μη-ατυχήματα.

Η **κατασκευή γεγονότων μη-ατυχημάτων**, δηλαδή η δειγματοληπτική αποτύπωση κανονικών συνθηκών ροής, πραγματοποιήθηκε ως εξής. Για κάθε ένα από τα 234 ατυχήματα αποκτήθηκαν, από την ίδια ημέρα, μία ή δύο σειρές δεδομένων, ανάλογα με την ώρα του ατυχήματος. Ορίστηκαν δύο σταθερές ώρες για όλες τις ημέρες: η ώρα 08.00 π.μ. ως ώρα αιχμής και η ώρα 20.00 μ.μ. ως ώρα εκτός αιχμής. Για κάθε οδικό ατύχημα αντλούνταν τα κυκλοφοριακά δεδομένα της ίδιας θέσης με την αρχική για αυτές τις δύο ώρες εάν αυτό είχε συμβεί σε ώρες εκτός των διαστημάτων μεταξύ 07.00 π.μ. με 09.00 π.μ. και 19.00 μ.μ. με 21.00 μ.μ.. Στην περίπτωση που το ατύχημα ήταν εντός ενός από τα δύο διαστήματα, τα δεδομένα συλλέγονταν μόνο για την ώρα εντός του άλλου διαστήματος. Τα διαστήματα επιλέχθηκαν με αυτό τον τρόπο διότι κατά τη συλλογή δεδομένων για τις ώρες 08.00 π.μ. και 20.00 μ.μ. χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των τριών μέσων όρων όπως περιγράφεται παραπάνω. Έτσι τα τελικά δεδομένα για τις 08.00 π.μ. περιλαμβάνουν στοιχεία από τις 07.00 π.μ. και τις 09.00 π.μ. και αυτά για τις 20.00 π.μ. περιλαμβάνουν στοιχεία από τις 19.00 μ.μ. και τις 21.00 μ.μ., αντίστοιχα. Ως παράδειγμα, για ένα ατύχημα το οποίο συνέβη στις 13.00 μ.μ. συλλέχθηκαν στοιχεία από τις 08.00 π.μ. και τις 20.00 π.μ., ενώ για ένα ατύχημα το οποίο συνέβη στις 19.00 μ.μ. συλλέχθηκαν στοιχεία μόνο από τις 08.00 π.μ. λόγω υπερκάλυψης. Μετά το τέλος της διαδικασίας τα 234 ατυχήματα συμπλήρωσαν 406 μη-ατυχήματα και συνολικά υπήρξαν 640 γεγονότα.

Τέλος, οι **τελικοί πίνακες τροποποιήθηκαν** στο Excel προκειμένου να είναι συμβατοί με το ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης SPSS. Αυτή η διαδικασία περιελάμβανε αντικατάσταση των αλφαριθμητικών τιμών με αριθμητικές. Για παράδειγμα, στη μεταβλητή «συνθήκες φωτισμού του ατυχήματος», η τιμή «Ημέρα» μετατράπηκε σε 1, η τιμή «Σούρουπο» σε 2 και η τιμή «Νύχτα» σε 3. Προτιμήθηκε τουλάχιστον μία από τις ακραίες κατηγορίες (η πρώτη ή η τελευταία κάθε μεταβλητής) να είναι εκείνη με το μεγαλύτερο πλήθος για να τεθεί ως **κατηγορία αναφοράς**, για λόγους καλύτερης λειτουργίας του λογισμικού στις αναλύσεις.

Μια **ενδεικτική μορφή των τελικών πινάκων** (δείγμα δεδομένων) με την εμφάνιση των κυριότερων μεταβλητών τους και πριν την αριθμητική κωδικοποίησή τους παρουσιάζεται παρακάτω, με την εξής σειρά:

- Πίνακας 4.4: Τελικός πίνακας στοιχείων ατυχημάτων, κύρια πηγή των **περιγραφικών στατιστικών**
- Πίνακας 4.5: Τελικός πίνακας στοιχείων παθόντων για τη **γενική ανάλυση σοβαρότητας** ατυχήματος
- Πίνακας 4.6: Τελικός πίνακας για την ανάλυση σοβαρότητας ατυχήματος σε **ώρες αιχμής**
- Πίνακας 4.7: Τελικός πίνακας για την ανάλυση σοβαρότητας ατυχήματος σε **ώρες εκτός αιχμής**
- Πίνακας 4.8: Τελικός πίνακας για την ανάλυση **πιθανότητας εμφάνισης** ατυχήματος

Α/Α νέο	Α/Α αρχικό	Ημερομηνία του συγχύματος	Όρα του συγχύματος	Δήμος του συγχύματος	Αριθμός οδού του συγχύματος	Αριθμός λωρίδων ανά κατεβύνηση του συγχύματος	Κατεβύνηση του συγχύματος	Συνθήκες φωτισμού του συγχύματος	Νυχτερινό φωτισμό του συγχύματος	Ομοδομημένες σημειογραφικές συνθήκες του συγχύματος	Πλάτος οδοστρώματος του συγχύματος	Πλήθος νεφρών του συγχύματος	Πλήθος τραυματιών του συγχύματος	Πλήθος βαριά τραυματιών του συγχύματος	Πλήθος ελαφρά τραυματιών του συγχύματος	Ηλικία του οδηγού του Α οχήματος	Φύλο του οδηγού του Α οχήματος	Ομοδομημένο εδος-χρήση του οχήματος Α	Ομοδομημένος τύπος συγχύματος του συγχύματος	Τεχνική θέση Μέτρησης	Τύπος Τελικής Θέσης Μέτρησης	Κατάληψη (%) β Μέσο Όρο	Φόρος Δασικής Οδού (οχήματα/ώρα) β Μέσο Όρο	Ταχύτητα (χλμ/ώρα) β Μέσο Όρο	Ποσότητα Μέτρησης β Μέσο Όρο
1	2	6/1/2006	8	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	286	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Μέρα	Άγνωστο	Καλοκαρπία	11,40	0	0	1	20	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧ/ΔΧ	Νισομετωπική σύγκρουση	MS280	ΒΡΟΧΟΣ	3,39	1122,91	57,11	High	
2	3	8/1/2006	11	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ	78	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Μέρα	Άγνωστο	Καλοκαρπία	10,50	0	0	1	Άγνωστο	Άγνωστο	Επιβατικό ΙΧ/ΔΧ	Παράσυρση πεζού	MS260	ΒΡΟΧΟΣ	15,00	1630,68	39,27	High	
3	8	28/1/2006	21	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	236	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνητός φωτισμός επαρκής	Καλοκαρπία	10,23	0	0	1	22	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧ/ΔΧ	Παράσυρση πεζού	MS280	ΒΡΟΧΟΣ	12,31	2996,56	48,80	High	
4	9	1/2/2006	21	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	193	3	ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ	Νύχτα	Τεχνητός φωτισμός επαρκής	Καλοκαρπία	10,60	1	0	0	23	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧ/ΔΧ	Εκτροπή στο την οδό	MS315	ΒΡΟΧΟΣ	11,17	2900,85	52,67	High	
5	12	16/2/2006	18	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	43	2	ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ	Μέρα	Άγνωστο	Καλοκαρπία	11,20	0	0	1	70	Θήλυ	Επιβατικό ΙΧ/ΔΧ	Πλαγιαμετωπική σύγκρουση	MS300	ΒΡΟΧΟΣ	17,71	2551,22	49,55	High	
6	13	23/2/2006	0	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	324	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνητός φωτισμός επαρκής	Κακοκαρπία	12,00	0	1	0	20	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧ/ΔΧ	Πρόσκρουση σε σταθερό οχηματοκείμενο	MS277	ΒΡΟΧΟΣ	5,10	1699,85	59,41	High	
7	14	24/2/2006	5	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	180	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνητός φωτισμός επαρκής	Κακοκαρπία	10,40	1	0	0	24	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧ/ΔΧ	Πρόσκρουση σε σταθερό οχηματοκείμενο	MS280	ΒΡΟΧΟΣ	3,28	1014,64	56,87	Medium	
8	16	27/2/2006	23	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΨΥΧΙΚΟΥ	178	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνητός φωτισμός επαρκής	Καλοκαρπία	10,30	0	0	2	25	Άρρεν	Δίκυκλο	Παράσυρση πεζού	MS268	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	7,04	1888,61	59,53	High	
9	19	16/3/2006	23	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	342	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνητός φωτισμός επαρκής	Καλοκαρπία	10,50	0	1	1	32	Άρρεν	Δίκυκλο	Παράσυρση πεζού	MS302	ΒΡΟΧΟΣ	7,56	1765,17	66,12	High	
10	22	24/3/2006	8	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	340	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Μέρα	Άγνωστο	Καλοκαρπία	10,10	0	0	1	21	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧ/ΔΧ	Πλαγιαμετωπική σύγκρουση	MS302	ΒΡΟΧΟΣ	12,10	2386,41	59,03	Medium	

Πίνακας 4.4: Τελικός πίνακας στοιχείων ατυχημάτων (ενδεικτικά)

Α/Α συλλήψεως	Α/Α παθόντων	Ημερομηνία του συλλήψεως	Ώρα του συλλήψεως	Δήμος του συλλήψεως	Αριθμός Αφών του οδού του συλλήψεως	Αριθμός Λιφών ανά κατεύθυνση του συλλήψεως	Κατεύθυνση του συλλήψεως	Συνήθεις ψευδάρθρα του συλλήψεως	Νυχτερινό ψευδάρθρα του συλλήψεως	Ομαδοποιημένες σημειωτικές συνθήκες του συλλήψεως	Πλάτος οδοστρώματος του συλλήψεως	Αριθμός νεκρών του συλλήψεως	Αριθμός βαριά τραυματιών του συλλήψεως	Αριθμός ελαφρά τραυματιών του συλλήψεως	Συβαρύνση	Ηλικία του οδηγού του Α οχήματος	Φύλο του οδηγού του Α οχήματος	Ομαδοποιημένο είδος γούστου οχήματος	Ομαδοποιημένος τύπος συλλήψεως του συλλήψεως	Τελική θέση Μέρτρης	Τύπος Τελικής Θέσης Μέρτρης	Κατόληψη (%) β Μέσο Όρου	Φόρος Δραστήριου Οδού (οχημάτων) (α) β Μέσο Όρου	Ταυτίσμα (Χιλιόγραμμο) β Μέσο Όρου	Ποσότητα Μέρτρης β Μέσο Όρου
1	1	6/1/2006	8	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ-ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	286	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Μέρα	Άγνωστο	Κακοκαιρία	11,40	0	0	1	0	20	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧΔΧ	Νυκτεριμική σύγκρουση	MS280	ΒΡΟΧΟΣ	3,39	1122,91	57,11	High
2	2	8/1/2006	11	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ-ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ	78	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Μέρα	Άγνωστο	Κακοκαιρία	10,50	0	0	1	0	Άγνωστο	Άγνωστο	Επιβατικό ΙΧΔΧ	Παράσυρση πεζού	MS260	ΒΡΟΧΟΣ	15,00	1630,68	39,27	High
3	3	28/1/2006	21	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ-ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	236	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνικός φωτισμός επαρκής	Κακοκαιρία	10,23	0	0	1	0	22	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧΔΧ	Παράσυρση πεζού	MS280	ΒΡΟΧΟΣ	12,31	2996,56	48,80	High
4	4	1/2/2006	21	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ-ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	193	3	ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ	Νύχτα	Τεχνικός φωτισμός επαρκής	Κακοκαιρία	10,60	1	0	0	1	23	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧΔΧ	Εκτροπή από την οδό	MS315	ΒΡΟΧΟΣ	11,17	2900,85	52,67	High
5	5	16/2/2006	18	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ-ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	43	2	ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ	Μέρα	Άγνωστο	Κακοκαιρία	11,20	0	0	1	0	70	Θήλυ	Επιβατικό ΙΧΔΧ	Πολυμετωπική σύγκρουση	MS300	ΒΡΟΧΟΣ	17,71	2851,22	49,55	High
6	6	23/2/2006	0	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ-ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	324	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνικός φωτισμός επαρκής	Κακοκαιρία	12,00	0	1	0	1	20	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧΔΧ	Παράσυρση σε σταθερό οχηματοπνεμένο	MS277	ΒΡΟΧΟΣ	5,10	1699,85	59,41	High
7	7	24/2/2006	5	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ-ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	180	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνικός φωτισμός επαρκής	Κακοκαιρία	10,40	1	0	0	1	24	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧΔΧ	Παράσυρση σε σταθερό οχηματοπνεμένο	MS280	ΒΡΟΧΟΣ	3,28	1014,64	56,87	Medium
8	8	27/2/2006	23	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ-ΔΗΜΟΣ ΨΥΧΙΚΟΥ	178	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνικός φωτισμός επαρκής	Κακοκαιρία	10,30	0	0	1	0	25	Άρρεν	Δίκυκλο	Παράσυρση πεζού	MS268	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	7,04	1888,61	59,53	High
8	9	27/2/2006	23	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ-ΔΗΜΟΣ ΨΥΧΙΚΟΥ	178	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνικός φωτισμός επαρκής	Κακοκαιρία	10,30	0	0	1	0	25	Άρρεν	Δίκυκλο	Παράσυρση πεζού	MS268	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	7,04	1888,61	59,53	High
9	10	16/3/2006	23	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ-ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	342	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνικός φωτισμός επαρκής	Κακοκαιρία	10,50	0	1	0	1	32	Άρρεν	Δίκυκλο	Παράσυρση πεζού	MS302	ΒΡΟΧΟΣ	7,56	1765,17	66,12	High
9	11	16/3/2006	23	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ-ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	342	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνικός φωτισμός επαρκής	Κακοκαιρία	10,50	0	0	1	0	32	Άρρεν	Δίκυκλο	Παράσυρση πεζού	MS302	ΒΡΟΧΟΣ	7,56	1765,17	66,12	High

Πίνακας 4.5: Τελικός πίνακας στοιχείων παθόντων (ενδεικτικά, αντιπροσώπων με τους παθόντες του πίνακα 4.4)

A/A συχλήματος	A/A παθόντα	Ημερομηνία του συχλήματος	Όρα του συχλήματος	Δήμος του συχλήματος	Αριθμός οδού του συχλήματος	Αριθμός λωρίδων ανά κατεύθυνση του συχλήματος	Κατεύθυνση του συχλήματος	Συνθήκες φωτισμού του συχλήματος	Νυχτερινό φωτισμό του συχλήματος	Ουδατοσιμμένες σημειογραφικές συνθήκες του συχλήματος	Πλάτος οδοστρώματος του συχλήματος	Πλήθος νεφρών του συχλήματος	Πλήθος βαρών τραυματιών του συχλήματος	Πλήθος ελαφρά τραυματιών του συχλήματος	Σοβαρότητα	Ηλικία του οδηγού Α οχήματος	Φύλο του οδηγού Α οχήματος	Ουδατοσιμμένο μέσο εφοδίασμού του οχήματος Α	Ουδατοσιμμένος τύπος συχλήματος του συχλήματος	Τελετή θέση Μείρισης	Τύπος Τελετής θέσης Μείρισης	Κατάληψη (%) [3 Μέσο Όρο]	Φόρος Δασογής Οδού (οχήματος) [3 Μέσο Όρο]	Ταχύτητα (χμ/ώρα) [3 Μέσο Όρο]	Ποιότητα Μείρισης [3 Μέσο Όρο]
1	1	6/12/2006	8	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	286	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Μέρα	Άγνωστο	Καλοκαρπιά	11,40	0	0	1	0	20	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧΔΧ	Νισομετωπική σύγκρουση	MS280	ΒΡΟΧΟΣ	3,39	1122,91	57,11	High
5	5	16/2/2006	18	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	43	2	ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ	Μέρα	Άγνωστο	Καλοκαρπιά	11,20	0	0	1	0	70	Θήλυ	Επιβατικό ΙΧΔΧ	Πλευρομετωπική σύγκρουση	MS300	ΒΡΟΧΟΣ	17,71	2551,22	49,55	High

A/A συχλήματος	A/A παθόντα	Ημερομηνία του συχλήματος	Όρα του συχλήματος	Δήμος του συχλήματος	Αριθμός οδού του συχλήματος	Αριθμός λωρίδων ανά κατεύθυνση του συχλήματος	Κατεύθυνση του συχλήματος	Συνθήκες φωτισμού του συχλήματος	Νυχτερινό φωτισμό του συχλήματος	Ουδατοσιμμένες σημειογραφικές συνθήκες του συχλήματος	Πλάτος οδοστρώματος του συχλήματος	Πλήθος νεφρών του συχλήματος	Πλήθος βαρών τραυματιών του συχλήματος	Πλήθος ελαφρά τραυματιών του συχλήματος	Σοβαρότητα	Ηλικία του οδηγού Α οχήματος	Φύλο του οδηγού Α οχήματος	Ουδατοσιμμένο μέσο εφοδίασμού του οχήματος Α	Ουδατοσιμμένος τύπος συχλήματος του συχλήματος	Τελετή θέση Μείρισης	Τύπος Τελετής θέσης Μείρισης	Κατάληψη (%) [3 Μέσο Όρο]	Φόρος Δασογής Οδού (οχήματος) [3 Μέσο Όρο]	Ταχύτητα (χμ/ώρα) [3 Μέσο Όρο]	Ποιότητα Μείρισης [3 Μέσο Όρο]
2	2	8/12/2006	11	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ	78	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Μέρα	Άγνωστο	Καλοκαρπιά	10,50	0	0	1	0	Άγνωστο	Άγνωστο	Επιβατικό ΙΧΔΧ	Παράσυρση πεζού	MS260	ΒΡΟΧΟΣ	15,00	1630,68	39,27	High
3	3	28/1/2006	21	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	236	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνητός φωτισμός επαρκής	Καλοκαρπιά	10,23	0	0	1	0	22	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧΔΧ	Παράσυρση πεζού	MS280	ΒΡΟΧΟΣ	12,31	2996,66	48,80	High
4	4	1/2/2006	21	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	193	3	ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ	Νύχτα	Τεχνητός φωτισμός επαρκής	Καλοκαρπιά	10,60	1	0	0	1	23	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧΔΧ	Εκτροπή από την οδό	MS315	ΒΡΟΧΟΣ	11,17	2900,85	52,67	High
6	6	23/2/2006	0	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	324	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνητός φωτισμός επαρκής	Καλοκαρπιά	12,00	0	1	0	1	20	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧΔΧ	Πρόσφυση σε στεφάνο οχήματος/αυτοκίνητο	MS277	ΒΡΟΧΟΣ	5,10	1699,95	59,41	High
7	7	24/2/2006	5	ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ--ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	180	3	ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ	Νύχτα	Τεχνητός φωτισμός επαρκής	Καλοκαρπιά	10,40	1	0	0	1	24	Άρρεν	Επιβατικό ΙΧΔΧ	Πρόσφυση σε στεφάνο οχήματος/αυτοκίνητο	MS280	ΒΡΟΧΟΣ	3,28	1014,64	56,87	Medium

Πίνακες 4.6 και 4.7: Τελικοί πίνακες στοιχείων παθόντων ωρών αιχμής (άνω) και εκτός αιχμής (κάτω) (ενδεικτικά, αντιπροσώπια με τους πρώτους 7 παθόντες των πινάκων 4.4 και 4.5)

Α/Α νέο (ατυχήματος)	Α/Α ολικό (γεγονότων)	Εναλλακτική Ημερομηνία	Ώρα της ημέρας	Υπερκάλυψη	Εμφάνιση ατυχήματος	Κατάληψη (%) [3 Μέσοι Όροι]	Φόρτος Διατομής Οδού (οχήματα/ώρα) [3 Μέσοι Όροι]	Ταχύτητα (χι/ώρα) [3 Μέσοι Όροι]	Ποιότητα Μέτρησης [3 Μέσοι Όροι]
1	1	6/1/2006	8	ναι	ναι	3,39	1122,91	57,11	High
	2	6/1/2006	20		όχι	11,96	2705,34	44,39	High
2	3	8/1/2006	11	όχι	ναι	15,00	1630,68	39,27	High
	4	8/1/2006	8		όχι	4,83	845,01	56,11	High
	5	8/1/2006	20		όχι	19,38	1893,97	32,52	High
3	6	28/1/2006	21	ναι	ναι	12,31	2996,56	48,80	High
	7	28/1/2006	8		όχι	7,01	1957,37	54,85	High
4	8	1/2/2006	21	ναι	ναι	11,17	2900,85	52,67	High
	9	1/2/2006	8		όχι	20,91	3722,44	42,24	High
5	10	16/2/2006	18	όχι	ναι	17,71	2551,22	49,55	High
	11	16/2/2006	8		όχι	14,24	2622,47	55,72	High
	12	16/2/2006	20		όχι	11,52	2417,95	62,83	High
6	13	23/2/2006	0	όχι	ναι	5,10	1699,85	59,41	High
	14	23/2/2006	8		όχι	29,83	4297,18	30,01	Medium
	15	23/2/2006	20		όχι	30,60	3703,84	26,82	High
7	16	24/2/2006	5	όχι	ναι	3,28	1014,64	56,87	Medium
	17	24/2/2006	8		όχι	23,10	4106,39	36,87	High
	18	24/2/2006	20		όχι	20,95	3599,90	35,98	High
8	19	27/2/2006	23	ναι	ναι	7,04	1888,61	59,53	High
	20	27/2/2006	8		όχι	26,09	2486,48	33,91	High
	21	27/2/2006	20		όχι	8,98	2370,60	55,87	High

Πίνακας 4.8: Τελικός πίνακας στοιχείων για την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος (ενδεικτικά, αντιστοιχία με τα πρώτα 8 ατυχήματα του πίνακα 4.4)

4.3 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία

Από τους τελικούς πίνακες δεδομένων προκύπτουν αρχικά τα **περιγραφικά στατιστικά στοιχεία** για το σύνολο των οδικών ατυχημάτων και των παθόντων. Αυτά τα στοιχεία επιτρέπουν μία πρώτη ανασκόπηση των δεδομένων και ως συνέπεια την αναγνώριση ορισμένων τάσεων και την εξοικείωση με τους αριθμούς και την τάξη μεγέθους τους. Επίσης, είναι πιθανό να προκύψει κάποια αναγνώριση των ανεξάρτητων μεταβλητών οι οποίες έχουν τη μεγαλύτερη βαρύτητα στις εξαρτημένες ώστε να διερευνηθούν περαιτέρω κατά τη διαδικασία ανάπτυξης των μοντέλων.

Έχοντας τα παραπάνω υπόψη, παρήχθησαν **υποπίνακες** από τους κεντρικούς πίνακες μέσω του λογισμικού Microsoft Excel (λειτουργία pivot table). Στη συνέχεια παρατίθενται εκείνοι που θεωρήθηκε ότι προσέφεραν τις σημαντικότερες πληροφορίες για την αντιμετώπιση των ζητημάτων της Διπλωματικής Εργασίας όπως εκείνα έχουν τεθεί στα προηγούμενα κεφάλαια. Επισημαίνεται ότι τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία αντλήθηκαν κυρίως από τον κεντρικό πίνακα ατυχημάτων (πίνακας 4.4) διότι μελετάται το κάθε ατύχημα ως ενιαίο γεγονός καθώς και οι συνθήκες που οδηγούν σε αυτό. Για λόγους συνοπτικής παρουσίασης και εποπτείας, χρησιμοποιήθηκαν οι ομαδοποιημένες μεταβλητές όπου κρίθηκε απαραίτητο.

Αρχικά ήταν αναγκαία η κατανόηση του **αριθμού και του διαχωρισμού** των οδικών ατυχημάτων. Συνεπώς δημιουργήθηκε ο πίνακας 4.9, που παρατίθεται παρακάτω, ο οποίος παρουσιάζει τον αριθμό και το ποσοστό των οδικών ατυχημάτων αλλά και των παθόντων ανά κατηγορία και ανά έτος της περιόδου έρευνας.

Μεταβλητές	Έτος										Σύνολο	
	2006		2007		2008		2009		2010			
Ατυχήματα	55	23,5%	62	26,5%	38	16,2%	48	20,5%	31	13,3%	234	100,0%
Ελαφρά τραυματίες	61	20,3%	71	23,6%	43	14,3%	51	16,9%	44	14,5%	270	89,7%
Βαριά τραυματίες	3	1,0%	1	0,3%	2	0,7%	8	2,7%	3	1,0%	17	5,6%
Νεκροί	3	1,0%	8	2,7%	0	0,0%	1	0,3%	2	0,7%	14	4,7%
Σύνολο παθόντων	67	22,3%	80	26,6%	45	15,0%	60	19,9%	49	16,2%	301	100%

Πίνακας 4.9: Ατυχήματα και παθόντες ανά έτος

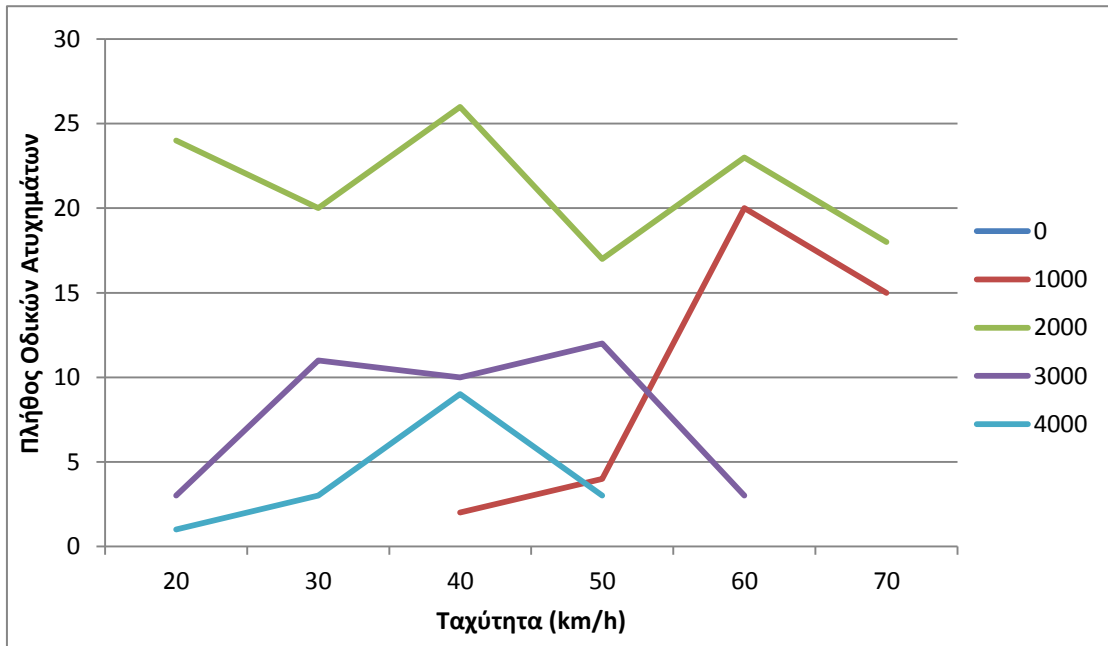
Από τον πίνακα 4.9 παρατηρείται ότι οι **ελαφρά τραυματίες υπερτερούν κατά πολύ** σε αριθμό σε σχέση με τους βαριά τραυματίες και τους νεκρούς, και προκύπτει μια αναλογία περίπου 9/1 για τις περιπτώσεις μικρής σοβαρότητας (0) προς εκείνες αυξημένης σοβαρότητας (1). Παρόλα αυτά δεν παρατηρείται κάποια συγκεκριμένη τάση αύξησης ή μείωσης των οδικών ατυχημάτων στη διάρκεια της περιόδου έρευνας, με τα ποσοστά τους να εμφανίζονται διαμοιρασμένα σχετικά ομοιόμορφα σε όλα τα έτη. Αναφορικά με τους παθόντες, οι ελαφρά τραυματίες ακολουθούν την ίδια περίπου τάση με τον αριθμό των ατυχημάτων, ενώ οι βαριά τραυματίες και οι νεκροί παρουσιάζουν συγκέντρωση του μισού περίπου εκ του συνόλου τους σε ένα μεμονωμένο έτος, αν και διαφορετικό για κάθε κατηγορία.

Κατόπιν διερευνήθηκε το πεδίο της συσχέτισης των **κυκλοφοριακών μεγεθών με την εμφάνιση** των οδικών ατυχημάτων. Όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιήθηκαν οι μεταβλητές ομαδοποιημένων κυκλοφοριακών μεγεθών και δημιουργήθηκε ο πίνακας 4.10 ο οποίος παρουσιάζει τη διασπορά των οδικών ατυχημάτων ανάλογα με τον συνδυασμό ταχύτητας και κυκλοφοριακού φόρτου:

Πλήθος Οδικών Ατυχημάτων												
Ταχύτητα [km/h]	Κυκλοφοριακός Φόρτος [veh/h]										Σύνολο Κ. Φόρτων	
	0000		1000		2000		3000		4000			
20	0	0,0%	0	0,0%	24	10,3%	3	1,3%	1	0,4%	28	12,0%
30	2	0,9%	0	0,0%	20	8,5%	11	4,7%	3	1,3%	36	15,4%
40	0	0,0%	2	0,9%	26	11,1%	10	4,3%	9	3,8%	47	20,1%
50	0	0,0%	4	1,7%	17	7,3%	12	5,1%	3	1,3%	36	15,4%
60	0	0,0%	20	8,5%	23	9,8%	3	1,3%	0	0,0%	46	19,7%
70	8	3,4%	15	6,4%	18	7,7%	0	0,0%	0	0,0%	41	17,5%
Σύνολο Ταχυτήτων	10	4,3%	41	17,5%	128	54,7%	39	16,7%	16	6,8%	234	100,0%

Πίνακας 4.10: Πλήθος οδικών ατυχημάτων συσχετισμένο με ομαδοποιημένα κυκλοφοριακά μεγέθη

Για λόγους καλύτερης ανάλυσης, με τα δεδομένα από τον πίνακα 4.10 δημιουργήθηκε και το **αντίστοιχο διάγραμμα** 4.1, το οποίο παρατίθεται ακολούθως. Με διαφορετικές γραμμές αναπαρίστανται οι επιμέρους κατηγορίες του κυκλοφοριακού φόρτου (οχήματα/ώρα). Για την κατηγορία 0 (κ. φόρτοι από 0 έως 500 οχήματα/ώρα) δεν υπήρξαν αρκετά σημεία για το σχεδιασμό καμπύλης.



Διάγραμμα 4.1: Συσχέτιση κυκλοφοριακών μεγεθών και πλήθους οδικών ατυχημάτων

Από το παραπάνω διάγραμμα και τον αντίστοιχο πίνακα προκύπτει ότι υπάρχουν **συγκεκριμένοι συνδυασμοί** κυκλοφοριακών μεγεθών, ειδικές συνθήκες δηλαδή, στους οποίους ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων παρουσιάζεται αισθητά μειωμένος ή και μηδενικός. Οι συνθήκες αυτές εμφανίζονται στον πίνακα 4.1 στις περιοχές άνω αριστερά (χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος και ταχύτητα), όπως θα ήταν δυνατό να προβλεφθεί και διαισθητικά, και κάτω δεξιά (υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος και ταχύτητα). Αντιθέτως, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, στις μέσες τιμές κυκλοφοριακών μεγεθών συσσωρεύεται ο κύριος αριθμός των ατυχημάτων.

Μεμονωμένα για κάθε μεταβλητή, διαμορφώνεται μια **εικόνα κανονικής κατανομής** (κατανομής Gauss) μεταξύ των κυκλοφοριακών φόρτων, η οποία είναι αρκετά εμφανής εάν εξεταστεί η γραμμή του συνόλου στον πίνακα 4.1.. Πράγματι, παρατηρείται συμμετρία στις 5 κατηγορίες του κυκλοφοριακού φόρτου: μεγάλο ποσοστό ατυχημάτων (55%) συγκεντρωμένο στη μεσαία κατηγορία (2.000 οχήματα/ώρα) και όμοιες τάξεις μεγέθους στα άκρα. Αντιθέτως, αν εξεταστεί μόνο η ταχύτητα, μέσω της στήλης του συνόλου αυτή τη φορά, δεν παρατηρείται κάποια έντονη διακύμανση ανάμεσα στις κατηγορίες της.

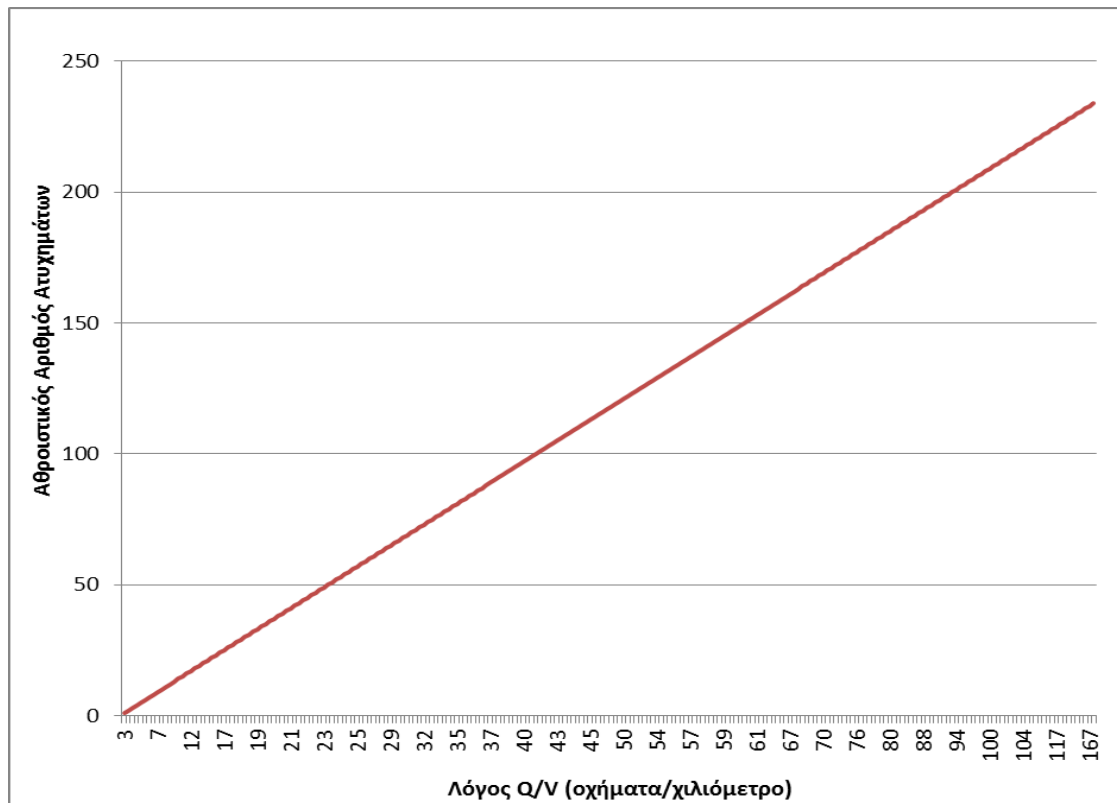
Ο πίνακας 4.11 που ακολουθεί είναι μια παραλλαγή του 4.10 και αναφέρεται στον καταμερισμό της σοβαρότητας με βάση τα κυκλοφοριακά μεγέθη. Παρουσιάζεται η διασπορά των παθόντων ατυχημάτων **υψηλής σοβαρότητας** (νεκροί και βαριά τραυματίες, 31 συνολικά, καθώς και τα ποσοστά τους) εξαρτώμενη από τα γνωστά κυκλοφοριακά μεγέθη:

Ταχύτητα [km/hr]	Πλήθος Σοβαρά Παθόντων										Σύνολο	
	Κυκλοφοριακός Φόρτος [veh/hr]											
	0000		1000		2000		3000		4000			
20	0	0,0%	0	0,0%	3	9,7%	0	0,0%	0	0,0%	3	9,7%
30	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
40	0	0,0%	1	3,2%	2	6,5%	2	6,5%	1	3,2%	6	19,4%
50	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	6,5%	0	0,0%	2	6,5%
60	0	0,0%	9	29,0%	2	6,5%	1	3,2%	0	0,0%	12	38,7%
70	1	3,2%	4	12,9%	3	9,7%	0	0,0%	0	0,0%	8	25,8%
Σύνολο Ταχυτήτων	1	3,2%	14	45,2%	10	32,3%	5	16,1%	1	3,2%	31	100,0%

Πίνακας 4.11: Πλήθος σοβαρά παθόντων συσχετισμένο με ομαδοποιημένα κυκλοφοριακά μεγέθη

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε αρχικά ότι οι διαγώνιες μηδενικές περιοχές διατηρούνται, όπως ήταν αναμενόμενο. Επιπλέον, υπάρχει συγκέντρωση σοβαρά παθόντων σε **χαμηλούς προς μέτριους κυκλοφοριακούς φόρτους** (1000 έως 2000 οχ./ώρα) και **υψηλές ταχύτητες** (60 χμ./ώρα και άνω) σε ικανό ποσοστό (περίπου 58% επί του συνόλου). Οι υπόλοιποι σοβαρά παθόντες διαμοιράζονται στην περιοχή μεσαίων κυκλοφοριακών φόρτων σε διάφορες ταχύτητες, και όπως προκύπτει στις ακραίες τιμές κυκλοφοριακών φόρτων η συγκεκριμένη ομάδα παθόντων εμφανίζεται πολύ μειωμένη, έως μηδενική. Όσον αφορά στις ταχύτητες, το πλήθος υπό εξέταση εμφανίζει σχετικά πιο ομοιόμορφη διασπορά, με εύλογη μείωση στις μικρές τιμές (30 χμ./ώρα και κάτω).

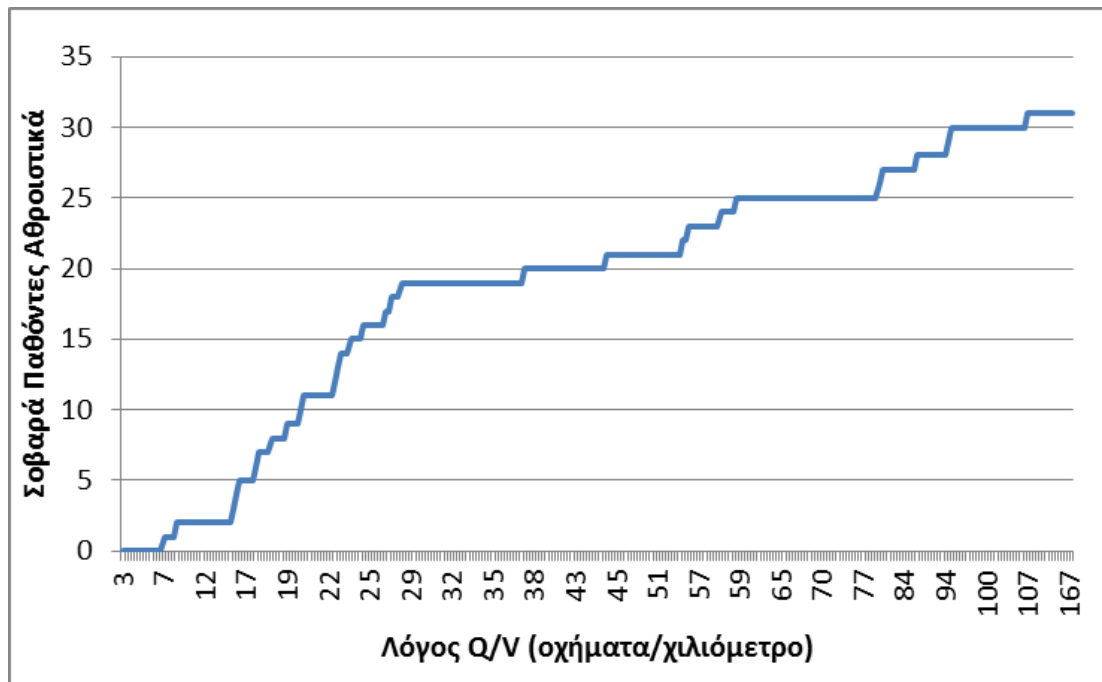
Εάν εξεταστούν τα κυκλοφοριακά μεγέθη του κυκλοφοριακού φόρτου και της ταχύτητας με τη μορφή του λόγου τους, όπως αυτός έχει οριστεί παραπάνω, προκύπτει ότι **τα οδικά ατυχήματα είναι διαμοιρασμένα ομοιόμορφα** μεταξύ όλων των τιμών του. Το ίδιο συμπέρασμα απορρέει και από το σχετικό διάγραμμα 4.2, το οποίο παρουσιάζει τον αθροιστικό αριθμό των οδικών ατυχημάτων εξαρτώμενο από τον λόγο των κυκλοφοριακών μεγεθών, λόγω της σταθερής κλίσης της ευθείας.



Διάγραμμα 4.2: Συσχέτιση λόγου κυκλοφοριακών μεγεθών και αθροιστικού πλήθους ατυχημάτων

Σε παρόμοιο πλαίσιο, εάν ως εξαρτημένη μεταβλητή τεθεί το αθροιστικό πλήθος της **σοβαρότητας ατυχημάτων** (δηλαδή το άθροισμα βαριά τραυματιών και νεκρών παθόντων) κατασκευάζεται το διάγραμμα 4.3. Εδώ παρατηρούνται αρκετές ανομοιομορφίες, με τις πλέον επικίνδυνες τιμές του λόγου των κυκλοφοριακών μεγεθών για σοβαρά ατυχήματα να εμφανίζονται στις θέσεις με τη μεγαλύτερη κλίση, όπως στο διάστημα από 17 έως 28 οχήματα/χιλιόμετρο. Αντίστοιχα, οι πιο ακίνδυνες τιμές του λόγου εμφανίζονται στις τιμές με οριζόντια κλίση (μηδενική αύξηση σοβαρότητας), όπως το διάστημα μεταξύ 31 και 37 οχήματα/χιλιόμετρο.

Επισημαίνεται ότι ο τελικός αριθμός των σοβαρά παθόντων (31) του συνόλου των συγκεκριμένων στοιχείων εμφανίζεται στην τιμή του λόγου Q/V των 106 οχημάτων/χιλιόμετρο. Για τις μεγαλύτερες τιμές, έως και τη μέγιστη που καταγράφηκε (190 οχήματα/χιλιόμετρο) δεν σημειώνονται άλλα οδικά ατυχήματα αυξημένης σοβαρότητας.



Διάγραμμα 4.3: Συσχέτιση λόγου κυκλοφοριακών μεγεθών και αθροιστικού πλήθους σοβαρά παθόντων

Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία συνεχίζονται με τις μεταβλητές που αναπαριστούν τα χαρακτηριστικά κάθε ατυχήματος. Ο πίνακας 4.12 παρουσιάζει την κατανομή των οδικών ατυχημάτων σε σχέση με **την (ομαδοποιημένη) ηλικία και το φύλο** των οδηγών του Α οχήματος του ατυχήματος, σε απόλυτους αριθμούς αλλά και ποσοστά.

Πλήθος Οδικών Ατυχημάτων												
Φύλο Οδηγού	Ηλικία Οδηγού										Σύνολο ηλικιών	
	Άγνωστο		18-24		25-34		35-55		56 +			
Άρρεν	1	0,4%	40	17,1%	70	29,9%	65	27,8%	15	6,4%	191	81,6%
Θήλυ	0	0,0%	2	0,9%	9	3,8%	9	3,8%	8	3,4%	28	12,0%
Άγνωστο	15	6,4%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	15	6,4%
Σύνολο φύλων	16	6,8%	42	17,9%	79	33,8%	74	31,6%	23	9,8%	234	100,0%

Πίνακας 4.12: Πλήθος οδικών ατυχημάτων συσχετισμένα με χαρακτηριστικά οδηγών

Εάν θεωρηθεί ότι οι οδηγοί των οποίων το φύλο δεν καταγράφηκε καταμερίζονται σύμφωνα με την υπάρχουσα αναλογία (άρα θεωρητικά ο πληθυσμός μετατρέπεται σε 204 άνδρες και 30 γυναίκες) παρατηρείται **συντριπτική πλειοψηφία των ανδρών** ως οδηγούς εμπλεκόμενους σε ατύχημα, υπερτερώντας των γυναικών με ποσοστό 87% περίπου. Όσον αφορά στις ηλικίες των οδηγών, όπως φαίνεται από τη γραμμή του αθροίσματος φύλων στη συγκεκριμένη περίπτωση τα περισσότερα

οδικά ατυχήματα έχουν εμπλεκόμενους οδηγούς ηλικίας 25 έως 55 ετών (συνολικό ποσοστό περίπου 65%). Συνδυαστικά, η αριθμητική υπεροχή των ανδρών διατηρείται σε όλες τις ηλικιακές κατηγορίες, και μόνο στην τελευταία (65 ετών και άνω) το ποσοστό των γυναικών αυξάνεται μόλις στο 34% του συνόλου των φύλων, δηλαδή χωρίς να ξεπερνά τους άνδρες ούτε σε αυτή την περίπτωση.

Λόγω της φύσης των στοιχείων του Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α, δεν είναι δυνατόν να καθοριστεί η αιτία του κάθε ατυχήματος και άρα να καταλογιστεί υπαιτιότητα στον οδηγό ενός οχήματος βλέποντας αυτά τα στοιχεία και μόνο. Συνεπώς δεν είναι βέβαιος ο ρόλος μιας κατηγορίας στην πρόκληση οδικών ατυχημάτων, παρά μόνο η συμμετοχή της σε αυτά.

Συνεχίζοντας, εξετάζονται χαρακτηριστικά τα οποία αφορούν στις συνθήκες καιρού και φωτισμού υπό τις οποίες πραγματοποιήθηκαν ατυχήματα. Στο ίδιο πλαίσιο με τα προηγούμενα, στους πίνακες 4.13 και 4.14 παρατίθενται το πλήθος οδικών ατυχημάτων και το πλήθος σοβαρά παθόντων, καθώς και τα αντίστοιχα ποσοστά. Οι δύο αυτές μεταβλητές αναλύονται με βάση τις (ομαδοποιημένες) καιρικές συνθήκες, τις συνθήκες φωτισμού και την ύπαρξη ή όχι τεχνητού φωτισμού.

Πλήθος Οδικών Ατυχημάτων														
Καιρικές Συνθήκες	Καλοκαιρία						Κακοκαιρία						Σύνολο	
	Μέρα		Νύχτα		Σούρουπο		Μέρα		Νύχτα		Σούρουπο			
Συνθήκες φωτισμού/ Νυχτερινός φωτισμός														
Άγνωστο	140	59,8%	1	0,4%	10	4,3%	10	4,3%	0	0,0%	0	0,0%	161	68,8%
Τεχνητός φωτισμός αμυδρός	0	0,0%	3	1,3%	0	0,0%	0	0,0%	2	0,9%	0	0,0%	5	2,1%
Τεχνητός φωτισμός επαρκής	0	0,0%	56	23,9%	0	0,0%	0	0,0%	7	3,0%	0	0,0%	63	26,9%
Τεχνητός φωτισμός σβηστός	0	0,0%	5	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	5	2,1%
Σύνολο	140	59,8%	65	27,8%	10	4,3%	10	4,3%	9	3,8%	0	0,0%	234	100,0%

Πίνακας 4.13: Πλήθος οδικών ατυχημάτων συσχετισμένα με συνθήκες καιρού και φωτισμού

Από τον πίνακα 4.13 παρατηρείται ότι η πλειονότητα των οδικών ατυχημάτων συνέβη την **ημέρα, με συνθήκες καλοκαιρίας** (και άρα χωρίς να είναι απαραίτητος ο τεχνητός φωτισμός). Τη δεύτερη μεγαλύτερη κατηγορία αποτελούν ατυχήματα που συνέβησαν τη νύχτα, πάλι όμως με καλό καιρό και επαρκή τεχνητό φωτισμό. Συνεπώς διαφαίνεται η τάση πως για τη συγκεκριμένη λεωφόρο οι κακές καιρικές συνθήκες και η ανεπάρκεια νυχτερινού φωτισμού μάλλον δεν επηρεάζουν σημαντικά το πλήθος των οδικών ατυχημάτων. Αυτό το συμπέρασμα είναι πιθανό να εξηγείται από τα γεγονότα ότι οι οδηγοί κινούνται προσεκτικότερα με κακοκαιρία και ο νυχτερινός φωτισμός φροντίζεται ώστε να είναι επαρκής.

Ακολουθεί ο πίνακας 4.14:

Πλήθος Σοβαρά Παθόντων														
Καιρικές Συνθήκες	Καλοκαιρία						Κακοκαιρία						Σύνολο	
	Μέρα		Νύχτα		Σούρουπο		Μέρα		Νύχτα		Σούρουπο			
Συνθήκες φωτισμού/ Νυχτερινός φωτισμός														
Άγνωστο	2	6,5%	0	0,0%	0	0,0%	14	45,2%	0	0,0%	2	6,5%	18	58,1%
Τεχνητός φωτισμός αμυδρός	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Τεχνητός φωτισμός επαρκής	0	0,0%	3	9,7%	0	0,0%	0	0,0%	10	32,3%	0	0,0%	13	41,9%
Τεχνητός φωτισμός σβηστός	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Σύνολο	2	6,5%	3	9,7%	0	0,0%	14	45,2%	10	32,3%	2	6,5%	31	100,0%

Πίνακας 4.14: Πλήθος σοβαρά παθόντων συσχετισμένο με συνθήκες καιρού και φωτισμού

Σε αντίθεση με το συνολικό αριθμό ατυχημάτων, οι σοβαρά παθόντες διαφαίνεται ότι εμφανίζονται **συχνότερα σε ατυχήματα με κακοκαιρία**. Πράγματι, με ποσοστό περίπου 84% επί του συνόλου (45% την ημέρα, 32% τη νύχτα και 6% το σούρουπο), προκύπτει ότι η κακοκαιρία παίζει σημαντικό ρόλο στην ύπαρξη βαριά τραυματιών ή νεκρών από ένα οδικό ατύχημα. Παρόλα αυτά, όλα τα ατυχήματα τα οποία συνέβησαν νυχτερινές ώρες είχαν επαρκή φωτισμό (ανεξαρτήτως καιρού), συνεπώς με τα παρόντα δεδομένα δεν είναι δυνατόν να καθοριστεί η συμβολή του νυχτερινού φωτισμού στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.

Μετά την εξέταση των κυκλοφοριακών μεγεθών, των χαρακτηριστικά των οδηγών και των ατμοσφαιρικών και καιρικών συνθηκών των οδικών ατυχημάτων, ενδιαφέρον παρουσιάζει η εμβάθυνση στους παράγοντες που επηρεάζουν περισσότερο τη φυσική της σύγκρουσης (εκτός από την ταχύτητα), δηλαδή **τον τύπο οχήματος και τον τύπο ατυχήματος**. Ακολουθούν οι πίνακες 4.15 και 4.16, οι οποίοι παρουσιάζουν το πλήθος ατυχημάτων και το πλήθος σοβαρά παθόντων σε συνάρτηση με εκείνους τους δύο παράγοντες. Λόγω μεγάλης ποικιλίας των κατηγοριών στοιχείων στο Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α., χρησιμοποιούνται ομαδοποιημένες μεταβλητές, όπως έχει εξηγηθεί στα προηγούμενα.

Πλήθος Οδικών Ατυχημάτων										
Τύπος Ατυχήματος	Τύπος Οχήματος								Σύνολο τύπων οχημάτων	
	Άγνωστο		Δίκυκλο		Επιβατικό ΙΧ/ΔΧ		Φορητό/Λεωφορείο			
Άλλος	0	0,0%	7	3,0%	1	0,4%	2	0,9%	10	4,3%
Εκτροπή από την οδό	1	0,4%	5	2,1%	11	4,7%	0	0,0%	17	7,3%
Νωτομετωπική σύγκρουση	0	0,0%	18	7,7%	32	13,7%	2	0,9%	52	22,2%
Παράσυρση πεζού	2	0,9%	33	14,1%	30	12,8%	1	0,4%	66	28,2%
Πλάγια σύγκρουση	0	0,0%	10	4,3%	32	13,7%	1	0,4%	43	18,4%
Πλαγιομετωπική σύγκρουση	2	0,9%	2	0,9%	18	7,7%	0	0,0%	22	9,4%
Πρόσκρουση σε σταθερό όχημα/αντικείμενο	0	0,0%	3	1,3%	21	9,0%	0	0,0%	24	10,3%
Σύνολο τύπων ατυχημάτων	5	2,1%	78	33,3%	145	62,0%	6	2,6%	234	100,0%

Πίνακας 4.15: Πλήθος οδικών ατυχημάτων συσχετισμένα με τύπους οχημάτων και ατυχημάτων

Με βάση τον πίνακα 4.15 παρατηρείται κάποια διασπορά του πλήθους των οδικών ατυχημάτων ως προς τους εμπλεκόμενους τύπους οχημάτων και **εντονότερη ως προς τους τύπους ατυχημάτων** τα οποία συνέβησαν. Αρχικά, προκύπτει ότι η **πλειονότητα** των οχημάτων που συμμετείχαν σε κάποιο οδικό ατύχημα ήταν **επιβατικά ΙΧ/ΔΧ**, τα οποία είναι και τα πλέον κοινά οχήματα στους ελληνικούς δρόμους. Τα δίκυκλα αποτελούν το ένα τρίτο του συνόλου, και οι υπόλοιπες κατηγορίες οχημάτων είναι πολύ μικρότερες. Προκύπτει επίσης ότι τα ατυχήματα που συνέβησαν συχνότερα ήταν παρασύρσεις πεζών (ποσοστό περίπου 28%) με τις νωτομετωπικές και πλάγιες συγκρούσεις να ακολουθούν.

Με τη σύνθεση των τριών μεταβλητών, διαφαίνεται ότι ο **συχνότερος συνδυασμός ατυχήματος – οχήματος** είναι εκείνος της παράσυρσης πεζών από δίκυκλο, αν και οι συνδυασμοί νωτομετωπικής σύγκρουσης, πλάγιας σύγκρουσης ή παράσυρσης πεζού από επιβατικό Ι.Χ. ακολουθούν με πολύ μικρή διαφορά. Ακολουθεί ο πίνακας 4.16 με τα στοιχεία για τους σοβαρά παθόντες.

Πλήθος Σοβαρά Παθόντων										
Τύπος Ατυχήματος	Τύπος Οχήματος								Σύνολο τύπων οχημάτων	
	Άγνωστο		Δίκυκλο		Επιβατικό ΙΧ/ΔΧ		Φορτηγό/Λεωφορείο			
Άλλος	0	0,0%	1	3,2%	0	0,0%	0	0,0%	1	3,2%
Εκτροπή από την οδό	0	0,0%	0	0,0%	1	3,2%	0	0,0%	1	3,2%
Νωτομετωπική σύγκρουση	0	0,0%	0	0,0%	4	12,9%	0	0,0%	4	12,9%
Παράσυρση πεζού	0	0,0%	3	9,7%	12	38,7%	0	0,0%	15	48,4%
Πλάγια σύγκρουση	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Πλαγιομετωπική σύγκρουση	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Πρόσκρουση σε σταθερό όχημα/αντικείμενο	0	0,0%	1	3,2%	9	29,0%	0	0,0%	10	32,3%
Σύνολο τύπων ατυχημάτων	0	0,0%	5	16,1%	26	83,9%	0	0,0%	31	100,0%

Πίνακας 4.16: Πλήθος σοβαρά παθόντων συσχετισμένο με τύπους οχημάτων και ατυχημάτων

Σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται ότι η πλειοψηφία των σοβαρά παθόντων (84% περίπου) βρέθηκαν σε ατύχημα στο οποίο ενεπλάκη **επιβατικό αυτοκίνητο**. Ακόμη, οι τύποι ατυχημάτων με τη μεγαλύτερη σοβαρότητα είναι αυτοί της **παράσυρσης πεζού** (48% επί του συνόλου) και της **πρόσκρουσης σε σταθερό όχημα ή αντικείμενο** (32% επί του συνόλου). Εάν οι τρεις μεταβλητές εξεταστούν ταυτόχρονα, προκύπτει ότι την μεγαλύτερη σοβαρότητα κατέχει ο συνδυασμός παράσυρσης πεζού από Ι.Χ. αυτοκίνητο. Προκύπτει επίσης ότι δεν υπήρξε κάποιο ατύχημα αυξημένης σοβαρότητας με εμπλεκόμενο βαρύ όχημα (φορτηγό/λεωφορείο). Από τα παραπάνω, κρίνεται ότι οι μεταβλητές του τύπου οχήματος και τύπου ατυχήματος φαίνεται ότι παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για περαιτέρω διερεύνηση.

4.4 Επεξεργασία Στοιχείων με το ειδικό λογισμικό

Μετά από την τελική διαμόρφωση των πινάκων στο λογισμικό Microsoft Excel, τα στοιχεία **μεταφέρθηκαν στο ειδικό λογισμικό** στατιστικής ανάλυσης IBM SPSS Statistics. Η εισαγωγή τους πραγματοποιήθηκε αρχικά στο πεδίο δεδομένων (Data View), το οποίο δέχεται στοιχεία μόνο αριθμητικής μορφής. Έπειτα καθορίστηκαν και χαρακτηρίστηκαν οι μεταβλητές μέσω του πεδίου μεταβλητών (Variable View). Ειδικότερα, για κάθε μεταβλητή επιλέχθηκε το είδος της (αριθμητική, ημερομηνία κλπ.), ο αριθμός δεκαδικών ψηφίων και ο τύπος της. Ως τύποι μεταβλητών ορίζονται οι εξής:

- **Συνεχείς** μεταβλητές (scale variables), οι οποίες λαμβάνουν όλες τις τιμές πραγματικών αριθμών, όπως το πλάτος οδοστρώματος.
- **Διατεταγμένες** μεταβλητές (ordinal variables), οι οποίες λαμβάνουν ακέραιες τιμές, με μαθηματική συσχέτιση μεταξύ τους, δηλαδή μικρότεροι αριθμοί συμβολίζουν μικρότερες αξίες μεταβλητής. Μια τέτοια μεταβλητή είναι η σοβαρότητα παθόντα.
- **Διακριτές** μεταβλητές (nominal variables), οι οποίες λαμβάνουν συμβολικές ακέραιες τιμές χωρίς μαθηματική συσχέτιση, όπως οι συνθήκες φωτισμού.

Επισημαίνεται ότι διαφορετικές μορφές της ίδιας μεταβλητής (π.χ. ταχύτητα, V , και λογάριθμος ταχύτητας, $\log V$) πρέπει να εισαχθούν ως ξεχωριστές μεταβλητές αφού έχουν δημιουργηθεί από το Excel. Στις εικόνες 4.12 και 4.13 που ακολουθούν εμφανίζεται ενδεικτικά η εισαγωγή των στοιχείων στο λογισμικό και ο χαρακτηρισμός των μεταβλητών.

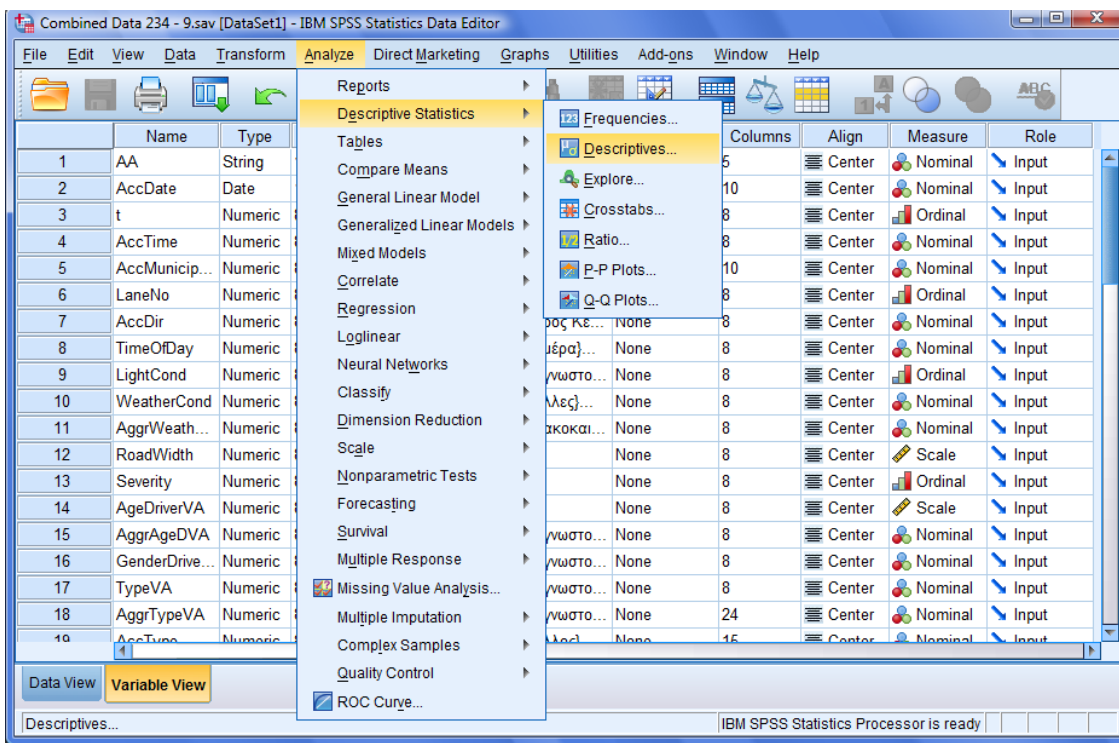
	AA	AccDate	t	AccTime	AccMunicipality	LaneNo	AccDir	TimeOfDay	LightCond	W
4	4	01.02.2006	1	21	2	3	1	3	3	
5	5	16.02.2006	1	18	2	2	1	1	0	
6	6	23.02.2006	1	0	3	3	2	3	3	
7	7	24.02.2006	1	5	3	3	2	3	3	
8	8	27.02.2006	1	23	4	3	2	3	3	
9	9	27.02.2006	1	23	4	3	2	3	3	
10	10	16.03.2006	1	23	2	3	2	3	3	
11	11	16.03.2006	1	23	2	3	2	3	3	
12	12	24.03.2006	1	8	2	3	2	1	0	
13	13	24.03.2006	1	11	4	3	2	1	0	
14	14	26.03.2006	1	20	1	4	2	3	3	
15	15	07.04.2006	1	21	2	2	1	3	3	
16	16	09.04.2006	1	1	2	2	2	3	1	
17	17	09.04.2006	1	1	2	2	2	3	1	

Εικόνα 4.12: Παράδειγμα εισαγωγής δεδομένων στο λογισμικό

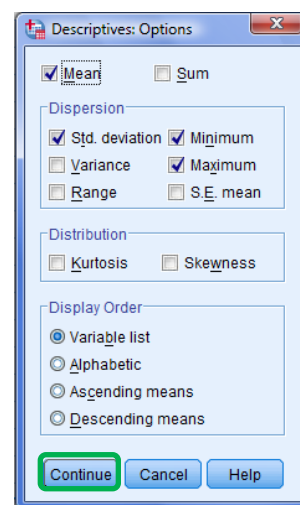
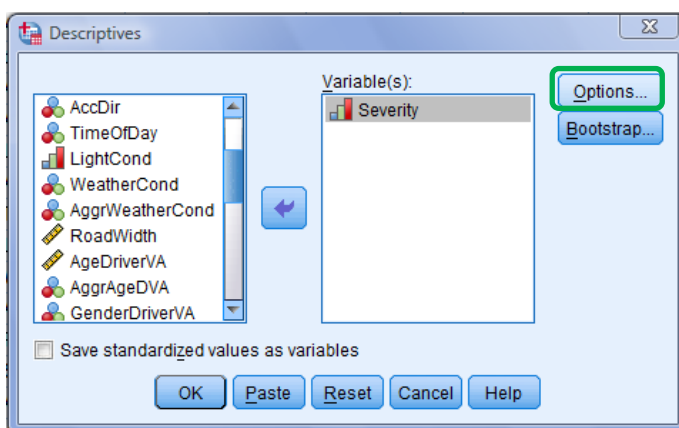
	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	AA	String	11	0		None	None	5	Center	Nominal	Input
2	AccDate	Date	10	0		None	None	10	Center	Nominal	Input
3	t	Numeric	8	0		{1, 2006}...	None	8	Center	Ordinal	Input
4	AccTime	Numeric	8	0		None	None	8	Center	Nominal	Input
5	AccMunicip...	Numeric	8	0		{1, Δήμος Α...	None	10	Center	Nominal	Input
6	LaneNo	Numeric	8	0		None	None	8	Center	Ordinal	Input
7	AccDir	Numeric	8	0		{1, Προς Κέ...	None	8	Center	Nominal	Input
8	TimeOfDay	Numeric	8	0		{1, Ημέρα}...	None	8	Center	Nominal	Input
9	LightCond	Numeric	8	0		{0, Άγνωστο...	None	8	Center	Ordinal	Input
10	WeatherCond	Numeric	8	0		{0, Άλλες}...	None	8	Center	Nominal	Input
11	AggrWeath...	Numeric	8	0		{0, Κακοκαι...	None	8	Center	Nominal	Input
12	RoadWidth	Numeric	8	2		None	None	8	Center	Scale	Input
13	Severity	Numeric	8	0		None	None	8	Center	Ordinal	Input
14	AgeDriverVA	Numeric	8	0		None	None	8	Center	Scale	Input
15	AggrAgeDVA	Numeric	8	0		{0, Άγνωστο...	None	8	Center	Nominal	Input
16	GenderDrive...	Numeric	8	0		{0, Άγνωστο...	None	8	Center	Nominal	Input
17	TypeVA	Numeric	8	0		{0, Άγνωστο...	None	8	Center	Nominal	Input
18	AggrTypeVA	Numeric	8	0		{0, Άγνωστο...	None	24	Center	Nominal	Input
19	AccType	Numeric	8	0		{0, Άλλες}...	None	15	Center	Nominal	Input

Εικόνα 4.13: Παράδειγμα καθορισμού μεταβλητών στο λογισμικό

Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν κάποιες αρχικές λειτουργίες για την εξαγωγή βασικών περιγραφικών στατιστικών με το λογισμικό, πριν από την κύρια στατιστική ανάλυση. Τα βήματα εντολών για αυτό το σκοπό είναι: Analyze → Descriptive Statistics → Descriptives → Options και έπειτα η επιλογή μεταβλητών και στατιστικών μεγεθών προς διερεύνηση. Η διαδικασία φαίνεται στις εικόνες 4.14, 4.15 και 4.16:

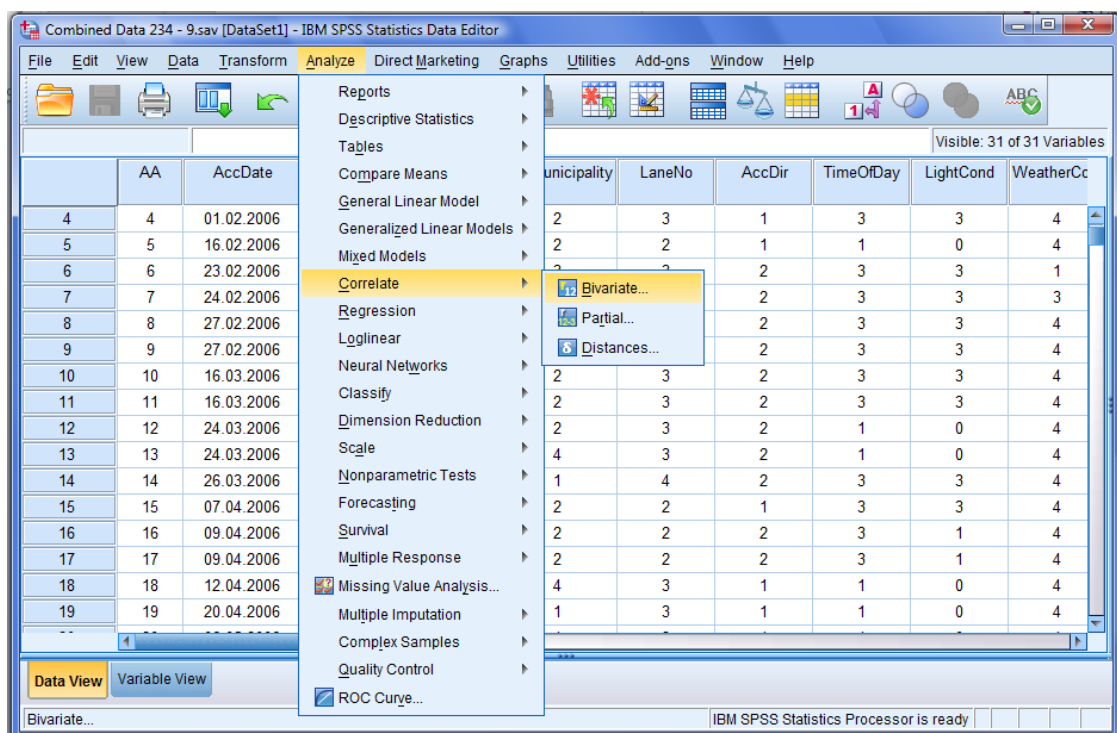


Εικόνα 4.14: Εξαγωγή περιγραφικών στατιστικών

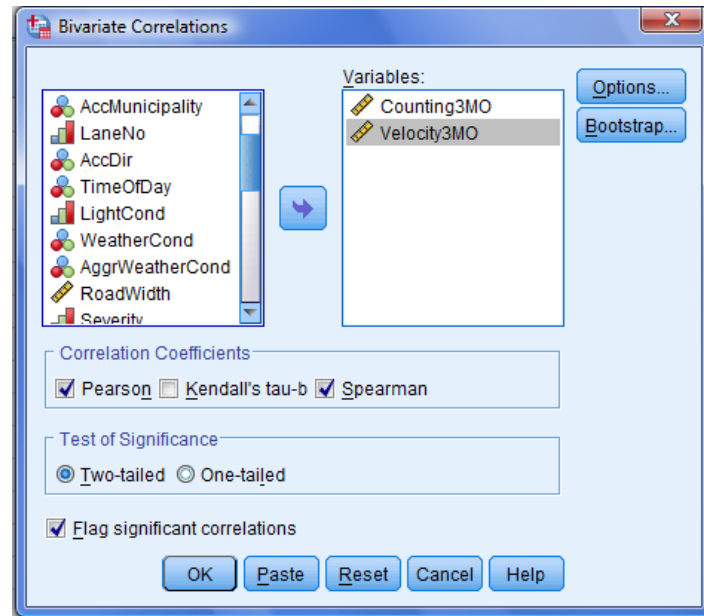


Εικόνες 4.15 και 4.16: Επιλογή επιθυμητών μεταβλητών και στατιστικών μεγεθών

Ακολούθησε **διερεύνηση συσχετίσεων** μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Όλες οι επιλεγμένες μεταβλητές αναλύονται ανά ζεύγη και προκύπτουν οι συντελεστές συσχέτισης Pearson και Spearman. Οι συντελεστές κυμαίνονται από -1.00 (τέλεια αντιστρόφως ανάλογη συσχέτιση) έως +1.00 (τέλεια ανάλογη συσχέτιση), ενώ συντελεστής 0.00 δηλώνει τέλεια ασυσχέτιστες μεταβλητές. Επισημαίνεται ότι παρά τους ορισμούς αυτούς, δεν υπάρχει συγκεκριμένος κανόνας αποδοχής ή απόρριψης ζεύγους μεταβλητών προς ανάλυση παρά μόνο η κρίση του ερευνητή. Τα βήματα εντολών για αυτό το σκοπό είναι: Analyze → Correlate → Bivariate και έπειτα η επιλογή μεταβλητών και στατιστικών μεγεθών προς διερεύνηση. Παρατίθενται οι σχετικές εικόνες 4.17 και 4.18 από το λογισμικό:

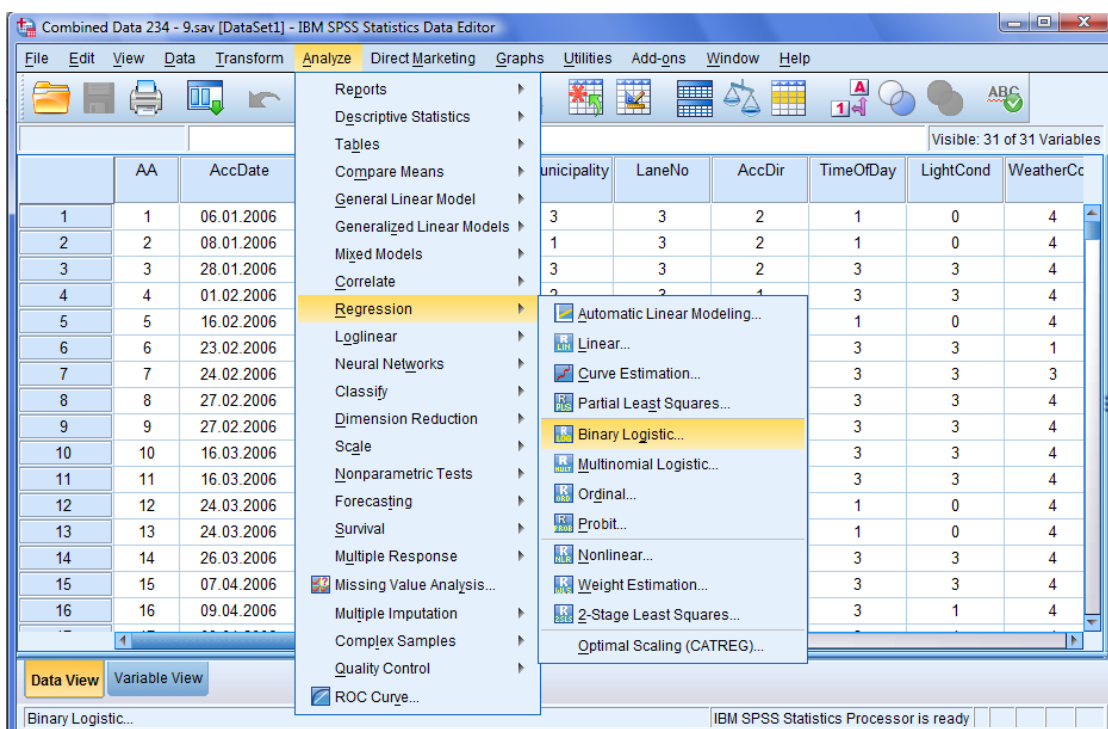


Εικόνα 4.17: Διαδικασία συσχέτισης μεταβλητών



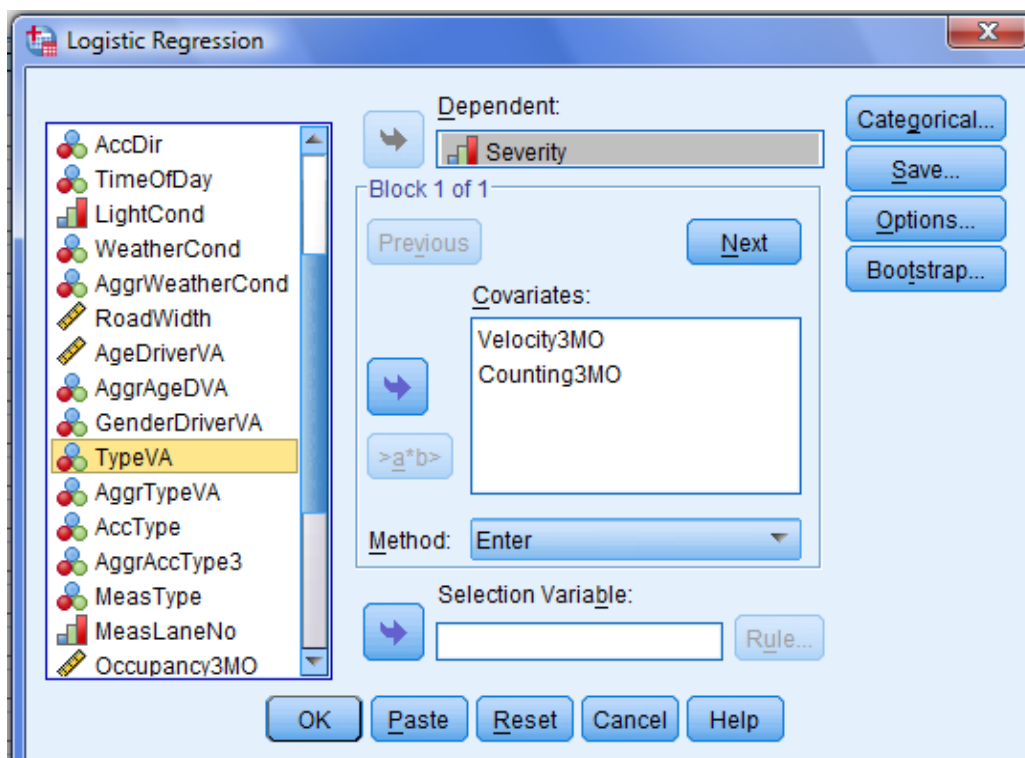
Εικόνα 4.18: Επιλογή μεταβλητών και είδους συσχέτισης

Τέλος, πραγματοποιήθηκε η **κύρια στατιστική ανάλυση**, με στόχο την ανάπτυξη των τελικών μοντέλων. Για τη λογιστική παλινδρόμηση με δύο κατηγορίες συγκεκριμένα (διωνυμική), ακολουθούνται τα βήματα Analyze → Regression → Binary Logistic, όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.19:

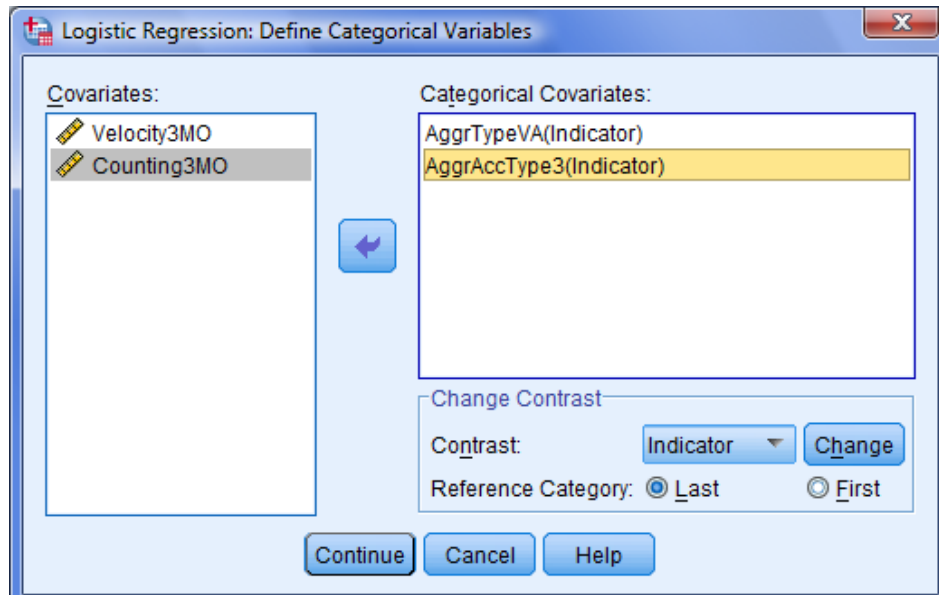


Εικόνα 4.19: Επιλογή λογιστικής παλινδρόμησης

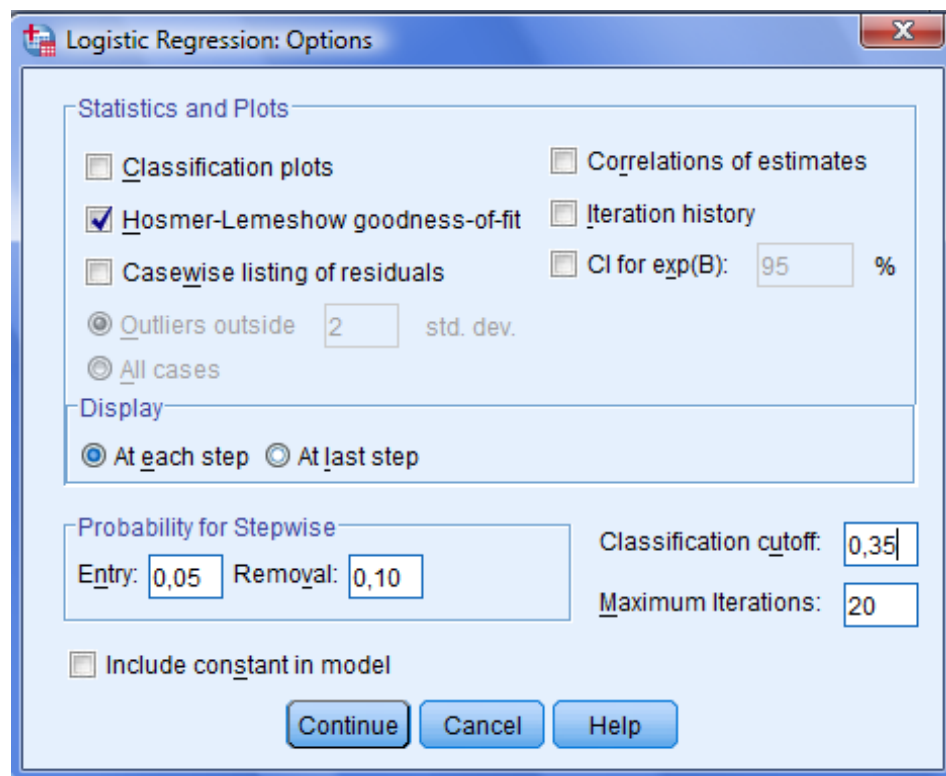
Μετά από τις παραπάνω εντολές, **επιλέγονται** οι ανεξάρτητες μεταβλητές (covariates) και η εξαρτημένη (dependent) μεταβλητή, καθώς και η μέθοδος εισαγωγής τους στο μοντέλο (method), όπως φαίνεται στην εικόνα 4.20. Η μέθοδος εισαγωγής μεταβλητών θα εξηγηθεί αναλυτικότερα στο επόμενο κεφάλαιο. Έπειτα απαιτείται η επισήμανση των μη συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών (διακριτών και διατεταγμένων) πριν ξεκινήσει η ανάλυση, και η επιλογή της κατηγορίας αναφοράς τους, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.21. Το πρόγραμμα δίνει επίσης τη δυνατότητα επιλογών (options) όπως η διενέργηση του στατιστικού ελέγχου Hosmer-Lemeshow test, η εισαγωγή (ή όχι) σταθεράς και η τιμή της αναλογίας μεταξύ των δύο κατηγοριών (classification cutoff) στο μοντέλο προς ανάπτυξη κ.α., όπως φαίνεται στην εικόνα 4.22:



Εικόνα 4.20: Επιλογή μεταβλητών και μεθόδου εισαγωγής τους



Εικόνα 4.21: Επιλογή κατηγορικών ανεξάρτητων μεταβλητών



Εικόνα 4.22: Επιλογές λογιστικής παλινδρόμησης

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Γενικά

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την αναλυτική **περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας** καθώς και **την παρουσίαση του συνόλου των αποτελεσμάτων** της παρούσας Διπλωματικής εργασίας.

Η στατιστική ανάλυση των στοιχείων που συλλέχθηκαν και προετοιμάστηκαν κατά το προηγούμενο στάδιο πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης, όπως αυτή περιγράφεται στο θεωρητικό μέρος.

Στα επόμενα περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης κατάλληλων μοντέλων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην παρουσίαση ζητημάτων αξιοπιστίας των δεδομένων και στις διαδικασίες αντιμετώπισής τους. Αναπόσπαστο μέρος των αποτελεσμάτων αποτελούν **οι στατιστικοί έλεγχοι** που έχουν προαναφερθεί και απαιτούνται για την αποδοχή ή μη των μοντέλων.

Σημαντικό τμήμα του κεφαλαίου καταλαμβάνει το εδάφιο που αφορά στην **εμφάνιση των αποτελεσμάτων** και διακρίνεται στις εξής τρεις φάσεις:

- Παρουσίαση των εξαγόμενων στοιχείων
- Περιγραφή των αποτελεσμάτων
- Εξήγηση των αποτελεσμάτων

Η **παρουσίαση** των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει τόσο τη μαθηματική σχέση του κάθε μοντέλου, όσο και σχετικά διαγράμματα που επιτρέπουν τη γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων όπου αυτό είναι εφικτό. Επιπλέον, πραγματοποιείται **ανάλυση ελαστικότητας** και **ανάλυση ευαισθησίας** όπου αυτές κρίνεται ότι θα προσφέρουν χρήσιμες πρόσθετες πληροφορίες.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθούν οι υπόλοιπες διερευνήσεις οι οποίες **δεν οδήγησαν σε αποτελέσματα**, αν και πραγματοποιήθηκαν σχετικές προσπάθειες στο πλαίσιο εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας.

Αρχικά υπήρξε η σκέψη να διερευνηθεί μέσω γραμμικής ή λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης ο αριθμός των ατυχημάτων στην έρευνα περιοχής για τη χρονική περίοδο για την οποία έχουν συγκεντρωθεί τα δεδομένα. Αυτός ο αριθμός θα συσχετιζόταν με τα κυκλοφοριακά δεδομένα και ίσως με τα λοιπά χαρακτηριστικά ατυχημάτων. Λόγω όμως του είδους των συλλεχθέντων στοιχείων, όπου κάθε σειρά αναπαριστά ένα ατύχημα, και του μεγάλου αριθμού των μεταβλητών, **δεν υπήρχαν επαναλαμβανόμενα φαινόμενα ατυχημάτων**, ακόμα και μετά από προσπάθειες ομαδοποιήσεων. Συνεπώς ο αριθμός των ατυχημάτων δεν ήταν δυνατό να διερευνηθεί με την πιο άμεση μέθοδο γραμμικής ή λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης, και για αυτό το λόγο δόθηκε περισσότερη βαρύτητα σε αναλύσεις σοβαρότητας παθόντων, οι οποίες ήταν πραγματοποιήσιμες με βάση τα δεδομένα.

Ομοίως, όταν ολοκληρώθηκε η φάση συλλογής στοιχείων, η ανάλυση εμφάνισης ατυχήματος δεν ήταν δυνατό να πραγματοποιηθεί με τα υπάρχοντα δεδομένα, διότι **όλες οι σειρές αναφέρονται σε συμβάν οδικού ατυχήματος**. Δεν υπήρχαν δηλαδή σειρές όπου αφορούσαν σε κανονικές συνθήκες ροής χωρίς οδικό ατύχημα, ώστε να είναι εφικτή η ανάπτυξη κάποιου μοντέλου γραμμικής ή και λογιστικής παλινδρόμησης για την ανάλυση εμφάνισης ατυχήματος. Έτσι κατέστη αδύνατη οποιαδήποτε άμεση ανάλυση αυτού του είδους, και μέσω της διεθνούς βιβλιογραφίας επιλέχθηκε η εναλλακτική λύση της διερεύνησης εμφάνισης ή μη ατυχήματος μέσω της συμπλήρωσης των γεγονότων ατυχημάτων με γεγονότα μη-ατυχημάτων, όπως έχει προαναφερθεί.

Έχοντας αυτά υπόψη, οι **αναλύσεις** οι οποίες πραγματοποιήθηκαν τελικώς ήταν τέσσερις: Μία για το γενικό μοντέλο σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων, μία για κάθε επιμέρους μορφή του (εντός και εκτός ωρών αιχμής) και μία για το μοντέλο πιθανότητας εμφάνισης οδικών ατυχημάτων. Ως βάσεις δεδομένων για τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιήθηκαν οι τελικοί πίνακες, όπως κατασκευάστηκαν και παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στα υποκεφάλαια που ακολουθούν περιγράφονται αναλυτικά τα μοντέλα και γίνεται σύγκριση μεταξύ των ομοειδών μαθηματικών σχέσεων.

5.2 Ανάπτυξη και εφαρμογή γενικού μοντέλου σοβαρότητας ατυχημάτων

Στο ακόλουθο υποκεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία **διερεύνησης** του πλήθους και είδους των **παραγόντων** οι οποίοι επηρεάζουν τη **σοβαρότητα** των οδικών ατυχημάτων, και για τους οποίους έχουν αποκτηθεί δεδομένα από την περιοχή έρευνας όπως εξηγήθηκε στα προηγούμενα. Η συγκεκριμένη διερεύνηση αποτελεί κύριο μέσο για την επίτευξη των στόχων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Η λέξη «γενικό» δηλώνει ότι το συγκεκριμένο μοντέλο περιλαμβάνει όλες τις ώρες της ημέρας, με κυκλοφορία εντός και εκτός ωρών αιχμής, στοχεύοντας έτσι σε μια μαθηματική σχέση που να ισχύει καθολικά. Με αυτό το σκεπτικό θα πραγματοποιηθεί αρχικά η πρώτη από τις αναλύσεις οι οποίες προαναφέρθηκαν στο προηγούμενο υποκεφάλαιο.

5.2.1 Δεδομένα εισόδου – Καθορισμός μεταβλητών

Για την ανάπτυξη του μοντέλου εξετάστηκαν όλες οι μεταβλητές που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 4. Την κωδικοποίηση και εισαγωγή τους στο ειδικό λογισμικό στατιστικής επεξεργασίας ακολούθησε ο έλεγχος συσχέτισής τους και οι έλεγχοι σημαντικότητάς τους όσον αφορά στο εκάστοτε μοντέλο. Οι μεταβλητές οι οποίες τελικώς βρέθηκαν **στατιστικά σημαντικές** και περιλαμβάνονται στο τελικό μοντέλο παρουσιάζονται παρακάτω, με την κωδικοποίηση και τις τιμές τους.

- Εξαρτημένη μεταβλητή

Severity: σοβαρότητα παθόντα

Τιμές:

0 για ελαφρά τραυματία,

1 για βαριά τραυματία ή νεκρό

Κατηγορία: διατεταγμένη μεταβλητή (ordinal variable)

- Ανεξάρτητες μεταβλητές

Q/V: λόγος κυκλοφοριακού φόρτου προς ταχύτητα χρόνου

Τιμές:

Αριθμητικές τιμές, μέγεθος μετρούμενο σε οχήματα/χιλιόμετρο

Πιθανή παραλλαγή ο λογάριθμός του, **Log(Q/V)**.

Κατηγορία: συνεχής μεταβλητή (scale variable)

AggrTypeVA: ομαδοποιημένος τύπος οχήματος του Α οχήματος

Τιμές:

0 = Άγνωστο,

1 = Δίκυκλο,

2 = Φορτηγό/Λεωφορείο,

3 = Επιβατικό ΙΧ/ΔΧ

Κατηγορία: διακριτή μεταβλητή (nominal variable)

AggrAccType (3): ομαδοποιημένος τύπος ατυχήματος

Τιμές:

0 = Άλλος,

1 = Εκτροπή από την οδό,

2 = Νωτομετωπική σύγκρουση,

3 = Πρόσκρουση σε σταθερό όχημα/αντικείμενο,

4 = Πλάγια σύγκρουση,

5 = Πλαγιομετωπική σύγκρουση,

6 = Παράσυρση πεζού

Κατηγορία: διακριτή μεταβλητή (nominal variable)

(Ο αριθμός 3 αναφέρεται σε αντίστοιχη κωδικοποίηση στο Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.)

Αξίζει να αναφερθεί ότι οι μεταβλητές για τις οποίες στοιχεία ήταν διαθέσιμα, ελέγχθηκαν και τελικώς **απορρίφθηκαν** από τα μοντέλα σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων είναι οι εξής: ώρα ατυχήματος (AccTime), έτος ατυχήματος (t), αριθμός λωρίδων ατυχήματος (LaneNo), συνθήκες φωτισμού ατυχήματος (TimeOfDay), νυχτερινός φωτισμός ατυχήματος (LightCond), ατμοσφαιρικές συνθήκες ατυχήματος (WeatherCond), πλάτος οδοστρώματος (RoadWidth), ηλικία οδηγού του Α οχήματος (AgeDriverVA), φύλο οδηγού του Α οχήματος (Gender DriverVA),

και κατάληψη οδού (Occurance). Επίσης, λόγω μη συσχέτισης με το αντικείμενο προς διερεύνηση δεν χρησιμοποιήθηκαν οι μεταβλητές του αύξοντα αριθμού (AA), του τύπου (MeasType) και του αριθμού λωρίδων θέσης μέτρησης (MeasLaneNo) και της θέσης ατυχήματος (αριθμός οδού, δήμος και κατεύθυνση ατυχήματος – Address, AccMunicipality και AccDir).

5.2.2 Παραγωγή περιγραφικής στατιστικής

Για τη διαμόρφωση μιας πληρέστερης εικόνας για την κατανομή και τη διασπορά των τιμών των μεταβλητών, είναι απαραίτητη η **παραγωγή περιγραφικών στατιστικών στοιχείων πέρα από τους άμεσους αριθμούς** του σταδίου της συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων. Αυτό το ζητούμενο επιτυγχάνεται με την πορεία επιλογών στο λογισμικό Analyze → Descriptive Statistics → Descriptives → Options και την εντολή για εξαγωγή των ζητούμενων στοιχείων. Τα στατιστικά μεγέθη που επιλέγονται είναι εκείνη της μέσης τιμής, της τυπικής απόκλισης, του μέγιστου και του ελάχιστου. Επισημαίνεται ότι οι προαναφερθείσες συναρτήσεις έχουν νόημα μόνο για συνεχείς μεταβλητές, συνεπώς η διαδικασία πραγματοποιείται μόνο για τον λόγο των κυκλοφοριακών μεγεθών στις δύο μορφές του. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 5.1:

Μεταβλητές	Στατιστικά στοιχεία				
	Πλήθος	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Q/V	301	2,62	190,74	51,10	33,33
Log(Q/V)	301	0,42	2,28	1,59	0,35

Πίνακας 5.1: Περιγραφική στατιστική λόγου κυκλοφοριακών μεγεθών γενικού μοντέλου σοβαρότητας ατυχημάτων

5.2.3 Συσχέτιση των μεταβλητών

Το επόμενο βήμα αφορά στη **διερεύνηση της συσχέτισης των μεταβλητών**. Εκείνο που επιδιώκεται είναι η μέγιστη δυνατή συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών και μη συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η διαδικασία της μέτρησης της συσχέτισης ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών

πραγματοποιείται και πάλι μέσω της εντολής Analyze (Analyze → Correlate → Bivariate Correlations). Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο πεδίο Variables.

Απόλυτες τιμές των **συντελεστών συσχέτισης** κοντά στη μονάδα αποδεικνύουν ισχυρή συσχέτιση, ενώ τιμές κοντά στο μηδέν φανερώνουν ανύπαρκτη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Θετικό πρόσημο της εκάστοτε τιμής του κάθε συντελεστή δηλώνει ότι με αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής υπάρχει ομόσημη αύξηση της ανεξάρτητης, ενώ αρνητικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει ετερόσημη αύξηση. Όπως προαναφέρθηκε στο θεωρητικό κεφάλαιο, χρησιμοποιείται ο συντελεστής Spearman για διακριτές και διατεταγμένες μεταβλητές και ο συντελεστής Pearson για συνεχείς.

Στο παρόν στάδιο παρουσιάζεται η συσχέτιση μεταξύ των συνεχών και μεταξύ των διακριτών μεταβλητών, **ανεξαρτήτως αν χρησιμοποιούνται** ή όχι στα τελικά μοντέλα. Δεν εισάγονται ταυτόχρονα όλες οι ομαδοποιήσεις μιας μεταβλητής, ούτε όλες οι μορφές της, διότι είναι προφανές ότι ένα μέγεθος και ο λογάριθμός του, παραδείγματος χάρη, είναι στοιχεία απόλυτα συσχετισμένα.

Όπως έχει επισημανθεί στα προηγούμενα, δεν υπάρχει συγκεκριμένος κανόνας για την αποδοχή ή απόρριψη μιας συσχέτισης μεταξύ δύο μεγεθών. Συνεπώς οι υψηλοί συντελεστές επισημάνθηκαν, με βάση το εμπειρικό όριο του 0,5 στη συγκεκριμένη περίπτωση, και κατόπιν εξετάστηκε κατά πόσο τα δύο μεγέθη που τους δημιούργησαν θα ήταν δυνατό να **συσχετίζονται στην πραγματικότητα**. Η ταχύτητα, παραδείγματος χάρη, είναι όντως γνωστό ότι συσχετίζεται με την κατάληψη από τη φύση της συλλογής δεδομένων, και για αυτό το λόγο δεν εισάγονται μαζί στο ίδιο μοντέλο. Αντιθέτως, ο τύπος ενός οδικού ατυχήματος δε συσχετίζεται με τον Δήμο του ατυχήματος, και άρα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα στην ανάπτυξη ενός μοντέλου.

Ακολουθούν οι πίνακες 5.2, 5.3 και 5.4, οι οποίοι παρουσιάζουν τους συντελεστές συσχέτισης των σημαντικότερων μεταβλητών με τις επισημάνσεις των μεγαλύτερων, οι οποίοι και εξετάστηκαν. Για το σύνολο των μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής Pearson. Όπως προκύπτει, οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά στα μοντέλα σοβαρότητας **δεν παρουσιάζουν σημαντική**

συσχέτιση μεταξύ τους, και ορθώς εισήχθησαν ταυτόχρονα κατά τη διαδικασία διερεύνησης του καταλληλότερου μοντέλου.

Pearson Correlation						
Correlations	RoadWidth	AgeDriverVA	Occupancy3MO	Counting3MO	Velocity3MO	Q/V
RoadWidth	1	,082	-,123*	-,007	,158**	-,065
AgeDriverVA	,082	1	,128*	,234**	-,090	,192**
Occupancy3MO	-,123*	,128*	1	,547**	-,870**	,871**
Counting3MO	-,007	,234**	,547**	1	-,419**	,765**
Velocity3MO	,158**	-,090	-,870**	-,419**	1	-,812**
Q/V	-,065	,192**	,871**	,765**	-,812**	1
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).						
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).						

Sig. (2-tailed)						
Correlations	RoadWidth	AgeDriverVA	Occupancy3MO	Counting3MO	Velocity3MO	Q/V
RoadWidth		,155	,033	,908	,006	,264
AgeDriverVA	,155		,026	,000	,118	,001
Occupancy3MO	,033	,026		,000	,000	,000
Counting3MO	,908	,000	,000		,000	,000
Velocity3MO	,006	,118	,000	,000		,000
Q/V	,264	,001	,000	,000	,000	

Πίνακας 5.2: Συντελεστές συσχέτισης συνεχών μεταβλητών

Spearman's Rho (Correlation Coefficient)													
Correlations	t	AccTime	AccMunicipality	LaneNo	AccDir	TimeOfDay	LightCond	AggrWeatherCond	AggrAgeDVA	GenderDriverVA	AggrTypeVA	AggrAccType3	
t	1,000	-,071	,071	-,081	-,017	-,011	-,014	,005	,144*	,069	,082	-,090	
AccTime	-,071	1,000	-,077	,093	-,091	-,024	-,078	,096	-,042	,030	-,124*	,217**	
AccMunicipality	,071	-,077	1,000	,033	,209**	,103	,117*	-,030	-,032	-,046	,063	-,311**	
LaneNo	-,081	,093	,033	1,000	-,017	,026	,052	,048	-,073	,022	,088	,174**	
AccDir	-,017	-,091	,209**	-,017	1,000	-,026	-,012	,035	-,020	-,096	-,121*	-,094	
TimeOfDay	-,011	-,024	,103	,026	-,026	1,000	,948**	-,052	-,044	,001	,123*	-,104	
LightCond	-,014	-,078	,117*	,052	-,012	,948**	1,000	-,065	-,060	,004	,134*	-,127*	
AggrWeatherCond	,005	,096	-,030	,048	,035	-,052	-,065	1,000	,038	,069	-,098	-,002	
AggrAgeDVA	,144*	-,042	-,032	-,073	-,020	-,044	-,060	,038	1,000	,229**	-,102	-,057	
GenderDriverVA	,069	,030	-,046	,022	-,096	,001	,004	,069	,229**	1,000	,207**	-,001	
AggrTypeVA	,082	-,124*	,053	,088	-,121*	,123*	,134*	-,098	-,102	,207**	1,000	-,094	
AggrAccType3	-,090	,217**	-,311**	,174**	-,094	-,104	-,127*	-,002	-,057	-,001	-,094	1,000	
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).													
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).													
Sig. (2-tailed)													
Correlations	t	AccTime	AccMunicipality	LaneNo	AccDir	TimeOfDay	LightCond	AggrWeatherCond	AggrAgeDVA	GenderDriverVA	AggrTypeVA	AggrAccType3	
t		,221	,216	,159	,775	,845	,806	,938	,013	,236	,157	,118	
AccTime	,221	1,000	,184	,107	,113	,673	,179	,097	,463	,605	,031	,000	
AccMunicipality	,216	,184	1,000	,572	,000	,075	,043	,606	,574	,422	,359	,000	
LaneNo	,159	,107	,572	1,000	,764	,651	,365	,411	,209	,700	,126	,002	
AccDir	,775	,113	,000	,764	1,000	,648	,833	,541	,728	,095	,035	,104	
TimeOfDay	,845	,673	,075	,651	,648	1,000	,000	,371	,447	,991	,033	,071	
LightCond	,806	,179	,043	,365	,833	,000	1,000	,264	,297	,949	,020	,027	
AggrWeatherCond	,938	,097	,606	,411	,541	,371	,264	1,000	,514	,230	,089	,975	
AggrAgeDVA	,013	,463	,574	,209	,728	,447	,297	,514	1,000	,000	,078	,326	
GenderDriverVA	,236	,605	,422	,700	,095	,991	,949	,230	,000	1,000	,000	,980	
AggrTypeVA	,157	,031	,359	,126	,035	,033	,020	,089	,078	,000	1,000	,103	
AggrAccType3	,118	,000	,000	,002	,104	,071	,027	,975	,326	,980	,103	1,000	

Πίνακας 5.3: Συντελεστές συσχέτισης διακριτών και διατεταγμένων μεταβλητών

Pearson Correlation

Correlations	t	AccTime	AccMunicipality	LaneNo	AccDir	TimeOfDay	LightCond	AggrWeatherCond	RoadWidth	AgeDriverVA	GenderDriverVA	AggrTypeVA	AggrAccType3	Occupancy3MO	Counting3MO	Velocity3MO	Q/V
t	1	-.062	,085	-.089	-.021	-.009	-.016	-.001	,561**	,104	,067	,082	-.080	-.145	-.150	,158	-.174**
AccTime	-.062	1	-.075	,097	-.091	-.087	-.110	,090	-.190**	,177**	,029	-.138	,217**	,301**	,417**	-.256**	,340**
AccMunicipality	,085	-.075	1	,031	,204**	,082	,103	-.030	,358**	,029	-.058	,022	-.286**	-.041	,213**	,123	,053
LaneNo	-.089	,097	,031	1	-.019	,029	,081	,047	,114*	,002	,022	,092	,170**	,012	,102	-.073	,076
AccDir	-.021	-.091	,204**	-.019	1	-.026	-.019	,035	,140*	-.048	-.095	-.122	-.096	,099	-.033	-.138	,113*
TimeOfDay	-.009	-.087	,082	,029	-.026	1	,941**	-.055	,035	-.171**	,004	,123	-.116*	-.444**	-.378**	,419**	-.397**
LightCond	-.016	-.110	,103	,081	-.019	,941**	1	-.069	,075	-.169**	,006	,125	-.121*	-.443**	-.351**	,419**	-.385**
AggrWeatherCond	-.001	,090	-.030	,047	,035	-.055	-.069	1	,063	,087	,071	-.093	-.006	-.059	,088	,083	,020
RoadWidth	,561**	-.190**	,358**	,114*	,140*	,035	,075	,063	1	,082	,011	,156**	-.291**	-.123	-.007	,158**	-.065
Severity	,029	-.123	,012	,080	-.036	,064	,079	-.115*	,001	-.007	-.018	,142	,087	-.115*	-.104	,141*	-.120*
AgeDriverVA	,104	,177**	,029	,002	-.048	-.171**	-.169**	,087	,082	1	,440**	,123	,008	,128	,234**	-.090	,192**
GenderDriverVA	,067	,029	-.058	,022	-.095	,004	,006	,071	,011	,440**	1	,217**	,000	,008	,068	,023	,025
AggrTypeVA	,082	-.138*	,022	,092	-.122*	,123*	,125*	-.093	,156**	,123*	,217**	1	-.088	-.232**	-.169**	,235**	-.214**
AggrAccType3	-.080	,217**	-.286**	,170**	-.096	-.116*	-.121*	-.006	-.291**	,008	,000	-.088	1	,155**	,074	-.251**	,129
Occupancy3MO	-.145*	,301**	-.041	,012	,099	-.444**	-.443**	-.059	-.123*	,128	,008	-.232**	,155**	1	,547**	-.870**	,871**
Counting3MO	-.150**	,417**	,213**	,102	,033	-.378**	-.351**	,088	-.007	,234**	,058	-.169**	,074	1	,547**	-.419**	,765**
Velocity3MO	,158**	-.256**	,123*	-.073	-.138*	,419**	,419**	,083	,158**	-.090	,023	,235**	-.251**	-.870**	1	-.812**	1
Q/V	-.174**	,340**	,053	,076	,113*	-.397**	-.385**	,020	-.065	,192**	,025	-.214**	,129*	-.871**	,765**	-.812**	1

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Sig. (2-tailed)

Correlations	t	AccTime	AccMunicipality	LaneNo	AccDir	TimeOfDay	LightCond	AggrWeatherCond	RoadWidth	AgeDriverVA	GenderDriverVA	AggrTypeVA	AggrAccType3	Occupancy3MO	Counting3MO	Velocity3MO	Q/V
t	,282	,142	,194	,093	,715	,881	,778	,988	,000	,072	,246	,157	,168	,012	,009	,006	,003
AccTime	,282	1	,194	,093	,715	,881	,778	,988	,000	,072	,246	,157	,168	,012	,009	,006	,003
AccMunicipality	,142	,194	1	,591	,000	,157	,074	,602	,000	,612	,313	,707	,000	,475	,000	,033	,358
LaneNo	,093	,093	,591	1	,740	,611	,162	,417	,049	,979	,706	,112	,003	,840	,076	,208	,189
AccDir	,715	,114	,000	,740	1	,655	,748	,541	,015	,404	,099	,035	,096	,086	,567	,016	,049
TimeOfDay	,881	,133	,157	,611	,655	1	,000	,340	,549	,003	,948	,033	,044	,000	,000	,000	,000
LightCond	,778	,057	,074	,162	,748	,000	1	,233	,192	,003	,917	,031	,036	,000	,000	,000	,000
AggrWeatherCond	,988	,120	,602	,417	,541	,340	,233	1	,279	,130	,216	,107	,918	,307	,127	,151	,725
RoadWidth	,000	,000	,000	,049	,015	,549	,192	,279	1	,155	,846	,007	,033	,033	,908	,006	,264
Severity	,612	,034	,831	,166	,532	,265	,169	,047	,988	,897	,752	,013	,134	,046	,071	,015	,038
AgeDriverVA	,072	,002	,612	,979	,404	,003	,003	,130	,155	,000	,000	,032	,886	,026	,000	,118	,001
GenderDriverVA	,246	,614	,313	,706	,099	,948	,917	,216	,000	,000	,000	,000	1,000	,893	,313	,686	,660
AggrTypeVA	,157	,017	,700	,112	,035	,033	,031	,107	,007	,032	,000	,000	,128	,000	,003	,000	,000
AggrAccType3	,168	,000	,000	,003	,096	,044	,036	,918	,000	,886	1,000	,128	,007	,007	,200	,000	,025
Occupancy3MO	,012	,000	,475	,840	,086	,000	,000	,307	,033	,026	,893	,000	,007	,000	,000	,000	,000
Counting3MO	,009	,000	,000	,076	,567	,000	,000	,127	,908	,000	,313	,003	,200	,000	,000	,000	,000
Velocity3MO	,006	,000	,033	,208	,016	,000	,000	,151	,006	,118	,686	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Q/V	,003	,000	,358	,189	,049	,000	,000	,725	,264	,001	,660	,000	,025	,000	,000	,000	,000

Πίνακας 5.4: Συντελεστές συσχέτισης του συνόλου των μεταβλητών

Ειδικότερα, από τους προηγούμενους πίνακες παρατηρούνται τα εξής **στοιχεία**:

- Η **ύπαρξη τεχνητού φωτισμού** ατυχήματος είναι συσχετισμένη σε πολύ υψηλό βαθμό με τις **συνθήκες (φυσικού) φωτισμού**, γεγονός απόλυτα λογικό και αναμενόμενο. Οι δύο μεταβλητές συνεπώς δε θα εξετάζονται ταυτόχρονα στη διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων.
- Η **κατάληψη** της οδού είναι υψηλά συσχετισμένη με την **ταχύτητα** αλλά και αρκετά με τον **κυκλοφοριακό φόρτο**, και ως συνέπεια και με τον λόγο τους. Η υψηλή συσχέτιση με την ταχύτητα (και τον λόγο) δικαιολογείται άμεσα, όπως προαναφέρθηκε, από τον τρόπο καταγραφής των δεδομένων. Η μέτρια συσχέτιση με τον κυκλοφοριακό φόρτο δικαιολογείται με βάση τις θεμελιώδεις αρχές της Κυκλοφοριακής Ροής, ότι δηλαδή για περιοχές μη συμφορημένης ροής ο κυκλοφοριακός φόρτος πράγματι ακολουθεί όμοια τάση με την κατάληψη. Η κατάληψη συνεπώς δε θα εξεταστεί στη διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων. Ακόμη, για προφανείς λόγους δεν θα εξετάζονται ταυτόχρονα τα μεγέθη του κυκλοφοριακού φόρτου και της ταχύτητας με τον λόγο τους.
- Το **πλάτος οδοστρώματος** έχει μέτρια συσχέτιση με το **έτος του ατυχήματος**, γεγονός το οποίο δεν έχει καμία άμεση φυσική ή λογική εξήγηση, είναι τυχαίο και άρα είναι δυνατόν να αγνοηθεί.

5.2.4 Επιλογή της μεθόδου παλινδρόμησης – Παρουσίαση αποτελεσμάτων μοντέλου

Ο κύριος σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι να διερευνηθεί η συσχέτιση μεταξύ της σοβαρότητας ενός οδικού ατυχήματος και των κυκλοφοριακών μεγεθών της ταχύτητας και του κυκλοφοριακού φόρτου και με πιθανά πρόσθετα χαρακτηριστικά του ατυχήματος. Η σοβαρότητα έχει οριστεί στα προηγούμενα ανά παθόντα και λαμβάνει δύο τιμές μόνον (0 για ελαφρά τραυματία, 1 για βαριά τραυματία ή νεκρό). Συνεπώς, αφού η **ανεξάρτητη μεταβλητή είναι διακριτή και λαμβάνει δύο κατηγορίες, εφαρμόζεται η μέθοδος της (διωνυμικής) λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης (binary logistic regression).**

Η λογιστική παλινδρόμηση εφαρμόζεται μέσω της ακολουθίας των εντολών Analyze → Regression → Binary Logistic, όπως έχει προαναφερθεί. Τη μετάβαση στην επιλογή binary logistic διαδέχεται ο **καθορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών**. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές, βάσει των οποίων θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο Covariates. Στη συνέχεια στην επιλογή categorical τοποθετούνται όσες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι διακριτές ή διατεταγμένες.

Σύμφωνα με τα θεωρητικά στοιχεία του κεφαλαίου 3, θα πρέπει να ελεγχθούν οι ακόλουθοι παράγοντες σε κάθε μοντέλο:

- Οι τιμές και τα πρόσημα των **συντελεστών παλινδρόμησης β_i** να μπορούν να εξηγηθούν λογικά για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή.
- Η τιμή του στατιστικού **ελέγχου t ή Wald** να είναι μεγαλύτερη από την τιμή 1,7 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.
- Ο **έλεγχος Hosmer-Lemeshow test** να εμφανίζει τιμή πάνω από 5% για επίπεδο σημαντικότητας 95%.
- Το **επίπεδο σημαντικότητας κάθε μεταβλητής** να είναι μικρότερο από 5% (οριακά ίσως και λίγο μεγαλύτερο, πάντοτε μικρότερο του 10%).
- Τα τελικά μοντέλα να έχουν όσο το δυνατόν **χαμηλότερο LRT**, ειδικά σε σχέση με τα αρχικά (μοντέλα χωρίς μεταβλητές).
- Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 να είναι **κατά το δυνατό μεγαλύτερος**, αν και δευτερεύων στην ανάλυση λογιστικής παλινδρόμησης.

Ειδικότερα για τον **συντελεστή συσχέτισης**, στη λογιστική ανάλυση χρησιμοποιούνται αρκετοί ψευδο-συντελεστές (δηλαδή εκτός του R^2 της γραμμικής παλινδρόμησης) διότι οι αναλύσεις δεν είναι γραμμικού τύπου. Ένας από τους κυριότερους συντελεστές συσχέτισης R^2 στη λογιστική παλινδρόμηση είναι ο Cox & Snell R^2 (R Square). Ο συγκεκριμένος συντελεστής είναι ελλιπής καθώς η μέγιστη

τιμή του είναι 0,75 αντί για 1,00 και η διακύμανσή του είναι αρκετά μεγάλη (έως και 0,25). Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, χρησιμοποιείται ο διορθωμένος συντελεστής συσχέτισης Nagelkerke R^2 (R Square).

Εκτός από τους μαθηματικούς ελέγχους όμως, ο απώτερος σκοπός για κάθε μοντέλο είναι αυτό να είναι ικανό να **προβλέψει** με σχετική ακρίβεια το φαινόμενο το οποίο περιγράφει. Συγκεκριμένα για το ζήτημα προς διερεύνηση, το μοντέλο πρέπει να είναι σε θέση, εάν δοθούν τα απαιτούμενα δεδομένα εισόδου, να εμφανίσει σωστά την τιμή της σοβαρότητας για τον παθόντα (0 ή 1). Στη λογιστική παλινδρόμηση, αυτή η πρόβλεψη πραγματοποιείται για κάθε κατηγορία και περιγράφεται με ποσοστό επιτυχίας.

Λαμβάνοντας όλα τα προηγούμενα υπόψιν, ακολουθεί ένας μικρός αριθμός δοκιμών ενδεικτικά και έπειτα το **τελικό γενικό μοντέλο σοβαρότητας** οδικών ατυχημάτων. Από την πορεία των δοκιμών γίνεται εμφανής η ακαταλληλότητα των αρχικών μοντέλων αλλά και η αναγκαιότητα της χρήσης ομαδοποιημένων μεταβλητών. Το τελικό μοντέλο προέκυψε ύστερα από εκτεταμένη διερεύνηση των μεταβλητών, της μεθόδου εισαγωγής τους, της προσθήκης σταθεράς ή όχι, της αναλογίας μεταξύ κατηγοριών κ.α. μέσω ενός μεγάλου αριθμού δοκιμών οι οποίες δεν είναι δυνατόν να εμφανιστούν στο πλαίσιο αυτής της Διπλωματικής Εργασίας.

1^η Δοκιμή:

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	109,388 ^a	,259	,534

a. Estimation terminated at iteration number 20 because maximum iterations has been reached. Final solution cannot be found.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	1,523	8	,992

Classification Table ^a					
Observed			Predicted		
			Severity		Percentage Correct
Step 1	Severity	0	1		
			0	264	6	97,8
	1	20	11	35,5	
Overall Percentage				91,4	

a. The cut value is ,500

Variables in the Equation							
	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	
Step 1 ^a	t		2,359	4	,670		
	t(1)	,805	1,328	,368	1	,544	2,236
	t(2)	1,409	1,411	,996	1	,318	4,090
	t(3)	1,084	1,411	,590	1	,442	2,956
	t(4)	1,593	1,095	2,117	1	,146	4,917
	AccMunicipality			2,334	3	,506	
	AccMunicipality(1)	-1,046	1,355	,596	1	,440	,351
	AccMunicipality(2)	-,798	1,199	,443	1	,506	,450
	AccMunicipality(3)	,599	1,104	,294	1	,588	1,820
	LaneNo			,728	2	,695	
	LaneNo(1)	-1,147	1,792	,410	1	,522	,317
	LaneNo(2)	-,009	1,441	,000	1	,995	,991
	AccDir(1)	,338	,744	,206	1	,650	1,401
	TimeOfDay			2,002	2	,368	
	TimeOfDay(1)	-,645	40484,021	,000	1	1,000	,524
	TimeOfDay(2)	1,143	40484,021	,000	1	1,000	3,138

LightCond			,000	3	1,000	
LightCond(1)	2,116	40484,021	,000	1	1,000	8,295
LightCond(2)	- 17,264	12782,411	,000	1	,999	,000
LightCond(3)	- 20,146	12601,945	,000	1	,999	,000
WeatherCond			4,053	4	,399	
WeatherCond(1)	- 21,404	40192,970	,000	1	1,000	,000
WeatherCond(2)	40,719	27492,277	,000	1	,999	483137946378350530,000
WeatherCond(3)	2,693	1,404	3,681	1	,055	14,776
WeatherCond(4)	1,809	2,378	,579	1	,447	6,104
RoadWidth	-,015	,012	1,555	1	,212	,985
AgeDriverVA	-,023	,022	1,047	1	,306	,978
GenderDriverVA			,219	2	,896	
GenderDriverVA(1)	- 19,963	10981,693	,000	1	,999	,000
GenderDriverVA(2)	,519	1,108	,219	1	,640	1,680
TypeVA			3,688	10	,960	
TypeVA(1)	19,748	34558,149	,000	1	1,000	377034214,393
TypeVA(2)	-4,718	49142,102	,000	1	1,000	,009
TypeVA(3)	-3,808	33929,057	,000	1	1,000	,022
TypeVA(4)	16,863	28274,924	,000	1	1,000	21052426,801
TypeVA(5)	17,984	28274,924	,000	1	,999	64595913,100
TypeVA(6)	-,769	29216,115	,000	1	1,000	,463
TypeVA(7)	19,273	28274,924	,000	1	,999	234403391,754
TypeVA(8)	18,953	28274,924	,000	1	,999	170317080,562
TypeVA(9)	20,383	52310,464	,000	1	1,000	711288725,767
TypeVA(10)	-,943	49142,102	,000	1	1,000	,390
AccType			11,253	12	,507	
AccType(1)	,130	46591,105	,000	1	1,000	1,138
AccType(2)	22,446	15348,876	,000	1	,999	5599694157,966
AccType(3)	3,885	26524,793	,000	1	1,000	48,645
AccType(4)	22,097	15348,876	,000	1	,999	3949028349,034
AccType(5)	20,204	15348,876	,000	1	,999	594915253,672
AccType(6)	22,712	15348,876	,000	1	,999	7307838828,253
AccType(7)	1,947	16095,173	,000	1	1,000	7,011
AccType(8)	2,080	17087,424	,000	1	1,000	8,008
AccType(9)	24,117	15348,876	,000	1	,999	29770683080,820
AccType(10)	23,067	15348,876	,000	1	,999	10417087004,695
AccType(11)	1,070	21527,369	,000	1	1,000	2,915
AccType(12)	23,985	15348,876	,000	1	,999	26083651411,412

Counting3MO	,000	,001	,038	1	,846	1,000
Velocity3MO	,038	,031	1,553	1	,213	1,039
Constant	45,088	32172,370	,000	1	,999	,000

a. Variable(s) entered on step 1: t, AccMunicipality, LaneNo, AccDir, TimeOfDay, LightCond, WeatherCond, RoadWidth, AgeDriverVA, GenderDriverVA, TypeVA, AccType, Counting3MO, Velocity3MO.

2^η Δοκιμή:

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	116,347 ^a	,242	,499

a. Estimation terminated at iteration number 20 because maximum iterations has been reached. Final solution cannot be found.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	2,283	8	,971

Classification Table ^a					
Observed			Predicted		
			Severity		Percentage Correct
Step 1	Severity	0	1		
			0	264	6	97,8
	1	18	13	41,9	
Overall Percentage				92,0	

a. The cut value is ,500

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	t			3,453	4	,485	
	t(1)	,809	1,044	,601	1	,438	2,246
	t(2)	1,135	1,054	1,160	1	,281	3,111
	t(3)	1,133	1,270	,796	1	,372	3,105
	t(4)	1,853	1,012	3,351	1	,067	6,379
	LaneNo			1,754	2	,416	
	LaneNo(1)	-2,109	1,804	1,367	1	,242	,121
	LaneNo(2)	-,264	1,249	,045	1	,833	,768
	TimeOfDay			2,278	2	,320	

TimeOfDay(1)	-,173	40484,990	,000	1	1,000	,841
TimeOfDay(2)	1,627	40484,990	,000	1	1,000	5,089
LightCond			,000	3	1,000	
LightCond(1)	,664	40484,990	,000	1	1,000	1,942
LightCond(2)	-17,822	12553,533	,000	1	,999	,000
LightCond(3)	-20,657	12577,496	,000	1	,999	,000
RoadWidth	-,009	,008	1,115	1	,291	,991
AgeDriverVA	-,017	,018	,853	1	,356	,983
GenderDriverVA			2,633	2	,268	
GenderDriverVA(1)	-2,104	1,889	1,241	1	,265	,122
GenderDriverVA(2)	,509	,998	,260	1	,610	1,664
TypeVA			2,786	10	,986	
TypeVA(1)	,763	32491,185	,000	1	1,000	2,144
TypeVA(2)	-5,269	49157,639	,000	1	1,000	,005
TypeVA(3)	-3,018	34474,420	,000	1	1,000	,049
TypeVA(4)	16,472	28301,920	,000	1	1,000	14242302,724
TypeVA(5)	17,667	28301,920	,000	1	1,000	47054441,405
TypeVA(6)	-1,442	29250,733	,000	1	1,000	,237
TypeVA(7)	18,246	28301,920	,000	1	,999	83949902,828
TypeVA(8)	18,318	28301,920	,000	1	,999	90197454,212
TypeVA(9)	20,533	75862,234	,000	1	1,000	826690671,335
TypeVA(10)	-1,299	49157,639	,000	1	1,000	,273
AccType			13,342	12	,345	
AccType(1)	-,583	72200,955	,000	1	1,000	,558
AccType(2)	22,221	16110,007	,000	1	,999	4470171117,574
AccType(3)	2,907	26745,276	,000	1	1,000	18,308
AccType(4)	20,802	16110,007	,000	1	,999	1081574647,984
AccType(5)	20,058	16110,007	,000	1	,999	514143450,665
AccType(6)	21,971	16110,007	,000	1	,999	3482941351,802
AccType(7)	1,183	16825,678	,000	1	1,000	3,263
AccType(8)	1,413	17759,897	,000	1	1,000	4,108
AccType(9)	25,101	16110,007	,000	1	,999	79642720882,996
AccType(10)	22,252	16110,007	,000	1	,999	4610275826,661
AccType(11)	1,164	22479,859	,000	1	1,000	3,203
AccType(12)	23,406	16110,007	,000	1	,999	14632125304,926
LogCounting	,774	1,338	,335	1	,563	2,169
LogVelocity	2,890	1,893	2,331	1	,127	17,998
AggrWeatherCond	-2,143	,948	5,111	1	,024	,117
AggrAgeDVA	-,266	,227	1,374	1	,241	,767
Constant	-46,417	32565,788	,000	1	,999	,000

a. Variable(s) entered on step 1: t, LaneNo, TimeOfDay, LightCond, RoadWidth, AgeDriverVA, GenderDriverVA, TypeVA, AccType, LogCounting, LogVelocity, AggrWeatherCond, AggrAgeDVA.

3^η Δοκιμή:

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	123,215 ^a	,224	,462

a. Estimation terminated at iteration number 20 because maximum iterations has been reached. Final solution cannot be found.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	7,430	8	,491

Classification Table ^a				
Observed		Predicted		
		Severity		Percentage Correct
Step 1	Severity	0	1	
			0	264	6	97,8
	1	23	8	25,8
Overall Percentage				90,4

a. The cut value is ,500

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	LaneNo			2,319	2	,314	
	LaneNo(1)	-2,357	1,599	2,173	1	,140	,095
	LaneNo(2)	-,605	1,079	,314	1	,575	,546
	LightCond			,594	3	,898	
	LightCond(1)	,454	,589	,594	1	,441	1,575
	LightCond(2)	-17,818	12320,903	,000	1	,999	,000
	LightCond(3)	-20,180	13405,158	,000	1	,999	,000
	RoadWidth	-,006	,006	,994	1	,319	,994
	GenderDriverVA			1,633	2	,442	
	GenderDriverVA(1)	-,924	1,619	,326	1	,568	,397
	GenderDriverVA(2)	,604	,936	,416	1	,519	1,829
	TypeVA			4,046	10	,945	
	TypeVA(1)	,515	32693,257	,000	1	1,000	1,673
	TypeVA(2)	-3,473	49204,363	,000	1	1,000	,031
	TypeVA(3)	-2,309	34836,812	,000	1	1,000	,099
	TypeVA(4)	16,822	28382,997	,000	1	1,000	20220988,963
TypeVA(5)	17,824	28382,997	,000	1	,999	55090309,730	

TypeVA(6)	-1,022	29349,418	,000	1	1,000	,360
TypeVA(7)	18,480	28382,997	,000	1	,999	106153202,493
TypeVA(8)	18,823	28382,997	,000	1	,999	149548164,551
TypeVA(9)	19,874	51534,978	,000	1	1,000	427567066,014
TypeVA(10)	-1,205	49204,363	,000	1	1,000	,300
AccType			13,610	12	,326	
AccType(1)	-1,084	46276,113	,000	1	1,000	,338
AccType(2)	20,868	17133,173	,000	1	,999	1155650475,248
AccType(3)	1,669	27617,417	,000	1	1,000	5,304
AccType(4)	19,666	17133,173	,000	1	,999	347441371,632
AccType(5)	18,610	17133,173	,000	1	,999	120843972,877
AccType(6)	20,473	17133,173	,000	1	,999	778827183,713
AccType(7)	,218	17925,953	,000	1	1,000	1,244
AccType(8)	,026	18743,206	,000	1	1,000	1,026
AccType(9)	22,280	17133,173	,000	1	,999	4743739900,513
AccType(10)	20,878	17133,173	,000	1	,999	1167033364,783
AccType(11)	-,608	23168,748	,000	1	1,000	,545
AccType(12)	21,133	17133,173	,000	1	,999	1505977014,373
AggrWeatherCond	-1,737	,859	4,089	1	,043	,176
AggrAgeDVA	-,155	,218	,509	1	,476	,856
LogCounting by LogVelocity	,649	,470	1,907	1	,167	1,913
Constant	-41,429	33153,162	,000	1	,999	,000

a. Variable(s) entered on step 1: LaneNo, LightCond, RoadWidth, GenderDriverVA, TypeVA, AccType, AggrWeatherCond, AggrAgeDVA, LogCounting * LogVelocity .

4^η Δοκιμή:

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	145,007 ^a	,166	,342

a. Estimation terminated at iteration number 20 because maximum iterations has been reached. Final solution cannot be found.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	1,788	8	,987

Classification Table ^a				
Observed		Predicted		
		Severity		Percentage Correct
		0	1	
Step 1	Severity 0	267	3	98,9
	Severity 1	28	3	9,7
Overall Percentage				89,7

a. The cut value is ,500

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	RoadWidth	,002	,005	,170	1	,680	1,002
	AggrWeatherCond(1)	,597	,654	,833	1	,361	1,816
	AggrAgeDVA			5,707	4	,222	
	AggrAgeDVA(1)	-,919	1,205	,581	1	,446	,399
	AggrAgeDVA(2)	,939	,566	2,752	1	,097	2,557
	AggrAgeDVA(3)	-1,209	1,162	1,082	1	,298	,299
	AggrAgeDVA(4)	,216	,546	,156	1	,693	1,241
	Q/V	-,003	,009	,085	1	,771	,997
	AggrTypeVA			8,039	3	,045	
	AggrTypeVA(1)	-18,191	15918,901	,000	1	,999	,000
	AggrTypeVA(2)	-1,666	,588	8,039	1	,005	,189
	AggrTypeVA(3)	-19,346	15265,258	,000	1	,999	,000
	AggrAccType3			12,119	6	,059	
	AggrAccType3(1)	-,713	1,216	,343	1	,558	,490
	AggrAccType3(2)	-2,258	1,211	3,476	1	,062	,105
	AggrAccType3(3)	-2,047	,677	9,143	1	,002	,129
	AggrAccType3(4)	-,197	,598	,109	1	,742	,821
	AggrAccType3(5)	-20,100	5322,808	,000	1	,997	,000
	AggrAccType3(6)	-20,498	7658,051	,000	1	,998	,000
	Constant	-,822	,656	1,572	1	,210	,440

a. Variable(s) entered on step 1: RoadWidth, AggrWeatherCond, AggrAgeDVA, K, AggrTypeVA, AggrAccType3.

5^η Δοκιμή:

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	151,444 ^a	,148	,305

a. Estimation terminated at iteration number 20 because maximum iterations has been reached. Final solution cannot be found.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	8,287	8	,406

Classification Table ^a				
Observed		Predicted		
		Severity		Percentage Correct
Step 1	Severity	0	1	Overall Percentage
		0	269	
1	30	1	3,2	
				89,7

a. The cut value is ,500

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	AggrWeatherCond(1)	,770	,625	1,515	1	,218	2,159
	AggrTypeVA			6,659	3	,084	
	AggrTypeVA(1)	-19,140	16108,238	,000	1	,999	,000
	AggrTypeVA(2)	-1,463	,567	6,659	1	,010	,231
	AggrTypeVA(3)	-19,375	15396,014	,000	1	,999	,000
	AggrAccType3			11,680	6	,070	
	AggrAccType3(1)	-,229	1,140	,040	1	,841	,795
	AggrAccType3(2)	-2,005	1,161	2,983	1	,084	,135
	AggrAccType3(3)	-1,752	,613	8,160	1	,004	,173
	AggrAccType3(4)	,001	,543	,000	1	,999	1,001
	AggrAccType3(5)	-20,022	5449,296	,000	1	,997	,000
	AggrAccType3(6)	-20,202	7796,881	,000	1	,998	,000
	Log(Q/V)	-,483	,685	,498	1	,480	,617
	Constant	-,151	1,130	,018	1	,893	859

a. Variable(s) entered on step 1: AggrWeatherCond, AggrTypeVA, AggrAccType3, Log(Q/V).

Τελικό γενικό μοντέλο σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων:

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	152,895 ^a	,585	,779

a. Estimation terminated at iteration number 20 because maximum iterations has been reached. Final solution cannot be found.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	14,523	8	,069

Classification Table ^a				
Observed		Predicted		
		Severity		Percentage Correct
Step 1	Severity	0	1	
			0	223	47	82,6
	1	10	21	67,7
Overall Percentage				81,1

a. The cut value is ,150

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	Log(Q/V)	-,510	,207	6,071	1	,014	,601
	AggrTypeVA			7,357	3	,061	
	AggrTypeVA(1)	-19,239	16082,249	,000	1	,999	,000
	AggrTypeVA(2)	-1,525	,562	7,357	1	,007	,218
	AggrTypeVA(3)	-19,445	15438,570	,000	1	,999	,000
	AggrAccType3			12,629	6	,049	
	AggrAccType3(1)	-,304	1,139	,071	1	,790	,738
	AggrAccType3(2)	-2,056	1,055	3,802	1	,051	,128
	AggrAccType3(3)	-1,751	,590	8,801	1	,003	,174
	AggrAccType3(4)	-,002	,470	,000	1	,997	,998
	AggrAccType3(5)	-20,099	5442,223	,000	1	,997	,000
	AggrAccType3(6)	-20,192	7818,256	,000	1	,998	,000

a. Variable(s) entered on step 1: Log(Q/V), AggrTypeVA, AggrAccType3.

Στο **τελικό γενικό μοντέλο** για τη σοβαρότητα οδικών ατυχημάτων παρατηρούνται τα εξής:

- Στο μοντέλο εμφανίζονται **τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές**, ο λόγος του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα (συνεχής, με τη μορφή λογαρίθμου), ο τύπος του Α οχήματος (διακριτή) και ο τύπος του ατυχήματος (διακριτή)
- Όλοι οι **στατιστικοί έλεγχοι ικανοποιούνται** για τις μεταβλητές γενικά (Wald πάνω από 1,7 και sig μικρότερο ή κοντά στο 0,05) αλλά και για το μοντέλο (Hosmer and Lemeshow test μεγαλύτερο του 0,05). Σε μεμονωμένες κατηγορίες μεταβλητών τα κριτήρια δεν ικανοποιούνται, δηλώνοντας έτσι ότι αυτές οι κατηγορίες δεν έχουν σημαντική διαφορά από την κατηγορία αναφοράς.
- Το τελικό μοντέλο έχει αρκετά μικρό **LRT**, ειδικά σε σχέση με τα αρχικά (μοντέλα χωρίς μεταβλητές) τα οποία δεν εμφανίστηκαν.
- Ο **συντελεστής συσχέτισης R^2** είναι **αρκετά υψηλός**, με τιμές 0,585 ως Cox & Snell R^2 και 0,779 ως Nagelkerke R^2 .
- Παρατηρείται ότι **δεν περιλαμβάνεται σταθερά** στο μοντέλο, καθώς όλες οι δοκιμές οι οποίες πραγματοποιήθηκαν και περιελάμβαναν σταθερό όρο οδηγούσαν σε μη αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Η **πιθανότητα σωστής πρόβλεψης** σοβαρότητας ενός οδικού ατυχήματος με τη χρήση του συγκεκριμένου μοντέλου ανέρχεται σε 82,6% για την κατηγορία μειωμένης σοβαρότητας (0), 67,7% για την κατηγορία αυξημένης σοβαρότητας (1) και 81,1% για το σύνολο των προβλέψεων.
- Η **μέθοδος εισαγωγής των μεταβλητών** ήταν εκείνη του αντίστροφου αποκλεισμού με βάση το δείκτη Wald κάθε μεταβλητής (Backward Stepwise: Wald). Εισάγονταν δηλαδή αρχικά όλες οι μεταβλητές στο μοντέλο και αποκλείονταν σταδιακά όσες δεν πληρούσαν το κριτήριο του δείκτη Wald.

5.2.5 Περιγραφή αποτελεσμάτων μοντέλου

Μετά από τις δοκιμές προέκυψε το τελικό γενικό μοντέλο σοβαρότητας, το οποίο **περιλαμβάνει** τα κυκλοφοριακά μεγέθη με τη μορφή του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα κυκλοφορίας και κάποια από τα χαρακτηριστικά των οδικών ατυχημάτων, δηλαδή τον τύπο οχήματος και τον τύπο ατυχήματος.

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η τελική διατύπωση του μοντέλου μέσω μιας μαθηματικής σχέσης, παρουσιάζεται ο πίνακας 5.5, ο οποίος εμφανίζει την **κωδικοποίηση των δύο διακριτών μεταβλητών**, του τύπου οχήματος και του τύπου ατυχήματος, όπως αυτή εφαρμόστηκε στο λογισμικό. Η πρώτη κατηγορία κάθε μεταβλητής είναι η κατηγορία αναφοράς, δηλαδή μια από τις πιθανές τιμές της μεταβλητής η οποία εμφανίστηκε με αρκετά μεγάλη συχνότητα. Επιλέχθηκε και για τις δύο μεταβλητές η συχνότερη κατηγορία ως κατηγορία αναφοράς, δηλαδή τα Επιβατικά ΙΧ/ΔΧ (145 από 234 ατυχήματα και 190 από 301 παθόντες) για τον τύπο οχήματος και η Παράσυρση πεζών (66 από 234 ατυχήματα και 85 από 301 παθόντες) για τον τύπο ατυχήματος. Η κατηγορία αναφοράς συμβολίζεται με αστερίσκο (*):

Τύπος οχήματος	
AggrTypeVA (*)	Επιβατικό ΙΧ/ΔΧ
AggrTypeVA (1)	Άγνωστο όχημα
AggrTypeVA (2)	Δίκυκλο
AggrTypeVA (3)	Φορτηγό/Λεωφορείο

Τύπος ατυχήματος	
AggrAccType3 (*)	Παράσυρση πεζού
AggrAccType3 (1)	Άλλος τύπος ατυχήματος
AggrAccType3 (2)	Εκτροπή από την οδό
AggrAccType3 (3)	Νωτομετωπική σύγκρουση
AggrAccType3 (4)	Πρόσκρουση σε σταθερό όχημα/αντικείμενο
AggrAccType3 (5)	Πλάγια σύγκρουση
AggrAccType3 (6)	Πλαγιομετωπική σύγκρουση

Πίνακας 5.5: Κωδικοποίηση διακριτών μεταβλητών και κατηγορίες αναφοράς

Οι κατηγορίες του άγνωστου οχήματος και του φορτηγού/λεωφορείου της μεταβλητής του τύπου οχήματος και οι κατηγορίες του άλλου τύπου ατυχήματος, της πρόσκρουσης σε σταθερό όχημα/αντικείμενο, της πλάγιας σύγκρουσης και της πλαγιομετωπικής σύγκρουσης της μεταβλητής του τύπου ατυχήματος έχουν τιμή μεγαλύτερη του 1.7 στο Wald test και σημαντικότητα αρκετά μεγαλύτερη του 5%. Αυτό σημαίνει ότι στην πράξη **δεν διαφέρουν σημαντικά κάθε φορά από την αντίστοιχη κατηγορία αναφοράς τους** και δεν εμφανίζονται στο μαθηματικό μοντέλο με ξεχωριστούς συντελεστές.

Έχοντας υπόψη τα προηγούμενα, η τελική **μαθηματική διατύπωση** του μοντέλου με μορφή εξίσωσης είναι η ακόλουθη:

$$U = - 0,510 * \log(Q/V) - 1,525 * \text{AggrTypeVA}(2) - 2,056 * \text{AggrAccType3}(2) - 1,751 * \text{AggrAccType3}(3)$$

Ή, πιο κατανοητά:

$$U = - 0,510 * \log(Q/V) - 1,525 * (\text{Δίκυκλο}) - 2,056 * (\text{Εκτροπή από την οδό}) - 1,751 * (\text{Νωτομετωπική σύγκρουση})$$

Επισημαίνεται ότι με U συμβολίζεται η συνάρτηση χρησιμότητας (utility function), η οποία **υπολογίζεται ως εξής** για το συγκεκριμένο μοντέλο: Για κάθε οδικό ατύχημα εισάγονται τα κυκλοφοριακά μεγέθη στην παραπάνω σχέση. Έπειτα η κατηγορία στην οποία ανήκει ο τύπος οχήματος λαμβάνει την τιμή 1 και οι υπόλοιπες την τιμή 0. Εάν η κατηγορία στην οποία ανήκει ο τύπος οχήματος είναι η κατηγορία αναφοράς (Επιβατικά Ι.Χ./Δ.Χ. για τα οχήματα), ή μια κατηγορία που δεν διαφέρει πολύ από αυτή (δηλαδή δεν εμφανίζεται στην μαθηματική σχέση), τότε τίθεται παντού η μηδενική τιμή. Ομοίως και για τον τύπο ατυχήματος. Με αυτό τον τρόπο προκύπτει η τιμή του U .

Η **πιθανότητα** ένας παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα (βαριά τραυματίας ή νεκρός) εξαρτάται άμεσα από το U και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$P_{(severity=1)} = \frac{e^U}{(e^U + 1)}$$

Τελικώς, εάν μεταφραστούν οι παραπάνω μαθηματικές σχέσεις, προκύπτει ότι η **πιθανότητα ένας παθόντας οδικού ατυχήματος να έχει αυξημένη σοβαρότητα** εξαρτάται **από τον κυκλοφοριακό φόρτο, την ταχύτητα κυκλοφορίας, τον τύπο οχήματος και τον τύπο ατυχήματος**. Επίσης, ισχύει ότι αλγεβρική αύξηση της συνάρτησης χρησιμότητας U συνεπάγεται αύξηση της πιθανότητας ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα, με βάση την παραπάνω σχέση. Όλοι οι συντελεστές έχουν αρνητικό πρόσημο, γεγονός που σημαίνει ότι εν προκειμένω η συνάρτηση χρησιμότητας U λαμβάνει μηδενικές ή μικρότερες τιμές (όλες οι μεταβλητές λαμβάνουν μόνο θετικές τιμές ως φυσικά μεγέθη), άρα όσο μειώνεται αλγεβρικά, ομοίως μειώνεται και η τιμή της άνω πιθανότητας (τελικώς τείνει προς το μηδέν).

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, ακολουθεί ανάλυση και εξήγηση των αποτελεσμάτων για κάθε μεταβλητή ξεχωριστά.

5.2.6 Εξήγηση αποτελεσμάτων μοντέλου

Λόγος κυκλοφοριακών μεγεθών

Η συγκεκριμένη μεταβλητή βρίσκεται σε μορφή λογαρίθμου και έχει αρνητικό πρόσημο. Αυτό σημαίνει ότι **αύξηση του λόγου των κυκλοφοριακών μεγεθών** συνεπάγεται μείωση της συνάρτησης χρησιμότητας U και άρα **μείωση της πιθανότητας ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα**. Το αποτέλεσμα αυτό εξηγείται αρχικά **άμεσα**, εξετάζοντας δηλαδή το λόγο του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα ως ενιαία μεταβλητή εάν ληφθεί υπόψη ότι με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία, αυξημένες ταχύτητες κίνησης οδηγούν σε αυξημένη σοβαρότητα ατυχημάτων. Με τον αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο, δηλαδή την παρουσία πολλών οχημάτων στην οδό, είναι δύσκολη η ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων λόγω των φυσικών εμποδίων που αποτελούν, λόγω της απαίτησης ο οδηγός να έχει διαιρεμένη την προσοχή του παρακολουθώντας τις πορείες πολλών οχημάτων αλλά και λόγω της αίσθησης κινδύνου των οδηγών που αποτρέπει την αύξηση ταχύτητας σε δυσχερείς συνθήκες κυκλοφορίας. Τελικώς, όταν αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος ή μειώνεται η ταχύτητα (αύξηση του λόγου) παρατηρείται μείωση της πιθανότητας σοβαρά παθόντων, και όταν μειώνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος ή

αυξάνεται η ταχύτητα (μείωση του λόγου) παρατηρείται αντίστοιχα αύξηση της πιθανότητας σοβαρά παθόντων.

Για την **έμμεση εξήγηση** του συγκεκριμένου αποτελέσματος, χρήσιμη είναι η παρακάτω σχέση που προκύπτει από τον ορισμό του λόγου των κυκλοφοριακών μεγεθών και τις βασικές ιδιότητες των λογαρίθμων:

$$-0,510 * \log\left(\frac{Q}{V}\right) = -0,510 * [\log(Q) - \log(V)] = 0,510 * \log(V) - 0,510 * \log(Q)$$

Φαίνεται συνεπώς ότι αύξηση της ταχύτητας κίνησης αυξάνει την πιθανότητα ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα, όπως πριν, ενώ αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου συνεπάγεται μείωση της ίδιας πιθανότητας. Και τα δύο αυτά αποτελέσματα έχουν **λογική εξήγηση** και έχουν εμφανιστεί στη διεθνή βιβλιογραφία επανειλημμένα.

Γενικότερα, όπως έχει προαναφερθεί, **αύξηση της ταχύτητας** σημαίνει μείωση του χρόνου αντίδρασης των οδηγών και της ικανότητας ελιγμών των οχημάτων, ενώ παράλληλα αυξάνεται η απόσταση πέδησης και η ενέργεια πιθανής σύγκρουσης. Με την **αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου** περιορίζεται η σοβαρότητα ατυχημάτων, πιθανώς λόγω έλλειψης χώρου για την ανάπτυξη μεγαλύτερων ταχυτήτων με τη φυσική παρουσία περισσότερων οχημάτων και των αποστάσεων ασφαλείας που τηρούνται μεταξύ τους.

Η παραπάνω έμμεση εξήγηση είναι αρκετά χρήσιμη για **διάφορους λόγους**. Αρχικά, πραγματοποιείται μέσω των δύο πιο θεμελιωδών κυκλοφοριακών μεγεθών, που είναι και εκείνα τα οποία συλλέγονται συχνότερα και ευκολότερα από μετρήσεις για οποιοδήποτε σκοπό. Έτσι, η μαθηματική σχέση γίνεται πιο πρωτογενής και η εξήγησή της πιο άμεση. Επίσης, λόγω της φύσης του λόγου των κυκλοφοριακών μεγεθών, η τιμή του είναι ίδια για διάφορους συνδυασμούς ταχυτήτων και κυκλοφοριακών φόρτων με σταθερό πηλίκο. Για παράδειγμα, μέση ταχύτητα 20 χμ./ώρα και κυκλοφοριακός φόρτος 1.000 οχημάτων/ώρα δίνουν πηλίκο ίσο με 50 οχήματα/χιλιόμετρο, όσο και ο συνδυασμός μέσης ταχύτητας 60 χμ./ώρα και 3.000 οχημάτων/ώρα. Είναι όμως προφανές ότι οι δύο καταστάσεις διαφέρουν πολύ ως προς τις συνθήκες ροής. Με την παραπάνω έκφραση είναι δυνατόν να διερευνηθεί

η ακριβής επιρροή του κάθε κυκλοφοριακού μεγέθους, και να μελετηθεί η μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής αν το ένα μέγεθος παραμείνει σταθερό και το άλλο λαμβάνει διάφορες τιμές.

Παρατηρείται ότι ο λογάριθμος του λόγου των κυκλοφοριακών μεγεθών είναι μεταβλητή **στατιστικά σημαντική** με απόλυτη τιμή του δείκτη Wald ίση με 6,071 ($>1,7$) και σημαντικότητα 0,014 ($<0,05$).

Τύπος οχήματος (Α' οχήματος)

Προκύπτει ότι από την ανάλυση της διακριτής μεταβλητής του τύπου οχήματος (ή είδος/χρήση Α' οχήματος όπως αναφέρεται στο Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.) ότι τα δίκυκλα παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά όσον αφορά στα οδικά ατυχήματα, σε σχέση με τα επιβατικά Ι.Χ./Δ.Χ., τα φορτηγά/λεωφορεία και τα λοιπά οχήματα. **Το αρνητικό πρόσημο της μεταβλητής δίκυκλα δηλώνει ότι στα ατυχήματα με εμπλοκή δικύκλων εμφανίζονται περισσότεροι παθόντες μειωμένης σοβαρότητας παρά παθόντες αυξημένης σοβαρότητας.**

Το παραπάνω αποτέλεσμα σημαίνει ότι η κατηγορία των δικύκλων εμφανίζει **πολλά μικροατυχήματα** με ελαφρά τραυματίες. Αυτό μεταφράζεται στη μαθηματική σχέση ως μείωση της πιθανότητας σοβαρά παθόντων.

Πιθανή εξήγηση αυτού του αποτελέσματος είναι το γεγονός ότι τα δίκυκλα έχουν **μικρότερη μάζα** και ανάλογα μικρότερη ορμή και κινητική ενέργεια για σταθερή ταχύτητα σε σχέση με τα υπόλοιπα οχήματα. Αυτό καθιστά μια πιθανή σύγκρουση λιγότερο βίαιη, ιδιαίτερα εάν οι παθόντες είναι στο εσωτερικό κάποιου οχήματος μεγαλύτερης μάζας.

Μία άλλη εξήγηση του αποτελέσματος είναι ότι τα δίκυκλα έχουν **αυξημένη ικανότητα ελιγμών**, δίνοντας στους οδηγούς τους τη δυνατότητα να αποφύγουν ή να μετριάσουν τις συνέπειες κάποιας επικίνδυνης κατάστασης, όπως μια πιθανή παράσυρση πεζού. Επίσης απαιτείται μικρότερη απόσταση πέδησης για την ακινητοποίησή τους.

Παρατηρείται ότι ο τύπος οχήματος (ομαδοποιημένος) είναι μεταβλητή **συνολικά στατιστικά σημαντική** με απόλυτη τιμή του δείκτη Wald ίση με 7,357 ($>1,7$) και σημαντικότητα 0,061 (λίγο μεγαλύτερη του 0,05 αλλά αρκετά μικρότερη του 0,10).

Τύπος ατυχήματος

Όμοια με τον τύπο οχήματος παραπάνω, για τη διακριτή μεταβλητή του τύπου ατυχήματος προκύπτει **ότι ατυχήματα τύπου εκτροπής από την οδό ή νωτομετωπικής σύγκρουσης εμφανίζουν μειωμένη πιθανότητα παθόντων αυξημένης σοβαρότητας, λόγω της μείωσης στη συνάρτηση χρησιμότητας U . Αντίστοιχα, ατυχήματα τύπου παράσυρσης πεζών, προσκρούσεις σε σταθερό όχημα/αντικείμενο, πλάγιες και πλαγιομετωπικές συγκρούσεις αλλά και οι λοιποί τύποι ατυχημάτων οδηγούν σε αυξημένες πιθανότητες να υπάρχει βαριά τραυματίας ή νεκρός στο αντίστοιχο οδικό ατύχημα.**

Η τάξη μεγέθους του εκάστοτε συντελεστή, με την ανάλογη επιρροή στη συνάρτηση χρησιμότητας U και στην πιθανότητα ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα, δηλώνει κατά μια έννοια **πόσο σοβαρός – επικίνδυνος** είναι ο κάθε τύπος ατυχήματος. Στις παρασύρσεις πεζών, όπου ο πεζός είναι ευάλωτος και απροστάτευτος χρήστης της οδού, καταγράφεται σε διεθνείς έρευνες ποσοστό θνησιμότητας άνω του 90% για ταχύτητα σύγκρουσης 50 χμ./ώρα, μια πολύ συνηθισμένη και μέτρια τιμή της ταχύτητας κίνησης για αστικές λεωφόρους (International Transport Forum, 2008). Αντίθετα, μία εκτροπή από την οδό ίσως να έχει λιγότερο σοβαρές συνέπειες λόγω σταδιακής και όχι ακαριαίας απώλειας ενέργειας. Συνεπώς τα αποτελέσματα για τη μεταβλητή του τύπου ατυχήματος κρίνονται λογικά, και κάποιοι τύποι ατυχήματος εμφανίζουν περισσότερες πιθανότητες να έχουν παθόντες με αυξημένη σοβαρότητα από κάποιους άλλους.

Πρέπει να τονιστεί ότι ένα οδικό ατύχημα είναι γενικώς ένα **εξαιρετικά σύνθετο συμβάν**, με πολλούς διαφορετικούς παράγοντες να καθορίζουν τα χαρακτηριστικά του και τις συνέπειές του. Ως εκ τούτου, οποιαδήποτε γενίκευση της μορφής ότι ένας τύπος ατυχήματος (π.χ. νωτομετωπική σύγκρουση) έχει περισσότερες πιθανότητες αυξημένης σοβαρότητας από έναν άλλο (π.χ. πλάγια σύγκρουση) πρέπει να γίνεται με προσοχή και ύστερα από αντίστοιχη έρευνα σε διάφορες περιοχές ελέγχου.

Παρατηρείται ότι ο τύπος ατυχήματος (ομαδοποιημένος) είναι μεταβλητή **συνολικά στατιστικά σημαντική** με απόλυτη τιμή του δείκτη Wald ίση με 12,629 ($>1,7$) και σημαντικότητα 0,049 ($<0,05$).

Σύνολο του μοντέλου

Για το μοντέλο γενικότερα, επισημαίνονται οι αρκετά υψηλοί **συντελεστές συσχέτισης R^2** , με τιμές 0,585 ως Cox & Snell R^2 και 0,779 ως Nagelkerke R^2 . Αυτές οι τιμές δηλώνουν αρκετά ικανοποιητική συσχέτιση και είναι ένδειξη ανακάλυψης των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν το φαινόμενο προς διερεύνηση.

Τέλος, παρατηρείται ότι **δεν περιλαμβάνεται σταθερά** στο μοντέλο, γεγονός το οποίο σημαίνει πως δε φαίνεται να υπάρχουν απροσδιόριστοι παράγοντες, των οποίων οι επιρροές συνήθως συγκεντρώνονται εκεί. Ακόμα, μηδενική σταθερά σημαίνει ότι είναι δυνατόν η συνάρτηση χρησιμότητας U να λάβει τιμή μηδέν. Αυτό θεωρητικά θα πραγματοποιηθεί για λόγο κυκλοφοριακών μεγεθών ίσο με 1 όχημα/χιλιόμετρο ($\text{Log}1 = 0$), για όλους τους τύπους οχήματος εκτός από δίκυκλο και για όλους τους τύπους ατυχήματος εκτός από εκτροπή από την οδό ή νωτομετωπική σύγκρουση. Από την παραπάνω εξίσωση της πιθανότητας αυξημένης σοβαρότητας, προκύπτει ότι ένας παθόντας εμπλεκόμενος σε ένα οδικό ατύχημα παράσυρσης πεζού από επιβατικό Ι.Χ. με τιμή του λόγου κυκλοφοριακού φόρτου προς ταχύτητα ίση με 1 όχημα/χιλιόμετρο έχει πιθανότητα 50% να τραυματιστεί βαριά ή να σκοτωθεί. Για τιμές ακόμα μικρότερες, μεταξύ 0 και 1, η πιθανότητα παθόντα αυξημένης σοβαρότητας μεγαλώνει περισσότερο. Από τον μαθηματικό ορισμό της, η πιθανότητα αυξημένης σοβαρότητας παθόντα δεν λαμβάνει μηδενικές τιμές όταν ως τιμές ανεξάρτητων μεταβλητών εισάγονται κανονικοί αριθμοί (μη-απειροστοί).

Επισημαίνεται ότι το μοντέλο έχει νόημα για λόγο κυκλοφοριακών μεγεθών **μεγαλύτερο του μηδενός**, όπως είναι και η φυσική σημασία του. Εάν ο λόγος είναι ακριβώς μηδέν, δηλαδή δεν κυκλοφορούν οχήματα στην οδό, είναι προφανές ότι δε συμβαίνουν ατυχήματα και δεν υπάρχει πιθανότητα παθόντων οποιασδήποτε σοβαρότητας. Η λειτουργία του μοντέλου θεωρεί ως δεδομένο ότι υπήρξε ατύχημα

και προβλέπει τη σοβαρότητά του βασιζόμενο στις συνθήκες υπό τις οποίες αυτό συνέβη.

5.2.7 Ανάλυση ελαστικότητας μοντέλου

Μέσω της **ανάλυσης ελαστικότητας** σε μία μαθηματική σχέση υπολογίζεται ποσοτικά η σχετική επιρροή των διάφορων ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη. Είναι προφανές ότι η ανάλυση ελαστικότητας, η οποία βασίζεται στη θεωρία ελαστικότητας, έχει νόημα μόνο για μαθηματικές σχέσεις με περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές.

Η **ελαστικότητα** είναι ένα αδιάστατο μέγεθος, που σε αντίθεση με τους συντελεστές των μεταβλητών των μοντέλων, δεν εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης των μεταβλητών. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφράζεται η ελαστικότητα ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί η 1% μεταβολή της ανεξάρτητης.

Όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο του θεωρητικού υπόβαθρου, για διακριτές ή διατεταγμένες εξαρτημένες μεταβλητές η γραμμική ελαστικότητα δεν είναι κατάλληλη. Αντιθέτως, χρησιμοποιείται το μέγεθος της **ψευδοελαστικότητας**, σύμφωνα με την ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$E_{x_{ivk}}^{P(i)} = e^{\beta_{ik}} \frac{\sum_{i'=1}^I e^{\beta_{i'x_v}}}{\sum_{i'=1}^I e^{\Delta(\beta_{i'x_v})}} - 1$$

Όπου:

- I , το πλήθος των πιθανών επιλογών
- x_{ivk} , η τιμή της μεταβλητής k , για την εναλλακτική i , του ατόμου v
- $\Delta(\beta_{i'x_v})$, η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της x_{vk} έχει μεταβληθεί από 0 σε 1
- $\beta_{i'x_v}$, η αντίστοιχη τιμή όταν η x_{ivk} έχει τιμή 0
- β_{ik} , η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{vk}

Ομοίως, επισημαίνεται ότι η έννοια της **επιμέρους επιρροής** έχει νόημα μόνο για συνεχείς και όχι για διακριτές ανεξάρτητες μεταβλητές. Μολαταύτα, στη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία υπολογίστηκε η σχετική επιρροή και για τις διακριτές μεταβλητές ως μια θεωρητική έννοια, για να πραγματοποιηθεί μια σύγκριση μεταξύ των εκάστοτε μεταβλητών του μοντέλου σε ότι αφορά στην επιρροή τους στην εξαρτημένη μεταβλητή.

Οι τιμές της απόλυτης και της ανηγμένης σχετικής επιρροής (e_i και e_i^* , αντίστοιχα) των ανεξάρτητων μεταβλητών, μαζί με τους συντελεστές τους β_i από το τελικό μοντέλο αναγράφονται στον πίνακα 5.6 που ακολουθεί. Οι **κατηγορίες αναφοράς και οι στατιστικά όμοιές τους απουσιάζουν** από τον πίνακα καθώς μηδενίζουν όλες τις υπόλοιπες τιμές της αντίστοιχης μεταβλητής.

Ανεξάρτητες μεταβλητές		Σοβαρότητα ατυχήματος		
		β_i	Σχετική επιρροή	
			e_i	e_i^*
Λογάριθμος (κυκλοφοριακός φόρτος προς ταχύτητα)		-0,510	-0,556	-1,000
Τύποι οχημάτων	Δίκυκλο	-1,525	-0,718	-1,291
Τύποι ατυχημάτων	Εκτροπή από την οδό	-2,056	-0,829	-1,490
	Νωτομετωπική σύγκρουση	-1,751	-0,771	-1,387

Πίνακας 5.6: Σχετική επιρροή ανεξάρτητων μεταβλητών στο γενικό μοντέλο σοβαρότητας ατυχημάτων

Εξετάζοντας το γενικό μοντέλο σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων, παρατηρείται ότι κάποιες κατηγορίες – τιμές των δύο διακριτών μεταβλητών έχουν **μεγαλύτερη επιρροή** στην εξαρτημένη μεταβλητή της πιθανότητας αυξημένης σοβαρότητας ατυχήματος. Πράγματι, οι κατηγορίες του δίκυκλου τύπου όσον αφορά στον τύπο οχήματος, και της εκτροπής από την οδό και της νωτομετωπικής σύγκρουσης όσον αφορά στον τύπο ατυχήματος είναι κατηγορίες όπου εάν εμφανιστούν στο μοντέλο, μειώνουν αισθητά την πιθανότητα οι παθόντες να έχουν αυξημένη σοβαρότητα. Για παράδειγμα, παθόντας εμπλεκόμενος σε ατύχημα πλαγιομετωπικής σύγκρουσης έχει περίπου 1,5 φορές μεγαλύτερες πιθανότητες να τραυματιστεί βαριά ή να σκοτωθεί σε σχέση με παθόντα εμπλεκόμενο σε ατύχημα εκτροπής από την οδό.

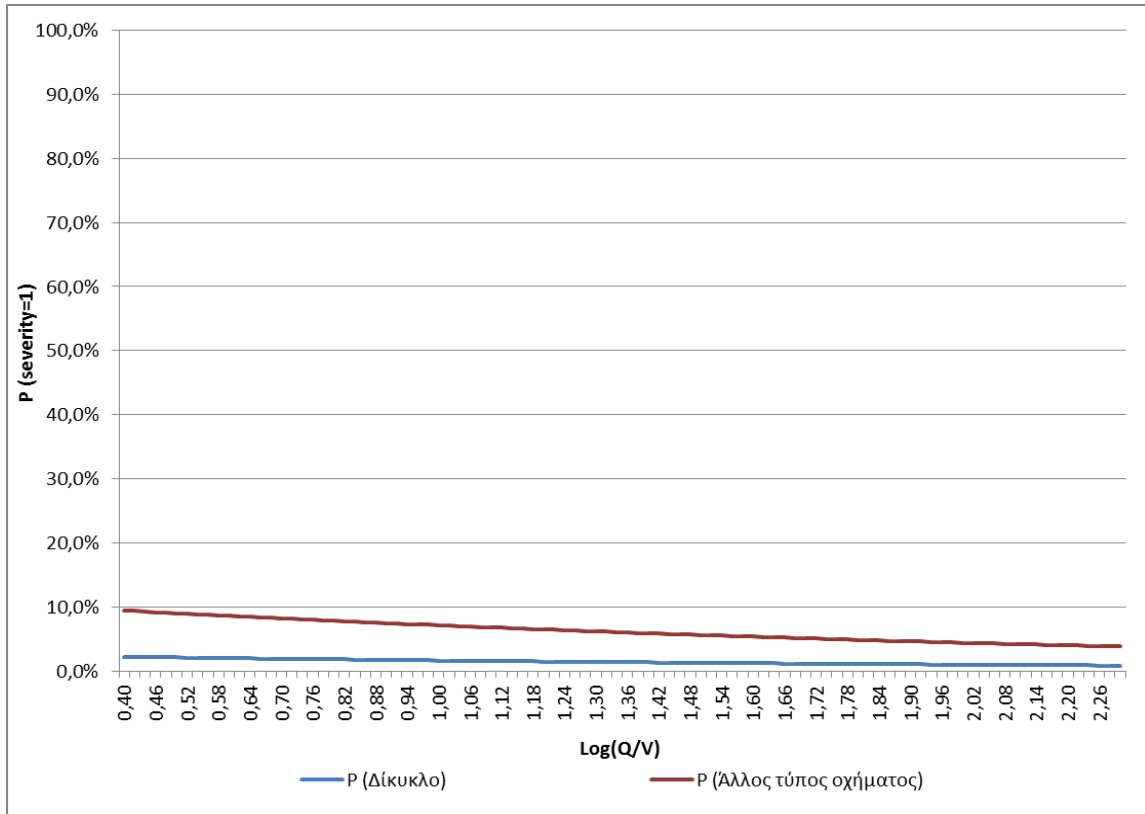
Ως συμπέρασμα, προκύπτει ότι **συγκεκριμένοι τύποι** οχημάτων και ατυχημάτων επηρεάζουν τη σοβαρότητα πολύ περισσότερο από άλλους, ενώ και τα κυκλοφοριακά μεγέθη μέσω του λόγου τους παίζουν αρκετά σημαντικό ρόλο στη μεταβολή του μεγέθους προς εξέταση.

5.2.8 Ανάλυση ευαισθησίας μοντέλου

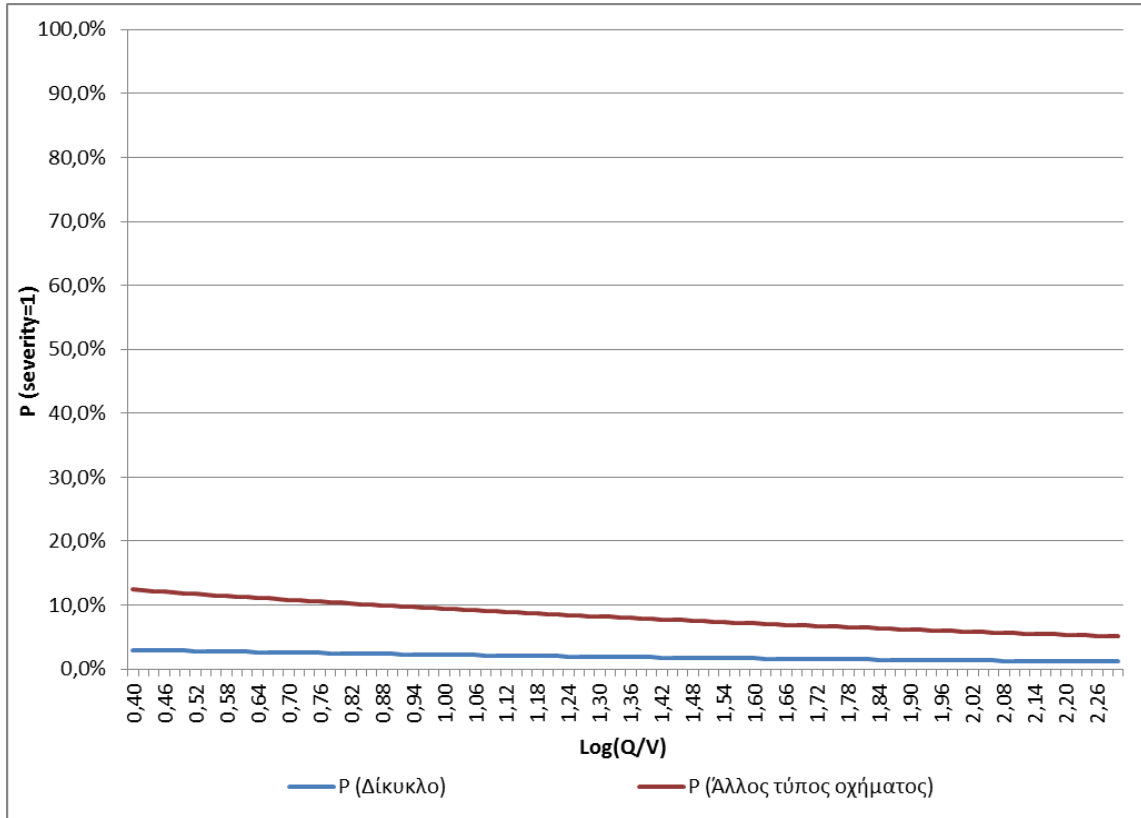
Έχοντας ως στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στο μοντέλο, αναπτύσσονται τα **διαγράμματα ευαισθησίας**. Τα συγκεκριμένα διαγράμματα περιγράφουν την ευαισθησία της εξεταζόμενης εξαρτημένης μεταβλητής, δηλαδή της πιθανότητας ένας παθόντας οδικού ατυχήματος να έχει εξαρτημένη σοβαρότητα, όταν μεταβάλλεται μία εκ των ανεξάρτητων μεταβλητών και οι άλλες παραμένουν σταθερές. Οι συνδυασμοί και άρα τα διαγράμματα που είναι δυνατόν να προκύψουν είναι πολλοί, συνεπώς παρατίθενται ενδεικτικά κάποια ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

Τα διαγράμματα ευαισθησίας 5.1, 5.2 και 5.3 αναφέρονται στην πιθανότητα αυξημένης σοβαρότητας σε συνάρτηση με τον λόγο του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα (για το εύρος τιμών οι οποίες καταγράφηκαν) για ένα **συγκεκριμένο τύπο ατυχημάτων** (εκτροπή από την οδό, νωτομετωπική σύγκρουση και άλλοι τύποι ατυχημάτων, αντίστοιχα). Κάθε καμπύλη αναπαριστά ένα διαφορετικό τύπο οχήματος. Είναι πιθανόν η απεικόνιση κάποιων καμπυλών να είναι δυσκολότερη λόγω των μικρών (αλλά όχι μηδενικών) τιμών που λαμβάνει.

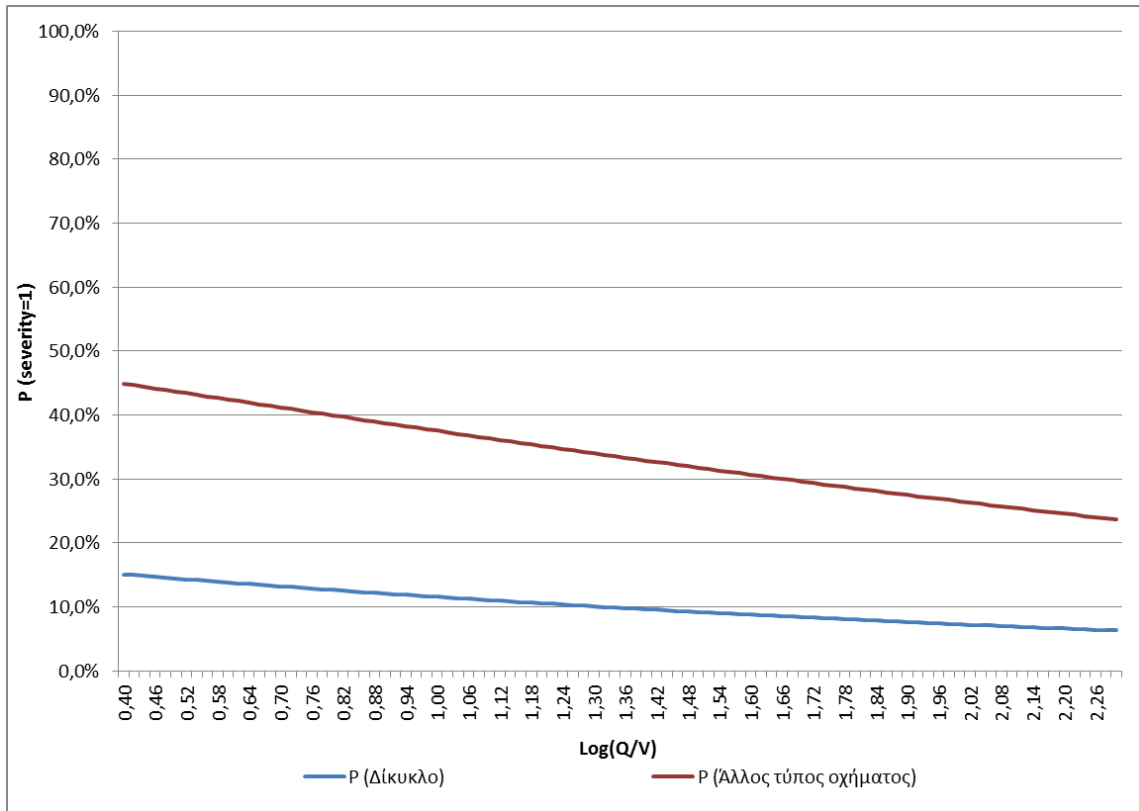
Αντίστοιχα, τα διαγράμματα ευαισθησίας 5.4 και 5.5 αναφέρονται στην πιθανότητα αυξημένης σοβαρότητας σε συνάρτηση με τον λόγο των κυκλοφοριακών μεγεθών για ένα **συγκεκριμένο τύπο οχημάτων** (δίκυκλα και άλλοι τύποι οχημάτων αντίστοιχα). Κάθε καμπύλη αναπαριστά ένα διαφορετικό τύπο ατυχήματος. Όπως πριν, μερικές φορές η απεικόνιση κάποιων καμπυλών ίσως είναι δυσκολότερη λόγω των μικρών (αλλά όχι μηδενικών) τιμών που λαμβάνει.



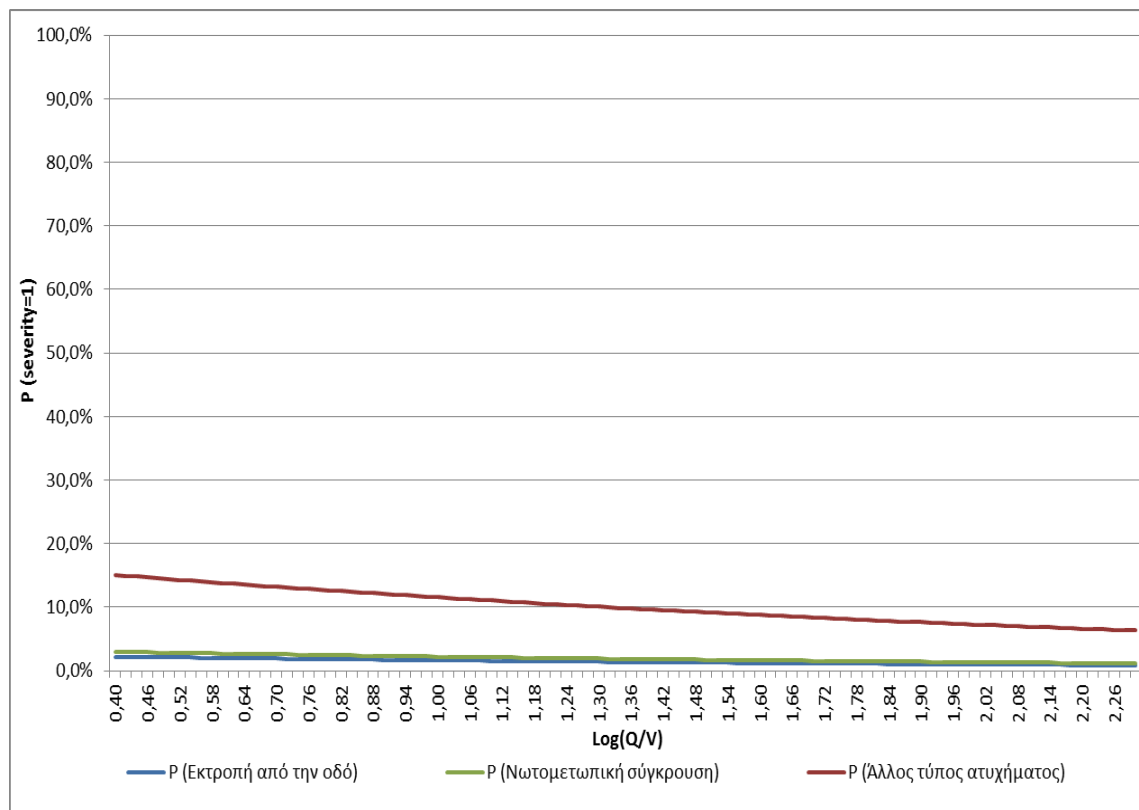
Διάγραμμα 5.1: Πιθανότητα ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα εάν εμπλακεί σε ατύχημα εκτροπής από την οδό



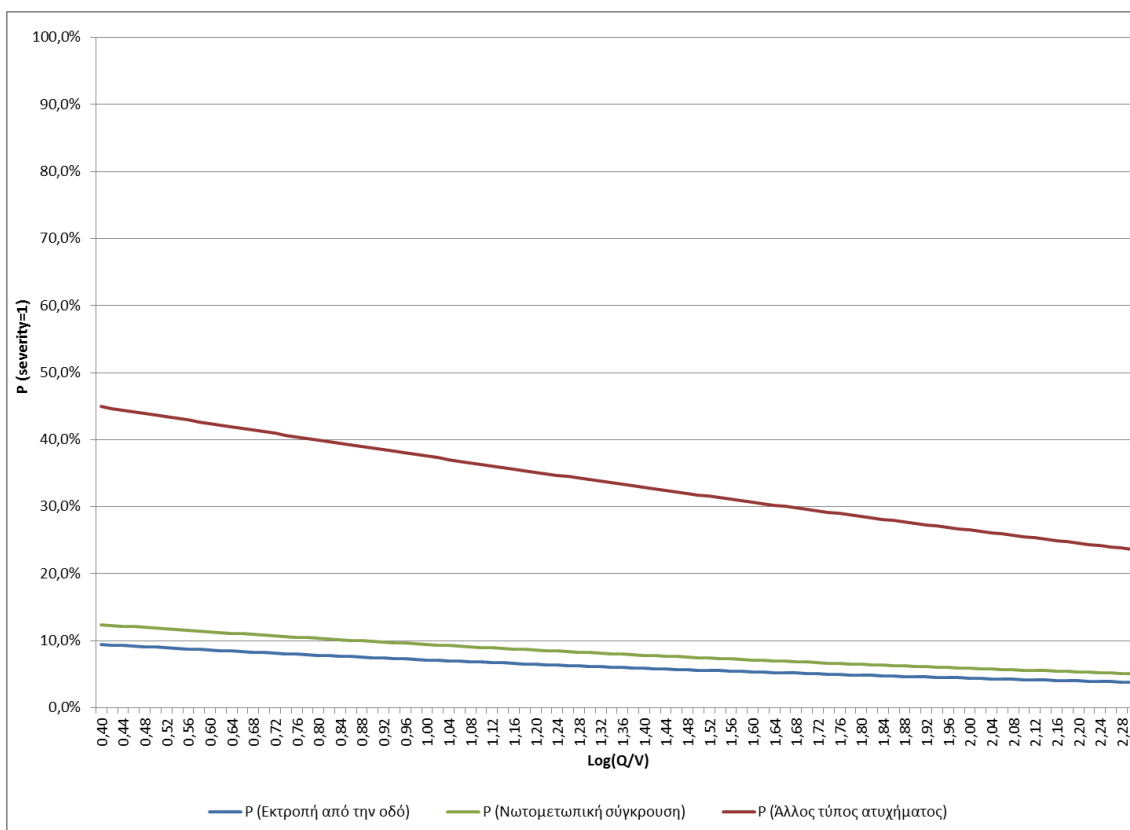
Διάγραμμα 5.2: Πιθανότητα ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα εάν εμπλακεί σε ατύχημα νωτομετωπικής σύγκρουσης



Διάγραμμα 5.3: Πιθανότητα ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα εάν εμπλακεί σε ατύχημα άλλου τύπου



Διάγραμμα 5.4: Πιθανότητα ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα εάν εμπλακεί σε ατύχημα με δίκυκλο



Διάγραμμα 5.5: Πιθανότητα ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα εάν εμπλακεί σε ατύχημα με άλλο τύπο οχήματος

Από τα παραπάνω διαγράμματα ευαισθησίας, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα, σε συμφωνία με όσα έχουν αναφερθεί και στα προηγούμενα:

- **Αύξηση στον λόγο των κυκλοφοριακών μεγεθών (Q/V) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας αυξημένης σοβαρότητας** σε παθόντες εμπλεκόμενους σε οδικά ατυχήματα, ανεξάρτητα από τον τύπο του οχήματος ή τον τύπο του ατυχήματος.
- Από τους διάφορους τύπους οχημάτων, τη μικρότερη πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα αυξημένης σοβαρότητας έχουν τα **δίκυκλα**, ενώ τα οχήματα άλλου τύπου (επιβατικά Ι.Χ./Δ.Χ., φορτηγά/λεωφορεία ή αγνώστου τύπου οχήματα) έχουν αυξημένη αντίστοιχη πιθανότητα.
- Από τους διάφορους τύπους ατυχημάτων, τη μικρότερη πιθανότητα οι συνέπειες να είναι αυξημένης σοβαρότητας έχουν τα ατυχήματα **εκτροπής από την οδό**. Ακολουθούν με μικρή διαφορά τα ατυχήματα τύπου

νωτομετωπικής σύγκρουσης, ενώ πολύ μεγαλύτερη πιθανότητα σοβαρών συνεπειών έχουν όλοι οι υπόλοιποι τύποι ατυχημάτων.

- Από τις κλίσεις μεταξύ των διαγραμμάτων, αλλά και από τις μαθηματικές σχέσεις από τις οποίες αυτά προέκυψαν, φαίνεται ότι η **μεταβολή των κυκλοφοριακών μεγεθών** επηρεάζει περισσότερο την πιθανότητα σοβαρά παθόντων για τις κατηγορίες που δίνουν υψηλότερες τιμές στην εξαρτημένη μεταβλητή.

Για παράδειγμα, από το διάγραμμα 5.5 διαπιστώνεται ότι για λογάριθμο του λόγου των κυκλοφοριακών μεγεθών με τιμή 0,5 τα οχήματα εκτός των δίκυκλων έχουν 0,43 πιθανότητα να εμπλακούν σε ατύχημα άλλου τύπου (εκτός εκτροπής από την οδό ή νωτομετωπικής σύγκρουσης) με σοβαρά παθόντα, ενώ για λογάριθμο του λόγου των κυκλοφοριακών μεγεθών ίσο με 2,2 η πιθανότητα αυτή πέφτει στο 0,25 (μείωση κατά 0,18). Οι αντίστοιχες τιμές για τα δίκυκλα είναι 0,14 και 0,07 αντίστοιχα (μείωση κατά 0,07). Όμοια τάση παρατηρείται και στις κατηγορίες ατυχημάτων.

5.3 Ανάπτυξη και εφαρμογή μοντέλων σοβαρότητας ατυχημάτων εντός και εκτός ωρών αιχμής

Στο παρόν υποκεφάλαιο αναλύονται οι **δύο επιμέρους μορφές** του μοντέλου γενικής σοβαρότητας που αναπτύχθηκε στα προηγούμενα, δηλαδή τα μοντέλα της σοβαρότητας ατυχημάτων **εντός και εκτός ωρών αιχμής**. Υπενθυμίζεται ότι ως ώρες αιχμής (peak hours) ορίζονται οι ώρες μεταξύ 07.00 π.μ. με 10.00 π.μ. καθώς και μεταξύ 15.00 μ.μ. με 19.00 μ.μ.. Οι υπόλοιπες ώρες του εικοσιτετράωρου θεωρούνται ώρες εκτός αιχμής (off-peak hours).

Έπειτα από την ανάπτυξη του γενικού μοντέλου, **σκοπός** της διερεύνησης επιπλέον μοντέλων εντός και εκτός ωρών αιχμής είναι η ανακάλυψη τυχόν διαφορών που θα προκύψουν από τις αλλαγές των συνθηκών ροής που παρατηρούνται τακτικά μεταξύ των δύο αυτών χρονικών περιόδων. Τα δύο μοντέλα είναι μορφής άμεσα συγκρίσιμης, και για αυτό το λόγο παρατίθενται παράλληλα σε όλο το υποκεφάλαιο.

Όπως έχει προαναφερθεί, οι πίνακες των δεδομένων για αυτές τις αναλύσεις έχουν προέλθει από τον τελικό πίνακα για την ανάλυση γενικής σοβαρότητας, μετά από διαχωρισμό με βάση την ώρα του κάθε ατυχήματος. Αυτό σημαίνει ότι **διατηρείται η ονοματολογία και η λειτουργία** των μεταβλητών όπως στο μοντέλο της γενικής σοβαρότητας, χωρίς την ανάγκη επαναλήψεων των δεδομένων εισόδου σε αυτό το εδάφιο. Λόγω της ύπαρξης μιας μόνο μεταβλητής στα τελικά μοντέλα, δεν είχε νόημα η συσχέτιση των γνωστών μεταβλητών στα δύο υποσύνολα του δείγματος που δημιουργήθηκαν ή η διεξαγωγή αναλύσεων ελαστικότητας και ευαισθησίας.

5.3.1 Παραγωγή περιγραφικής στατιστικής

Για λόγους πληρότητας, παρατίθενται τα **περιγραφικά στατιστικά στοιχεία** του λόγου του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα και του αντίστοιχου λογαρίθμου για τα δύο υποσύνολα του δείγματος του πληθυσμού. Επισημαίνεται ότι το πλήθος των ατυχημάτων που συνέβησαν σε ώρες εντός αιχμής είναι 123 και εκείνων που συνέβησαν σε ώρες εκτός αιχμής είναι 178. Αξίζει να αναφερθεί ότι εάν αναλυθεί το ωριαίο πλήθος των ατυχημάτων για το σύνολο της περιόδου έρευνας, στις 8 ώρες αιχμής εμφανίζονται κατά μέσο όρο 15,4 ατυχήματα ανά ώρα ενώ στις 16 ώρες εκτός αιχμής εμφανίζονται κατά μέσο όρο 11,1 ατυχήματα ανά ώρα. Υπάρχει δηλαδή μεγαλύτερη συγκέντρωση των ατυχημάτων στις ώρες αιχμής, αν και οι τάξεις μεγέθους είναι παρόμοιες.

Η πορεία παραγωγής περιγραφικής στατιστικής είναι ίδια με πριν και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους πίνακες 5.7 και 5.8:

Μεταβλητές	Συναρτήσεις				
	Πλήθος	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Q/V	123	2,62	190,74	60,98	36,03
Log(Q/V)	123	0,42	2,28	1,69	0,33

Πίνακας 5.7: Περιγραφική στατιστική λόγου κυκλοφοριακών μεγεθών μοντέλου σοβαρότητας ατυχημάτων εντός ωρών αιχμής

Μεταβλητές	Συναρτήσεις				
	Πλήθος	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Q/V	178	3,92	143,98	44,28	29,56
Log(Q/V)	178	0,59	2,16	1,53	0,34

Πίνακας 5.8: Περιγραφική στατιστική λόγου κυκλοφοριακών μεγεθών μοντέλου σοβαρότητας ατυχημάτων εκτός ωρών αιχμής

Εξετάζοντας την τυπική απόκλιση, και σε συνδυασμό με τον πίνακα 5.1, παρατηρείται ότι οι πλέον ακραίες τιμές του αρχικού δείγματος εμφανίζονται στις ώρες αιχμής.

5.3.2 Επιλογή της μεθόδου παλινδρόμησης – Παρουσίαση αποτελεσμάτων μοντέλων

Όπως και στο γενικό μοντέλο, η σοβαρότητα έχει οριστεί στα προηγούμενα ανά παθόντα και λαμβάνει δύο τιμές μόνον (0 για ελαφρά τραυματία, 1 για βαριά τραυματία ή νεκρό). Συνεπώς, αφού η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι διακριτή και λαμβάνει δύο κατηγορίες, εφαρμόζεται η μέθοδος της (διωνυμικής) λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης (binary logistic regression) και στις δύο περιπτώσεις, όμοια με τα προηγούμενα.

Μετά από εκτενή αριθμό δοκιμών μοντέλων διαφόρων παραλλαγών, οι οποίες δεν παρατίθενται, με μεταβαλλόμενους τους παράγοντες των μεταβλητών, της μεθόδου εισαγωγής τους, της προσθήκης σταθεράς ή όχι, της αναλογίας μεταξύ κατηγοριών κ.α. προέκυψαν τα δύο τελικά μοντέλα για κάθε υποσύνολο, όπως φαίνεται στους ακόλουθους πίνακες:

Τελικό μοντέλο σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων εντός ωρών αιχμής:

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	80,666 ^a	,518	,691

a. Estimation terminated at iteration number 5 because parameter estimates changed by less than ,001.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	8,632	8	,374

Classification Table ^a					
Observed			Predicted		
			Severity		Percentage Correct
Step 1	Severity	0	1		
			0	92	18	83,6
	1	6	7	53,8	
	Overall Percentage			80,5	

a. The cut value is ,130

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	Log(Q/V)	-1,309	,184	50,656	1	,000	,270

a. Variable(s) entered on step 1: Log Log(Q/V).

Τελικό μοντέλο σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων εκτός ωρών αιχμής:

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	116,073 ^a	,520	,693

a. Estimation terminated at iteration number 5 because parameter estimates changed by less than ,001.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	10,778	8	,215

Classification Table ^a					
Observed			Predicted		
			Severity		Percentage Correct
			0	1	
Step 1	Severity	0	117	43	73,1
		1	9	9	50,0
Overall Percentage					70,8

a. The cut value is ,120

Variables in the Equation							
	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	
Step 1 ^a	Log(Q/V)	-1,454	,171	72,228	1	,000	,234

a. Variable(s) entered on step 1: Log(Q/V).

Στα **τελικά μοντέλα** για τη σοβαρότητα οδικών ατυχημάτων εντός και εκτός ωρών αιχμής παρατηρούνται τα εξής:

- Και στα δύο μοντέλα εμφανίζεται **μόνο η μεταβλητή του λόγου των κυκλοφοριακών μεγεθών** (συνεχής, με τη μορφή λογαρίθμου)
- Όλοι οι **στατιστικοί έλεγχοι ικανοποιούνται** για τη μεταβλητή (Wald πάνω από 1,7 και sig μικρότερο του 0,05) αλλά και για τα μοντέλα (Hosmer and Lemeshow test μεγαλύτερο του 0,05)
- Και σε αυτή την περίπτωση, τα δύο μοντέλα έχουν αρκετά μικρό **LRT**, ειδικά σε σχέση με τα αρχικά (μοντέλα χωρίς μεταβλητές) τα οποία δεν εμφανίστηκαν.
- Ο **συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι αρκετά υψηλός**. Έχει τιμές 0,518 ως Cox & Snell R^2 και 0,691 ως Nagelkerke R^2 για το μοντέλο εντός ωρών αιχμής και 0,520 ως Cox & Snell R^2 και 0,693 ως Nagelkerke R^2 για το μοντέλο εντός ωρών αιχμής.
- Παρατηρείται ότι **δεν περιλαμβάνεται σταθερά** σε κανένα από τα δύο μοντέλα, καθώς όλες οι δοκιμές οι οποίες πραγματοποιήθηκαν και περιελάμβαναν σταθερό όρο οδηγούσαν σε μη αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Η **πιθανότητα σωστής πρόβλεψης** σοβαρότητας ενός οδικού ατυχήματος με τη χρήση του μοντέλου εντός ωρών αιχμής ανέρχεται σε 83,6% για την κατηγορία μειωμένης σοβαρότητας (0), 53,8% για την κατηγορία αυξημένης σοβαρότητας (1) και 80,5% για το σύνολο των προβλέψεων. Αντίστοιχα, για το μοντέλο εκτός ωρών αιχμής η ίδια πιθανότητα ανέρχεται σε 73,1% για την κατηγορία μειωμένης σοβαρότητας (0), 50,0% για την κατηγορία αυξημένης σοβαρότητας (1) και 70,8% για το σύνολο των προβλέψεων.
- Η **μέθοδος εισαγωγής των μεταβλητών** δεν παίζει κάποιο ρόλο διότι η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι μόνο μία.

5.3.3 Περιγραφή αποτελεσμάτων μοντέλων

Μετά από τις δοκιμές προέκυψαν τα τελικά μοντέλα σοβαρότητας για ώρες εντός και εκτός αιχμής. Τα μοντέλα αυτά **περιλαμβάνουν** ως ανεξάρτητες μεταβλητές μόνο τα κυκλοφοριακά μεγέθη με τη μορφή του λόγου του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα. Η τελική **μαθηματική διατύπωση** των μοντέλων με μορφή εξισώσεων είναι οι ακόλουθη:

$$U = -1,309 * \log(Q/V) , \text{ για ώρες εντός αιχμής.}$$

$$U = -1,454 * \log(Q/V) , \text{ για ώρες εκτός αιχμής.}$$

Όπως και στο γενικό μοντέλο, με U συμβολίζεται η συνάρτηση χρησιμότητας (utility function), η οποία στις συγκεκριμένες περιπτώσεις λαμβάνει τιμές ίσες ή μικρότερες του μηδενός. Η **πιθανότητα** ένας παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα (βαριά τραυματίας ή νεκρός) εξαρτάται άμεσα από το U και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$P_{(severity=1)} = \frac{e^U}{(e^U + 1)}$$

5.3.4 Εξήγηση αποτελεσμάτων μοντέλων

Η **εξήγηση των αποτελεσμάτων** των μοντέλων σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων για ώρες εντός και εκτός αιχμής περιορίζεται κυρίως στην εξήγηση της επιρροής των κυκλοφοριακών μεγεθών. Παρατηρείται ότι το πρόσημο του λογαρίθμου του λόγου είναι αρνητικό και στις δύο περιπτώσεις, όπως ακριβώς και στο γενικό μοντέλο σοβαρότητας. Αυτό σημαίνει ότι σε κάθε περίπτωση, **ανεξαρτήτως της ώρας ενός οδικού ατυχήματος**, αύξηση του λόγου (μέσω αύξησης της ταχύτητας ή μείωσης του κυκλοφοριακού φόρτου) συνεπάγεται μείωση της συνάρτησης χρησιμότητας U και άρα μείωση της πιθανότητας ο παθόντας να έχει αυξημένη σοβαρότητα, και αντίστροφα.

Συνεπώς, ισχύουν ακόμη όσα έχουν αναφερθεί στο εδάφιο της εξήγησης για το γενικό μοντέλο, δηλαδή η άμεση και έμμεση εξήγηση της επιρροής του συγκεκριμένου μεγέθους. Και στα δύο μοντέλα παρατηρείται **μεγάλη αύξηση στην**

τιμή του συντελεστή του λογαρίθμου του λόγου των κυκλοφοριακών μεγεθών σε σχέση με αυτή του γενικού μοντέλου. Αυτή η αύξηση δικαιολογείται από το γεγονός ότι αντικατοπτρίζει την απουσία άλλων ανεξάρτητων μεταβλητών, και κυρίως την απουσία σταθεράς. Υπενθυμίζεται ότι, όμοια με το γενικό μοντέλο σοβαρότητας ατυχημάτων, είναι δυνατός ο διαχωρισμός των δύο μεταβλητών για τη μελέτη της επιρροής του κάθε μεγέθους ξεχωριστά.

Παρατηρείται ότι ο λογάριθμος του λόγου των κυκλοφοριακών μεγεθών είναι μεταβλητή **στατιστικά σημαντική** με απόλυτη τιμή του δείκτη Wald ίση με 50,656 ($>>1,7$) στο μοντέλο για ώρες εντός αιχμής και 72,228 ($>>1,7$) στο μοντέλο για ώρες εκτός αιχμής. Επίσης και στις δύο περιπτώσεις έχει σημαντικότητα κοντά στο μηδέν ($<0,05$).

Προκύπτει ότι με το διαχωρισμό του δείγματος σε δύο υποσύνολα δεν υπήρξαν ικανές περιπτώσεις ώστε να κριθούν στατιστικά σημαντικές οι μεταβλητές **του τύπου οχήματος και του τύπου ατυχήματος**, οι οποίες εμφανίστηκαν στο προηγούμενο μοντέλο.

Αρκετά **υψηλοί συντελεστές συσχέτισης** εμφανίζονται και στα δύο νέα μοντέλα, με τιμές για το μοντέλο εντός ωρών αιχμής 0,518 ως Cox & Snell R^2 και 0,691 ως Nagelkerke R^2 και για το μοντέλο εκτός ωρών αιχμής 0,520 ως Cox & Snell R^2 και 0,693 ως Nagelkerke R^2 . Οι συντελεστές αυτοί είναι πρακτικά ίσοι και δηλώνουν την ομοιότητα και συγκρισιμότητα που έχουν οι δύο μαθηματικές σχέσεις μεταξύ τους.

Η συνεχιζόμενη **απουσία της σταθεράς** από τις μαθηματικές σχέσεις δηλώνει μη εμφανή ύπαρξη άλλων παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων. Ακόμα ισχύει το προηγούμενο ακραίο παράδειγμα, ότι δηλαδή μηδενική σταθερά σημαίνει ότι είναι δυνατόν η συνάρτηση χρησιμότητας U να λάβει τιμή μηδέν. Αυτό θεωρητικά θα πραγματοποιηθεί για τιμή του λόγου ίση με 1 όχημα/χιλιόμετρο ($\text{Log}1 = 0$). Από την παραπάνω εξίσωση της πιθανότητας αυξημένης σοβαρότητας, προκύπτει ότι ένας παθόντας εμπλεκόμενος σε ένα οδικό με την τιμή του λόγου του κυκλοφοριακού φόρτου προς ταχύτητα ίση με 1 όχημα/χιλιόμετρο έχει πιθανότητα 50% να τραυματιστεί βαριά ή να σκοτωθεί. Για τιμές ακόμα μικρότερες, μεταξύ 0 και 1, η πιθανότητα παθόντα αυξημένης σοβαρότητας μεγαλώνει περισσότερο. Από τον μαθηματικό ορισμό της, η

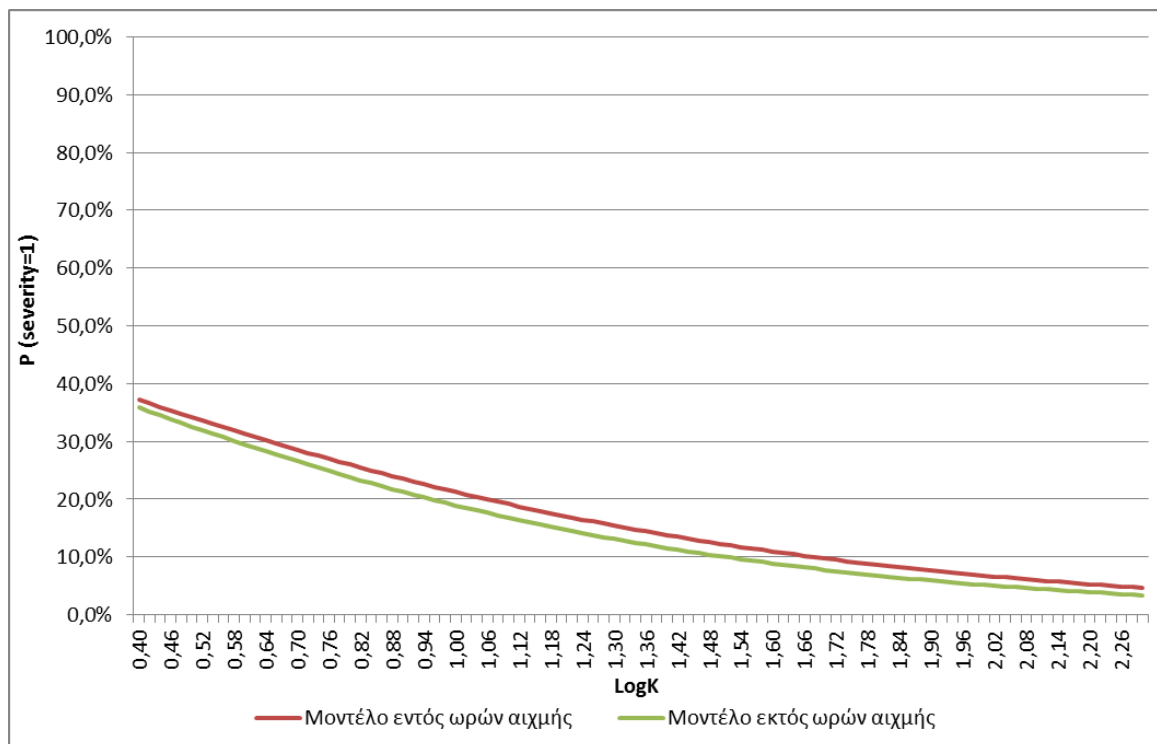
πιθανότητα αυξημένης σοβαρότητας παθόντα δεν λαμβάνει μηδενικές τιμές όταν ως τιμές ανεξάρτητων μεταβλητών εισάγονται κανονικοί αριθμοί (μη-απειροστοί).

Επισημαίνεται ότι, όπως και στο γενικό μοντέλο, τα μοντέλα για ώρες εντός και εκτός αιχμής έχουν νόημα για λόγο κυκλοφοριακών μεγεθών **μεγαλύτερο του μηδενός**, όπως είναι και η φυσική σημασία του. Εάν ο λόγος είναι ακριβώς μηδέν, δηλαδή δεν κυκλοφορούν οχήματα στην οδό, είναι προφανές ότι δε συμβαίνουν ατυχήματα και δεν υπάρχει πιθανότητα παθόντων οποιασδήποτε σοβαρότητας. Η λειτουργία των μοντέλων θεωρεί ως δεδομένο ότι υπήρξε ατύχημα και προβλέπει τη σοβαρότητά του βασιζόμενο στις συνθήκες υπό τις οποίες αυτό συνέβη.

5.4 Σύγκριση μοντέλων σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων

Αντί των αναλύσεων ευαισθησίας και ελαστικότητας στις δύο επιμέρους μορφές του γενικού μοντέλου σοβαρότητας, οι οποίες δεν έχουν νόημα με μία μόνο ανεξάρτητη μεταβλητή, κρίθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθεί **συγκριτική απεικόνιση** των μαθηματικών σχέσεων οι οποίες αναπτύχθηκαν. Με αυτό τον τρόπο οπτικοποιούνται τα αποτελέσματα και προκύπτουν ευκολότερα κάποια συμπεράσματα τα οποία κανονικά θα απαιτούσαν μαθηματική ανάλυση.

Τα δύο επιμέρους μοντέλα παρουσιάζονται και στο διάγραμμα 5.6. Αποφεύχθηκε να παρασταθεί και το γενικό μοντέλο σοβαρότητας, διότι έχει προκύψει από διαφορετική ανάλυση και περιέχει περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές από τα μοντέλα που αφορούν σε ώρες εντός και εκτός αιχμής, οπότε θα απεικονίζοταν μόνο υπό συγκεκριμένες παραδοχές. Παρόλα αυτά, είναι δυνατόν να συγκριθούν τα αποτελέσματα τα οποία προκύπτουν από τις εξισώσεις των μοντέλων.



Διάγραμμα 5.6: Συγκριτική απεικόνιση των επιμέρους μοντέλων σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων

Από τη μαθηματική σύγκριση των τριών μοντέλων και το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούνται τα εξής σημεία:

- Οι πιθανότητες σοβαρά παθόντα **μειώνονται ταχύτερα** στις δύο νέες επιμέρους μορφές του μοντέλου με την αύξηση του λόγου του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα από ότι στο γενικό μοντέλο σοβαρότητας.
- Για **σταθερή τιμή του λόγου των κυκλοφοριακών μεγεθών**, περισσότερες πιθανότητες σοβαρά παθόντα σε οδικό ατύχημα εμφανίζονται από το γενικό μοντέλο σοβαρότητας. Ακολουθεί με αρκετή διαφορά το μοντέλο για ώρες εντός αιχμής, και αρκετά κοντά με αυτό παρουσιάζεται τελευταίο το μοντέλο για ώρες εκτός αιχμής.
- Η **απόκλιση** των δύο νέων επιμέρους μορφών από τις προβλέψεις του γενικού μοντέλου σοβαρότητας αποκτά τη μέγιστη τιμή για λογάριθμο του λόγου των κυκλοφοριακών μεγεθών με τιμή 1,68, ενώ για μεγαλύτερες τιμές τα τρία μοντέλα συγκλίνουν ξανά.

Ως συμπέρασμα από τις μαθηματικές σχέσεις αλλά και το παραπάνω διάγραμμα, προκύπτει αρχικά ότι οι παθόντες που εμπλέκονται σε ατυχήματα εντός ωρών αιχμής έχουν **μεγαλύτερες πιθανότητες** να είναι αυξημένης σοβαρότητας από ότι εκείνοι σε ατυχήματα εκτός ωρών αιχμής. Μολαταύτα, η διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων πιθανοτήτων είναι χαμηλή, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα πως δεν υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ των συνθηκών εντός και εκτός ωρών αιχμής όσον αφορά στη σοβαρότητα οδικών ατυχημάτων.

Επίσης, συμπεραίνεται ότι η **αυξημένη διαφορά** μεταξύ των πιθανοτήτων που προβλέπει το μοντέλο γενικής σοβαρότητας και εκείνων που προβλέπουν οι δύο επιμέρους μορφές του οφείλεται πιθανώς, πέρα από τη μαθηματική εξήγηση, στην απουσία άλλων ανεξάρτητων μεταβλητών. Πράγματι, στο γενικό μοντέλο σοβαρότητας παρατηρήθηκε σημαντική επιρροή του τύπου οχήματος και του τύπου ατυχήματος στη σοβαρότητα των εμπλεκόμενων παθόντων, και η έλλειψή τους ίσως δικαιολογεί την πιο απότομη πτώση στις πιθανότητες αυξημένης σοβαρότητας.

5.5 Ανάπτυξη και εφαρμογή μοντέλων πιθανότητας εμφάνισης ατυχημάτων

Στο ακόλουθο υποκεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία διερεύνησης του πλήθους και είδους των παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν την **πιθανότητα εμφάνισης** οδικών ατυχημάτων. Τα μόνα διαθέσιμα δεδομένα είναι εκείνα των κυκλοφοριακών μεγεθών, τα οποία έχουν αποκτηθεί επ' ευκαιρίας των ατυχημάτων από την περιοχή έρευνας και έχουν συμπληρωθεί με τα γεγονότα μη-ατυχημάτων, όπως εξηγήθηκε στα προηγούμενα. Τα δεδομένα από τα 234 ατυχήματα τα οποία αξιοποιήθηκαν στα προηγούμενα μοντέλα συμπληρώθηκαν από δεδομένα για 406 περιπτώσεις κανονικής ροής (μη-ατυχήματα), και το σύνολο των περιπτώσεων που εξετάζονται ανήλθε σε 640.

Σκοπός της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι η διερεύνηση των συνθηκών υπό τις οποίες προκαλείται ένα οδικό ατύχημα και ο προσδιορισμός της συσχέτισης των παραγόντων που περιγράφουν αυτές τις συνθήκες.

5.5.1 Δεδομένα εισόδου – Καθορισμός μεταβλητών

Για την ανάπτυξη των στατιστικών μοντέλων εξετάστηκαν τα κυκλοφοριακά μεγέθη που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 4. Την κωδικοποίηση και εισαγωγή τους στο ειδικό λογισμικό στατιστικής επεξεργασίας ακολούθησε ο έλεγχος συσχέτισής τους και οι έλεγχοι σημαντικότητάς τους όσον αφορά στο εκάστοτε μοντέλο. Παρατίθενται τα κυκλοφοριακά μεγέθη, που είναι και οι μόνες μεταβλητές, με τις κανονικές και τις λογαριθμικές μορφές τους.

- Εξαρτημένη μεταβλητή

Appearance: εμφάνιση οδικού ατυχήματος

Τιμές:

0 για μη εμφάνιση ατυχήματος,

1 για εμφάνιση ατυχήματος

Κατηγορία: διατεταγμένη μεταβλητή (ordinal variable)

- Ανεξάρτητες μεταβλητές

V: μέση (ωριαία) ταχύτητα οχημάτων οδού

Τιμές:

Αριθμητικές τιμές, μέγεθος μετρούμενο σε χιλιόμετρα/ώρα

Κατηγορία: συνεχής μεταβλητή (scale variable)

Πιθανή παραλλαγή ο λογάριθμός της, **LogV**

Q: μέσος (ωριαίος) κυκλοφοριακός φόρτος οδού

Τιμές:

Αριθμητικές τιμές, μέγεθος μετρούμενο σε οχήματα/ώρα

Κατηγορία: συνεχής μεταβλητή (scale variable)

Πιθανή παραλλαγή ο λογάριθμός του, **LogK**

Διακριτή παραλλαγή:

Qκατ: κατηγοριοποιημένος μέσος (ωριαίος) κυκλοφοριακός φόρτος οδού

Τιμές (με αστερίσκο συμβολίζεται η κατηγορία αναφοράς):

Κωδικοποίηση	Εύρος Τιμών (οχήματα/ώρα)
Q (1)	0000 - 1000
Q (2)	1001 - 2000
Q (3)	2001 - 3000
Q (*)	3001+

Κατηγορία: διατεταγμένη μεταβλητή (ordinal variable)

5.5.2 Παραγωγή περιγραφικής στατιστικής

Για τη διαμόρφωση μιας πληρέστερης εικόνας για την κατανομή και τη διασπορά των τιμών των μεταβλητών, είναι απαραίτητη η **παραγωγή περιγραφικών στατιστικών στοιχείων**, όπως ακριβώς στο προηγούμενο κεφάλαιο. Παρατίθενται τα κυκλοφοριακά μεγέθη, που είναι και οι μόνες μεταβλητές, με τις κανονικές και τις λογαριθμικές μορφές τους. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 5.9 που ακολουθεί:

Μεταβλητές	Συναρτήσεις				
	Πλήθος	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
V	640	14,13	86,19	47,06	15,62
LogV	640	1,15	1,94	1,64	0,16
Q	640	85,81	4514,81	2279,97	860,13
LogQ	640	1,93	3,65	3,32	0,21
Qcat	640	0,00	3,00	1,76	0,85

Πίνακας 5.9: Περιγραφική στατιστική κυκλοφοριακών μεγεθών μοντέλου πιθανότητας εμφάνισης ατυχημάτων

Είναι γενικώς γνωστό ότι τα μεγέθη της ταχύτητας και του κυκλοφοριακού φόρτου ακολουθούν **θεωρητική συσχέτιση**, η οποία όμως δεν είναι γραμμική και δεν απαγορεύει την ταυτόχρονη εισαγωγή τους στα μοντέλα, που είναι και ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας.

5.5.3 Επιλογή της μεθόδου παλινδρόμησης – Παρουσίαση αποτελεσμάτων μοντέλων

Για τη διερεύνηση του εξεταζόμενου ερωτήματος, έχει οριστεί η εμφάνιση (ή όχι) οδικού ατυχήματος ως εξαρτημένη μεταβλητή και λαμβάνει δύο τιμές μόνον (0 για μη εμφάνιση, 1 για εμφάνιση). Συνεπώς, αφού και πάλι η **ανεξάρτητη μεταβλητή είναι διακριτή και λαμβάνει δύο κατηγορίες, εφαρμόζεται η μέθοδος της (διωνυμικής) λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης (binary logistic regression)**, όπως στα τρία προηγούμενα μοντέλα.

Για την αποδοχή του μοντέλου ισχύουν όλα τα θεωρητικά κριτήρια τα οποία έχουν προαναφερθεί, και λόγω ταύτισης των μεθόδων παλινδρόμησης ελέγχονται τα ίδια ακριβώς σημεία με τα προηγούμενα μοντέλα.

Λαμβάνοντας όλα τα προηγούμενα υπόψιν, ακολουθεί ένας μικρός αριθμός δοκιμών ενδεικτικά, τα ενδιάμεσα ευρήματα των μοντέλων για χαμηλές και υψηλές ταχύτητες και έπειτα το **τελικό μοντέλο πιθανότητας εμφάνισης** οδικών ατυχημάτων. Το τελικό μοντέλο προέκυψε ύστερα από εκτεταμένη διερεύνηση των μεταβλητών, της μεθόδου εισαγωγής τους, της προσθήκης σταθεράς ή όχι, της αναλογίας μεταξύ κατηγοριών κ.α. μέσω ενός μεγάλου αριθμού δοκιμών οι οποίες δεν είναι δυνατόν να εμφανιστούν στο πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας. Ο μεγάλος αριθμός αλλά και οι διαφορές μεταξύ των δοκιμών οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το τελικό μοντέλο είναι το καλύτερο δυνατό με βάση τα συγκεκριμένα δεδομένα. Για παράδειγμα, εκτός από το άμεσο μέγεθος του κυκλοφοριακού φόρτου, Q , ερευνήθηκε ο λογάριθμός του, $\log Q$, η δεύτερη δύναμή του, Q^2 , η τρίτη δύναμή του, Q^3 , το γινόμενο του με την ταχύτητα, $V * Q$ και ο λόγος Q/V .

1^η Δοκιμή:

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	811,350 ^a	,044	,061

a. Estimation terminated at iteration number 4 because parameter estimates changed by less than ,001.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	13,909	8	,084

Classification Table ^a					
Observed		Predicted			
		Appearance		Percentage Correct	
		0	1		
Step 1	Appearance	0	387	19	95,3
		1	204	30	12,8
Overall Percentage					65,2

a. The cut value is ,500

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	Counting	-,001	,000	26,797	1	,000	,999
	Velocity	-,011	,006	4,165	1	,041	,989
	Constant	1,258	,421	8,926	1	,003	3,518

a. Variable(s) entered on step 1: Counting, Velocity.

2^η Δοκιμή:

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	819,060 ^a	,101	,135
2	820,094 ^a	,100	,133

a. Estimation terminated at iteration number 1 because parameter estimates changed by less than ,001.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	31,931	8	,000
2	28,761	8	,000

Classification Table ^a				
Observed		Predicted		
		Appearance		Percentage Correct
		0	1	
Step 1	Appearance	0	406	100,0
		1	234	,0
	Overall Percentage			63,4
Step 2	Appearance	0	406	100,0
		1	234	,0
	Overall Percentage			63,4

a. The cut value is ,500

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	V2	,000	,000	1,351	1	,245	1,000
	Q2	,000	,000	25,271	1	,000	1,000
Step 2 ^a	Q2	,000	,000	49,517	1	,000	1,000

a. Variable(s) entered on step 1: V2, Q2.

Variables not in the Equation				
		Score	df	Sig.
Step 2 ^a	Variables	V2	2,415	,120
	Overall Statistics		2,415	,120

a. Variable(s) removed on step 2: V2.

3^η Δοκιμή:

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	810,691 ^a	,045	,062

a. Estimation terminated at iteration number 4 because parameter estimates changed by less than ,001.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	12,573	8	,127

Classification Table ^a					
Observed		Predicted			
		Appearance		Percentage Correct	
		0	1		
Step 1	Appearance	0	379	27	93,3
		1	204	30	12,8
Overall Percentage					63,9

a. The cut value is ,500

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	LogV	-1,149	,533	4,644	1	,031	,317
	LogQ	-2,287	,449	25,948	1	,000	,102
	Constant	8,911	1,945	20,995	1	,000	7411,641

a. Variable(s) entered on step 1: LogV, LogQ.

4^η Δοκιμή:

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	809,461 ^a	,114	,153

a. Estimation terminated at iteration number 4 because parameter estimates changed by less than ,001.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	7,355	8	,499

Classification Table ^a					
Observed		Predicted			
		Appearance		Percentage Correct	
		0	1		
Step 1	Appearance	0	259	147	63,8
		1	112	122	52,1
Overall Percentage					59,5

a. The cut value is ,400

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	Counting by Velocity	,000	,000	28,326	1	,000	1,000
	LogV	,391	,143	7,529	1	,006	1,478

a. Variable(s) entered on step 1: Counting * Velocity , LogV.

5^η Δοκιμή:

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	807,383 ^a	,117	,156

a. Estimation terminated at iteration number 3 because parameter estimates changed by less than ,001.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	11,545	8	,173

Classification Table ^a				
Observed		Predicted		
		Appearance		Percentage Correct
Step 1	Appearance	0	1	66,3
		0	269		137	51,7
	1	113	121	60,9
	Overall Percentage			

a. The cut value is ,395

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	Velocity	,014	,004	9,489	1	,002	1,014
	Counting by Velocity	,000	,000	33,694	1	,000	1,000

a. Variable(s) entered on step 1: Velocity, Counting * Velocity .

Μετά από εκτενή διερεύνηση όλων των διαθέσιμων παραγόντων προέκυψε ότι με κατάλληλο διαχωρισμό των δεδομένων είναι δυνατόν να αναπτυχθούν αξιολογικά μαθηματικά μοντέλα. Αυτό συμβαίνει πιθανότατα λόγω της **έντονης μη-γραμμικότητας** των στοιχείων τα οποία έχουν συλλεχθεί. Επιλέχθηκε συνεπώς ο διαχωρισμός των περιπτώσεων με βάση την ταχύτητά τους, σε δύο ομάδες:

περιπτώσεις χαμηλών ταχυτήτων (κάτω από 50 χμ/ώρα) και περιπτώσεις υψηλών ταχυτήτων (από 50 χμ/ώρα και άνω). Η επιλογή του συγκεκριμένου ορίου έγινε τόσο για στατιστικούς λόγους (όμοιες τάξεις μεγέθους μεταξύ των δύο συνόλων) όσο και λόγω του ότι αποτελεί το όριο ταχύτητας εντός αστικών περιοχών, οπότε είναι σημείο ερευνητικού ενδιαφέροντος. Από αυτό το διαχωρισμό προέκυψαν δύο επιμέρους μοντέλα πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος:

Μοντέλο πιθανότητας εμφάνισης οδικών ατυχημάτων χαμηλών ταχυτήτων (ταχύτητες < 50 km/h):

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	462,363 ^a	,067	,089

a. Estimation terminated at iteration number 3 because parameter estimates changed by less than ,001.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	6,794	8	,559

Classification Table ^a					
Observed			Predicted		
			Appearance		Percentage Correct
Step	Appearance	0	1		
1	0	129	91	58,6	
	1	64	67	51,1	
Overall Percentage				55,8	

a. The cut value is ,370

Variables in the Equation							
	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	
Step 1 ^a	Log(Q/V)	-,287	,059	23,354	1	,000	,750

a. Variable(s) entered on step 1: Log(Q/V).

Μοντέλο πιθανότητας εμφάνισης οδικών ατυχημάτων υψηλών ταχυτήτων (ταχύτητες ≥ 50 km/h):

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	354,208 ^a	,148	,198

a. Estimation terminated at iteration number 4 because parameter estimates changed by less than ,001.

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	5,757	8	,674

Classification Table ^a					
Observed			Predicted		
			Appearance		Percentage Correct
Step	Appearance	0	1		
1	0	137	49	73,7	
	1	51	52	50,5	
Overall Percentage					65,4

a. The cut value is ,375

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	LogQ	-2,219	,488	20,641	1	,000	,109
	LogV	3,674	,881	17,398	1	,000	39,392

a. Variable(s) entered on step 1: LogQ, LogV.

Στα **μοντέλα** για την πιθανότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων μετά το διαχωρισμό σε υψηλές και χαμηλές ταχύτητες παρατηρούνται τα εξής:

- Στο μοντέλο χαμηλών ταχυτήτων εμφανίζεται ο λογάριθμος του λόγου του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα ως στατιστικά σημαντική **ανεξάρτητη μεταβλητή**.
- Στο μοντέλο υψηλών ταχυτήτων εμφανίζονται τα κυκλοφοριακά μεγέθη της ταχύτητας και του κυκλοφοριακού φόρτου ως στατιστικά σημαντικές **ανεξάρτητες μεταβλητές**.
- Όλοι οι **στατιστικοί έλεγχοι ικανοποιούνται** για τις μεταβλητές (Wald πάνω από 1,7 και sig μικρότερο του 0,05) αλλά και για το μοντέλο (Hosmer and Lemeshow test μεγαλύτερο του 0,05).
- Το τελικά μοντέλα έχουν μέτριο **LRT**, αλλά καλύτερο από τα αρχικά μοντέλα, τα οποία δεν εμφανίστηκαν.
- Παρατηρείται ότι **δεν περιλαμβάνεται σταθερά** στα μοντέλα, καθώς όλες οι δοκιμές οι οποίες πραγματοποιήθηκαν και περιελάμβαναν σταθερό όρο οδηγούσαν σε μη αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Η **πιθανότητα σωστής πρόβλεψης** εμφάνισης ενός οδικού ατυχήματος με τη χρήση του συγκεκριμένου μοντέλου ανέρχεται σε 58,6% για την κατηγορία μη εμφάνισης (0), 51,1% για την κατηγορία εμφάνισης (1) και 55,8% για το σύνολο των προβλέψεων για το μοντέλο χαμηλών ταχυτήτων. Αντίστοιχα, 73,7% για την κατηγορία μη εμφάνισης (0), 50,5% για την κατηγορία εμφάνισης (1) και 65,4% για το σύνολο των προβλέψεων για το μοντέλο υψηλών ταχυτήτων.
- Η **μέθοδος εισαγωγής των μεταβλητών** δεν παίζει κάποιο ρόλο λόγω ύπαρξης μόνο μίας ανεξάρτητης μεταβλητής στο μοντέλο χαμηλών ταχυτήτων. Στο μοντέλο υψηλών ταχυτήτων, τα αποτελέσματα δεν φαίνεται να διαφοροποιούνται.

5.5.4 Περιγραφή αποτελεσμάτων μοντέλων χαμηλών και υψηλών ταχυτήτων

Μετά από τις δοκιμές προέκυψαν τα τελικά επιμέρους μοντέλα πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος, τα οποία εξαρτούν την πιθανότητα εμφάνισης με τις διάφορες κατηγορίες του κυκλοφοριακού φόρτου. Για το μοντέλο χαμηλών ταχυτήτων, η **μαθηματική διατύπωση** προκύπτει ως εξής:

$$U = -0,287 * \text{Log}(Q/V)$$

Είναι επιθυμητό τα δύο επιμέρους μοντέλα να είναι **συγκρίσιμα**. Χρησιμοποιώντας τις βασικές ιδιότητες των λογαρίθμων, η άνω σχέση μετασχηματίζεται ως εξής:

$$U = 0,287 * \text{Log}V - 0,287 * \text{Log}Q, \quad \text{για } V < 50 \text{ km/h}$$

Για το μοντέλο υψηλών ταχυτήτων, η μαθηματική διατύπωση προκύπτει απευθείας ως εξής:

$$U = 3,674 * \text{Log}V - 2,219 * \text{Log}Q, \quad \text{για } V \geq 50 \text{ km/h}$$

Ομοίως με τα προηγούμενα μοντέλα, με U συμβολίζεται η συνάρτηση χρησιμότητας (utility function), η οποία στις συγκεκριμένες περιπτώσεις λαμβάνει τιμές ίσες ή μικρότερες του μηδενός. Η **πιθανότητα να εμφανιστεί** ένα οδικό ατύχημα εξαρτάται άμεσα από το U και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$P_{(\text{appearance}=1)} = \frac{e^U}{(e^U + 1)}$$

Αντίθετα με τα προηγούμενα μοντέλα, η συνάρτηση χρησιμότητας U λαμβάνει **θετικές και αρνητικές** τιμές, με την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος να μεταβάλλεται ομόσημα.

Η αναζήτηση για μια **καλύτερη** απεικόνιση του φαινομένου όπως αυτό παρουσιάζεται στην πραγματικότητα συνεχίστηκε μετά την ανάπτυξη των μοντέλων υψηλών και χαμηλών ταχυτήτων. Στη συνέχεια εξετάζεται η συσχέτιση της

πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος μόνο με τον κατηγοριοποιημένο κυκλοφοριακό φόρτο, και με την ανάλυση αυτού του είδους αναπτύχθηκε το τελικό μοντέλο πιθανότητας εμφάνισης οδικών ατυχημάτων.

Τελικό μοντέλο πιθανότητας εμφάνισης οδικών ατυχημάτων:

Categorical Variables Codings					
		Frequency	Parameter coding		
			(1)	(2)	(3)
Qcat	0-1000	50	1,000	0,000	0,000
	1001-2000	176	0,000	1,000	0,000
	2001-3000	290	0,000	0,000	1,000
	3000+	124	0,000	0,000	0,000

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	816,690 ^a	,036	,050
a. Estimation terminated at iteration number 3 because parameter estimates changed by less than ,001.			

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	,000	2	1,000

Classification Table ^a				
Observed		Predicted		
		Appearance		Percentage Correct
		0	1	
Step 1	Appearance	0	1	
		291	115	71,7
	Appearance	1	0	
		123	111	47,4
Step 1	Overall Percentage			62,8
a. The cut value is ,315				

Variables in the Equation							
	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	
Step 1 ^a	Qcat		23,556	3	,000		
	Qcat(1)	,897	,344	6,812	1	,009	2,452
	Qcat(2)	,749	,246	9,232	1	,002	2,114
	Qcat(3)	-,064	,234	,074	1	,785	,938
	Constant	-,817	,195	17,581	1	,000	,442

a. Variable(s) entered on step 1: Qcat.

Στο **τελικό μοντέλο** για την πιθανότητα εμφάνισης οδικών ατυχημάτων παρατηρούνται τα εξής:

- Στο μοντέλο εμφανίζεται μόνο ο κυκλοφοριακός φόρτος ως **κατηγοριοποιημένη ανεξάρτητη μεταβλητή**. Η κατηγορία αναφοράς είναι η ομάδα κυκλοφοριακών φόρτων πάνω από 3.000 οχήματα/ώρα.
- Όλοι οι **στατιστικοί έλεγχοι ικανοποιούνται** για τις μεταβλητές (Wald πάνω από 1,7 και sig μικρότερο του 0,05) αλλά και για το μοντέλο (Hosmer and Lemeshow test μεγαλύτερο του 0,05).
- Το τελικό μοντέλο έχει μέτριο **LRT**, αλλά καλύτερο από τα αρχικά μοντέλα, τα οποία δεν εμφανίστηκαν.
- Αντίθετα με τα προηγούμενα, το μοντέλο **περιλαμβάνει σταθερά**, η οποία αναπαριστά τους παράγοντες οι οποίοι δεν εκφράστηκαν μέσω κάποιας μεταβλητής.
- Η **πιθανότητα σωστής πρόβλεψης** εμφάνισης ενός οδικού ατυχήματος με τη χρήση του συγκεκριμένου μοντέλου ανέρχεται σε 71,7% για την κατηγορία μη εμφάνισης (0), 47,4% για την κατηγορία εμφάνισης (1) και 62,8% για το σύνολο των προβλέψεων.
- Η **μέθοδος εισαγωγής των μεταβλητών** δεν παίζει κάποιο ρόλο λόγω ύπαρξης μόνο μίας ανεξάρτητης μεταβλητής.

5.5.5 Περιγραφή αποτελεσμάτων τελικού μοντέλου πιθανότητας εμφάνισης ατυχημάτων

Μετά από τις δοκιμές προέκυψε το τελικό μοντέλο πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος, το οποίο εξαρτά την πιθανότητα εμφάνισης με τις διάφορες κατηγορίες του κυκλοφοριακού φόρτου. Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης προκύπτει ότι η προτελευταία κατηγορία φόρτου (2.001 έως 3.000 οχήματα/ώρα) δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από την κατηγορία αναφοράς λόγω της μεγάλης σημαντικότητάς της ($0,785 > 0,05$) και της μικρής τιμής του Wald test της ($0,074 < 1,7$).

Η μαθηματική διατύπωση του μοντέλου προκύπτει ως εξής:

$$U = 0,897 * Q_{(1)} + 0,749 * Q_{(2)} - 0,817$$

Όπως και στα προηγούμενα μοντέλα, με U συμβολίζεται η συνάρτηση χρησιμότητας (utility function), η οποία στις συγκεκριμένες περιπτώσεις λαμβάνει τιμές ίσες ή μικρότερες του μηδενός. Η **πιθανότητα να εμφανιστεί** ένα οδικό ατύχημα εξαρτάται άμεσα από το U και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$P_{(appearance=1)} = \frac{e^U}{(e^U + 1)}$$

Αντίθετα με τα προηγούμενα μοντέλα, η συνάρτηση χρησιμότητας U λαμβάνει **θετικές και αρνητικές** τιμές, με την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος να μεταβάλλεται ομόσημα.

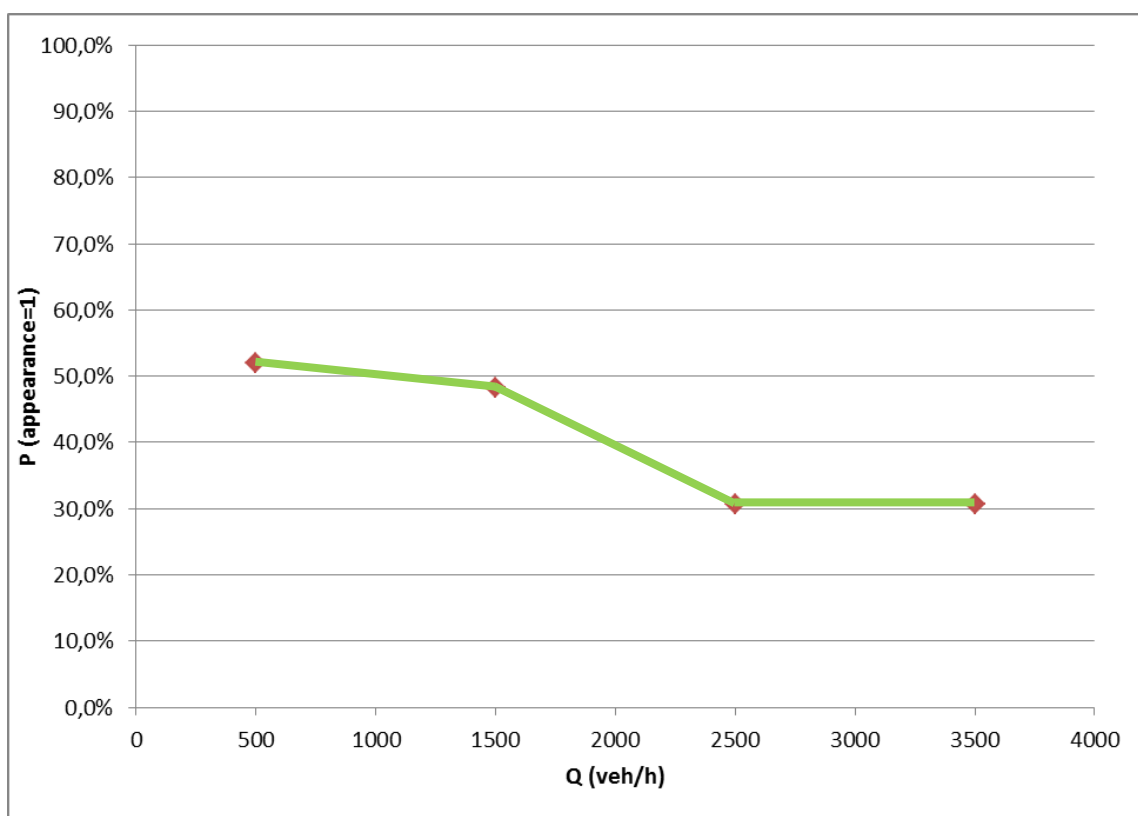
5.5.6 Εξήγηση αποτελεσμάτων τελικού μοντέλου

Η εξήγηση των αποτελεσμάτων του μοντέλου πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος πραγματοποιείται μέσω της **κατανόησης της επιρροής** του κυκλοφοριακού φόρτου στη ροή των οχημάτων. Αρχικά αναφέρεται ότι από τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία και τις αναλύσεις οι οποίες προηγήθηκαν, έγινε σαφές ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος έχει μη-γραμμική σχέση με την πιθανότητα εμφάνισης

οδικού ατυχήματος. Αυτός ήταν και ο κύριος λόγος του διαχωρισμού του κυκλοφοριακού φόρτου σε κατηγορίες.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται σε μορφή διαγράμματος η **απεικόνιση των αποτελεσμάτων** του μοντέλου. Από τη μαθηματική σχέση του μοντέλου προκύπτουν τέσσερα σημεία, τα οποία ενώνονται με ευθύγραμμα τμήματα. Η γραμμική ένωση μεταξύ των σημείων επιλέχθηκε περισσότερο για να απεικονίσει την τάση η οποία παρουσιάζεται από το μοντέλο για τις διάφορες κατηγορίες κυκλοφοριακού φόρτου και λιγότερο ως ακριβής διατύπωση, διότι πέρα από τα τέσσερα σημεία, για τα ενδιάμεσα στάδια δεν υπάρχουν αριθμητικά αποτελέσματα.

Τα σημεία που αναπαριστούν την πιθανότητα ατυχήματος για κάθε κατηγορία τοποθετούνται στον μέσο όρο του συνόλου των τιμών της κατηγορίας τους. Για παράδειγμα, το σημείο της κατηγορίας κυκλοφοριακού φόρτου $Q_{(2)}$ (από 1.001 έως 2.000 οχήματα/ώρα) τοποθετείται στα 1.500 οχήματα/ώρα.



Διάγραμμα 5.7: Πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος εξαρτώμενη από τις κατηγορίες κυκλοφοριακού φόρτου

Από τη μαθηματική σχέση η οποία περιγράφει το μοντέλο και το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ότι, **για μικρούς κυκλοφοριακούς φόρτους**, η αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου συνεπάγεται ελάχιστη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος, ίσως και αρκετά μικρή ώστε να θεωρηθεί και αμελητέα και το πρώτο σκέλος της τεθλασμένης γραμμής του διαγράμματος 5.7 να θεωρηθεί οριζόντιο. Αυτό το αποτέλεσμα εξηγείται μέσω της εικόνας της ροής. Μέχρι και τα 1500 οχήματα ανά ώρα (ή 500 οχήματα ανά ώρα ανά λωρίδα στη λεωφόρο Κηφισίας) έχουμε κατάσταση κίνησης με ταχύτητα ελεύθερης ροής με μικρή αλληλεπίδραση μεταξύ των οχημάτων (τυχαίες αφίξεις οχημάτων). Συνεπώς οποιαδήποτε μεταβολή του κυκλοφοριακού φόρτου δεν παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην πιθανότητα εμφάνισης ατυχημάτων. Η μικρή μείωση της πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος αντικατοπτρίζει τη σταδιακή έναρξη των αλληλεπιδράσεων μεταξύ οχημάτων.

Στη συνέχεια, **για μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους** παρουσιάζεται μια έντονη πτωτική τάση στην πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος. Αυτό το ευθύγραμμο τμήμα αναπαριστά τη φάση όπου τα οχήματα μεταβαίνουν από την κατάσταση ελεύθερης ροής σε ροή σε ουρά. Προκύπτει συνεπώς ότι έχοντας αυξηθεί επαρκώς ο κυκλοφοριακός φόρτος στο συγκεκριμένο στάδιο (από 1500 έως 2500 οχήματα ανά ώρα), τα οχήματα αρχίζουν και αλληλεπιδρούν εμφανώς. Η μείωση στην πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος δικαιολογείται με βάση τη μείωση της ταχύτητας και την ελάττωση των αρνητικών συνεπειών της. Όπως έχει προαναφερθεί στην παρούσα Διπλωματική Εργασία αλλά και σε έρευνες διεθνώς, η αύξηση στην ταχύτητα μειώνει τον χρόνο αντίδρασης των οδηγών και την ικανότητα ελιγμών των οχημάτων, ενώ αυξάνει την απόσταση πέδησης και την ενέργεια πιθανής σύγκρουσης.

Τέλος, για **μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους** παρουσιάζεται μια οριζόντια περιοχή στο διάγραμμα. Προκύπτει ότι για την ροή κοντά στον κορεσμό, σε τιμές φόρτου κοντά στην κυκλοφοριακή ικανότητα, η πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος σταθεροποιείται σε συγκεκριμένη τιμή. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα εξηγείται λογικά, διότι όταν η κυκλοφορία των οχημάτων φτάσει σε καταστάσεις κορεσμού υπάρχουν χαμηλές ταχύτητες κίνησης και τα ατυχήματα με παθόντες μειώνονται κατά πολύ. Όσα ατυχήματα με παθόντες καταγράφονται συνήθως προκύπτουν από δίκυκλα, τα οποία έχουν αυξημένη ικανότητα ελιγμών μέσω της κυκλοφορίας, ενώ τα υπόλοιπα ατυχήματα έχουν υλικές ζημιές μόνο. Συνεπώς από την τιμή των 2500

οχημάτων την ώρα και άνω οι μεταβολές του κυκλοφοριακού φόρτου δεν επηρεάζουν την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι πέρα από το όριο του κορεσμού η τιμή της πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος σταθεροποιείται και δεν έχει σημασία πόσα ακριβώς οχήματα κυκλοφορούν στην οδό για την πρόβλεψη κάποιου οδικού ατυχήματος.

Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να τονιστεί το γεγονός ότι, λόγω των **περιορισμών των δεδομένων** από την περιοχή έρευνας, δεν είναι γνωστή η ακριβής εξέλιξη του υπό μελέτη φαινομένου για κυκλοφοριακούς φόρτους μεγαλύτερους από τους καταγεγραμμένους στις εξεταζόμενες περιπτώσεις. Θα ήταν κατά συνέπεια σκόπιμο σε επόμενη έρευνα να εξεταστούν και υψηλότεροι κυκλοφοριακοί φόρτοι.

Με τις παρούσες μετρήσεις, το διάγραμμα 5.7 φαίνεται να εμφανίζει **ομοιότητες** με το πρώτο σκέλος της καμπύλης του θεμελιώδους διαγράμματος της οδικής ασφάλειας το οποίο παρουσιάζει τον δείκτη ατυχημάτων σε συνάρτηση με την Ε.Μ.Η.Κ. και έχει σχήμα μορφής U . Η καμπύλη εκείνη όμως αναφέρεται σε υπεραστικές οδούς, οπότε οι όποιες διαφοροποιήσεις είναι αναμενόμενες.

Τελικώς, το τελικό μοντέλο (όπως και τα μοντέλα χαμηλών και υψηλών ταχυτήτων) **γίνεται αποδεκτό** διότι ικανοποιεί τους στατιστικούς ελέγχους και τα κριτήρια που έχουν τεθεί στα προηγούμενα. Ο σχετικά χαμηλός δείκτης R^2 δεν μπορεί να αποτελέσει ικανή αιτία απόρριψης από μόνος του, διότι είναι δευτερεύουσας σημασίας στη λογιστική παλινδρόμηση. Περισσότερο σωστό θα ήταν να θεωρηθεί ως μια ένδειξη ότι το φαινόμενο δεν έχει περιγραφεί πλήρως, και ότι πιθανώς άλλοι παράγοντες, πέρα από τα συλλεχθέντα κυκλοφοριακά δεδομένα, απαιτούνται για τον πλήρη καθορισμό των συνθηκών πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος. Παρόλα αυτά, ο στόχος και το πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η συσχέτιση των κυκλοφοριακών μεγεθών με την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος, και θεωρείται ότι αυτός ο στόχος επιτυγχάνεται με το συγκεκριμένο μοντέλο.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Σύνοψη Αποτελεσμάτων

Η συσχέτιση οδικών ατυχημάτων και κυκλοφοριακών μεγεθών αποτελεί ένα ιδιαίτερα σύνθετο φαινόμενο που απασχολεί επί δεκαετίες την επιστημονική κοινότητα. Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η προσπάθεια **συσχέτισης των κυκλοφοριακών μεγεθών με τη σοβαρότητα οδικών ατυχημάτων, αλλά και με την πιθανότητα εμφάνισής τους.**

Για **πρώτη φορά** στην Ελλάδα επιχειρείται η συσχέτιση της σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων και της πιθανότητας εμφάνισής τους με συνδυασμένα στοιχεία κυκλοφοριακού φόρτου και ταχύτητας σε μακροσκοπικό επίπεδο. Για την διερεύνηση της πιθανότητας εμφάνισης ατυχημάτων, πραγματοποιήθηκε η από κοινού εξέταση χρονικών περιόδων με και χωρίς ατυχήματα.

Αντίθετα με τις περισσότερες έρευνες παρόμοιου τύπου, οι οποίες προσεγγίζουν τα ερωτήματα συσχετίζοντας κάθε κυκλοφοριακό μέγεθος ξεχωριστά, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματοποιείται η **ταυτόχρονη συσχέτιση** των επιμέρους κυκλοφοριακών μεγεθών (ταχύτητα, κυκλοφοριακός φόρτος) με τη σοβαρότητα ατυχήματος, και διερευνάται η ταυτόχρονη συσχέτιση με την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος. Η ταυτόχρονη συσχέτιση επιδιώχθηκε διότι επιτρέπει την καλύτερη περιγραφή των σύνθετων αυτών φαινομένων

Η **σοβαρότητα** ορίζεται ανά παθόντα οδικού ατυχήματος. Δηλαδή, θεωρείται μειωμένη (τιμή=0) όταν ο παθόντας είναι ελαφρά τραυματίας από το ατύχημα, και αυξημένη (τιμή=1) όταν ο παθόντας είναι νεκρός ή βαριά τραυματίας από το ατύχημα.

Αποφασίστηκε η έρευνα να πραγματοποιηθεί σε μακροσκοπικό επίπεδο με περιοχή μελέτης μία αστική λεωφόρο. Για αυτό τον σκοπό επιλέχθηκε η λεωφόρος Κηφισίας στην Αθήνα για περίοδο έρευνας την πενταετία 2006-2010. Για τη **συλλογή των απαραίτητων δεδομένων**, προσδιορίστηκε ο αριθμός και τα χαρακτηριστικά των οδικών ατυχημάτων μέσω του Συστήματος Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων (Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.) του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Ε.Μ.Π..

Μέσω αυτών των στοιχείων ανακτήθηκαν, για όσα ατυχήματα ήταν δυνατόν να καθοριστεί η ακριβής θέση, κυκλοφοριακά δεδομένα από το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Κ.Δ.Κ.) σε ωριαία βάση.

Για τη **στατιστική επεξεργασία** των αποκτηθέντων δεδομένων και την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων για τη σοβαρότητα αλλά και την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος επιλέχθηκε, μετά από διερεύνηση, η μέθοδος της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης (logistic regression). Κύριος λόγος για αυτή την επιλογή ήταν ότι και τις δύο φορές οι ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν διακριτές και λάμβαναν τιμές ανάμεσα σε δύο κατηγορίες.

Από τη **στατιστική ανάλυση προέκυψαν** τα τελικά μαθηματικά μοντέλα που αποτυπώνουν τη συσχέτιση μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν. Επισημαίνεται ότι η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών του γενικού μοντέλου σοβαρότητας ατυχημάτων στην εξαρτημένη μεταβλητή της σοβαρότητας παθόντα προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της σχετικής επιρροής.

Η **σχετική επιρροή** χρησιμοποιήθηκε ως μέγεθος ικανό να αναδείξει την επιρροή της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά. Ο υπολογισμός της βασίστηκε στη θεωρία της ψευδοελαστικότητας, επειδή η εξαρτημένη μεταβλητή ήταν διακριτή.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζεται η επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο τελικό γενικό μοντέλο σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων και οι τιμές των συντελεστών τους, β_i , για τα τρία μοντέλα σοβαρότητας και το τελικό μοντέλο εμφάνισης ατυχημάτων.

Ανεξάρτητες μεταβλητές		Γενικό μοντέλο σοβαρότητας			Μοντέλο σοβαρότητας εντός ωρών αιχμής	Μοντέλο σοβαρότητας εκτός ωρών αιχμής
		β_i	Σχετική Επιρροή			
			e_i	e_i^*	β_i	β_i
Λογάριθμος (κυκλοφοριακός φόρτος προς ταχύτητα)		-0,510	-0,556	-1,000	-1,309	-1,454
Τύποι οχημάτων	Δίκυκλο	-1,525	-0,718	-1,291		
Τύποι ατυχημάτων	Εκτροπή από την οδό	-2,056	-0,829	-1,490		
	Νωτομετωπική σύγκρουση	-1,751	-0,771	-1,387		

Πίνακας 6.1: Συντελεστές β_i και σχετική επιρροή ανεξάρτητων μεταβλητών στα μοντέλα σοβαρότητας ατυχημάτων

Κατηγορίες Κυκλοφοριακού Φόρτου (Εύρος Τιμών [οχ./ώρα])	Συντελεστές β_i
Qcat(1) (0000-1000)	0,897
Qcat(2) (1001-2000)	0,749
Qcat(3) (2001-3000) και Qcat(*) (3001+)	0,000

Πίνακας 6.2: Συντελεστές β_i κατηγοριών κυκλοφοριακού φόρτου στο μοντέλο πιθανότητας εμφάνισης ατυχημάτων

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτει για το γενικό μοντέλο σοβαρότητας το είδος και το μέγεθος της επιρροής που έχει κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή στην εξαρτημένη. Για τα υπόλοιπα μοντέλα παρουσιάζονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές οι οποίες τελικώς βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές στην προσπάθεια πρόβλεψης της εξαρτημένης. Τα αποτελέσματα της παραπάνω ανάλυσης οδήγησαν σε μια **σειρά συμπερασμάτων** που παρουσιάζονται στο επόμενο υποκεφάλαιο.

6.2 Συνολικά Συμπεράσματα

Κατά τα διάφορα στάδια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν χρήσιμα αποτελέσματα τα οποία συνδέονται άμεσα με τους αρχικούς στόχους και τα ερωτήματά της. Στο παρόν υποκεφάλαιο επιχειρείται να δοθεί απάντηση στα ερωτήματα αυτά, με σύνθεση των αποτελεσμάτων των προηγούμενων κεφαλαίων. Έτσι, τα **γενικά συμπεράσματα** συνοψίζονται ως εξής:

1. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι **ο λόγος του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα έχει ευθεία επιρροή στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων**. Επιπλέον, η σοβαρότητα των ατυχημάτων εξαρτάται από τον τύπο οχήματος και τον τύπο ατυχήματος όταν τα δεδομένα εξετάζονται συνολικά (γενικό μοντέλο σοβαρότητας). Όταν τα ατυχήματα εξεταστούν χωριστά, δηλαδή εντός και εκτός ωρών αιχμής, η σοβαρότητα των ατυχημάτων εξαρτάται μόνο από τον λόγο των παραπάνω κυκλοφοριακών μεγεθών.
2. Και στα τρία μαθηματικά μοντέλα στατιστικής ανάλυσης της σοβαρότητας ατυχήματος προκύπτει τελικώς ότι **αύξηση του λόγου του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα οδηγεί σε μείωση της σοβαρότητας στα οδικά ατυχήματα**. Επιπλέον, είναι δυνατόν να διαχωριστεί μέσω των ιδιοτήτων των λογαρίθμων ο λόγος στα αρχικά μεγέθη της ταχύτητας και του κυκλοφοριακού φόρτου ώστε να μελετηθεί ξεχωριστά η επιρροή του καθενός.
3. Ο **βαθμός επιρροής** των εξετασθέντων παραμέτρων στη σοβαρότητα παθόντων οδικών ατυχημάτων προέκυψε από τη θεωρία της ψευδοελαστικότητας. Από την ανάλυση αυτή προέκυψαν τα εξής:
 - Τη μεγαλύτερη επιρροή στη σοβαρότητα παθόντων οδικών ατυχημάτων έχουν συγκεκριμένοι τύποι ατυχημάτων. Ειδικότερα, η εκτροπή από την οδό και η νωτομετωπική σύγκρουση εμφανίζονται να μειώνουν περισσότερο τις πιθανότητες για σοβαρά παθόντα. Αυτό το αποτέλεσμα ενδεχομένως εξηγείται από τη φυσική των οδικών ατυχημάτων και τη μορφή των συγκρούσεων.

- Την αμέσως μικρότερη επιρροή εμφανίζουν τα οχήματα τα οποία ανήκουν στην κατηγορία των δικύκλων. Η μείωση στη σοβαρότητα παθόντα με την εμφάνιση αυτής της μεταβλητής ενδεχομένως εξηγείται από την εμφάνιση πολλών μικροατυχημάτων με δίκυκλα στην περιοχή έρευνας, τα οποία έχουν αυξημένο αριθμό ελαφρά τραυματιών σε σχέση με τον αριθμό των νεκρών και των τραυματιών.
 - Τα κυκλοφοριακά μεγέθη, του λόγου του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ταχύτητα παρουσιάζουν τη μικρότερη σχετική επιρροή στη σοβαρότητα παθόντων οδικών ατυχημάτων. Αυτό σε μια πρώτη ανάγνωση καταδεικνύει το γεγονός ότι οι τύποι των οχημάτων και ατυχημάτων επηρεάζουν περισσότερο τη συχνότητα εμφάνισης της κάθε κατηγορίας παθόντων σε ένα ατύχημα.
4. Επιπλέον, **στα επιμέρους μοντέλα για τις ώρες εντός και εκτός αιχμής εμφανίζεται μόνο ο λόγος των κυκλοφοριακών μεγεθών ως στατιστικά σημαντική μεταβλητή** για τη σοβαρότητα των παθόντων. Συνεπώς συμπεραίνεται ότι τα μεγέθη τα οποία περιγράφουν την κυκλοφορία στην οδό παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην περιγραφή της συχνότητας εμφάνισης της κάθε κατηγορίας παθόντων σε ένα ατύχημα.
5. Αξίζει να αναφερθεί ότι εξετάστηκαν **αρκετές ανεξάρτητες μεταβλητές** οι οποίες αποκτήθηκαν μέσω του Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α. αλλά τελικά δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές ώστε να συμπεριληφθούν σε κάποιο μοντέλο. Αυτές είναι η ώρα ατυχήματος, το έτος ατυχήματος, ο αριθμός λωρίδων ατυχήματος, οι συνθήκες φωτισμού ατυχήματος, ο νυχτερινός φωτισμός ατυχήματος, οι ατμοσφαιρικές συνθήκες ατυχήματος, το πλάτος οδοστρώματος, η ηλικία οδηγού και το φύλο οδηγού και η κατάληψη της οδού.
6. **Η στατιστική ανάλυση έδειξε επίσης ότι η πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος εξαρτάται από τον κυκλοφοριακό φόρτο.** Παρά το γεγονός ότι εξετάστηκαν πολλές μεταβλητές σε διάφορες μορφές, η ανάλυση έδειξε ότι ο κατηγοριοποιημένος κυκλοφοριακός φόρτος είναι η μόνη μορφή των κυκλοφοριακών δεδομένων η οποία συσχετίζεται με την πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος και οδηγεί σε στατιστικά σημαντικό μοντέλο.

7. Σε χαμηλούς **κυκλοφοριακούς φόρτους**, η αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου οδηγεί σε οριακή μείωση της πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος. Σε μεσαίες τιμές του κυκλοφοριακού φόρτου εμφανίζεται πτώση της πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος. Από ένα σημείο και έπειτα, για μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους, η πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος σταθεροποιείται.
8. Κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας επιβεβαιώθηκε ότι η επιρροή των κυκλοφοριακών μεγεθών στη σοβαρότητα και στην πιθανότητα των οδικών ατυχημάτων αποτελεί **πολυσύνθετο φαινόμενο**, για το οποίο μάλιστα τα αποτελέσματα των ερευνών διεθνώς δεν συγκλίνουν πάντα.
9. Τα αποτελέσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι **δυνατό να γενικευτούν** ώστε να ισχύουν σε άλλες περιοχές εκτός από την περιοχή έρευνας. Πριν από οποιαδήποτε γενίκευση όμως, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν απαραίτητες προσαρμογές για πιθανές διαφοροποιήσεις στον τύπο της οδού και της κυκλοφορίας.

6.3 Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας

Με βάση με τα αποτελέσματα και τα συνολικά συμπεράσματα που εξάχθηκαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας αυτής, επιχειρείται η παράθεση μιας **σειράς προτάσεων**, οι οποίες ενδεχομένως να συμβάλουν στη βελτίωση της διαχείρισης της κυκλοφορίας καθώς και στην αύξηση του επιπέδου οδικής ασφάλειας των χρηστών των οδών όμοιων με την περιοχή έρευνας αλλά και γενικότερα.

1. **Έλεγχος της ταχύτητας** την οποία αναπτύσσουν οι οδηγοί, ειδικά σε ώρες και οδικά τμήματα με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Ο έλεγχος αυτός είναι δυνατόν να πραγματοποιείται με ηλεκτρονικά μέσα, τα οποία πιθανόν να προγραμματιστούν ώστε να είναι αυστηρότερα κατά τα διαστήματα υψηλού κινδύνου. Σε περίπτωση ανάγκης μείωσης των ταχυτήτων, αυτή μπορεί να πραγματοποιείται μέσω μηνυμάτων από πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων ή μέσω εντατικοποίησης της αστυνόμευσης.

2. **Ενεργή ενημέρωση των οδηγών** για τους κινδύνους που περιέχονται σε κάθε κυκλοφοριακή κατάσταση και τύπο ατυχήματος, με έμφαση στις αποστάσεις ασφαλείας και την ασφαλή οδήγηση χωρίς υψηλές ταχύτητες. Δημοσιοποίηση δηλαδή αποτελεσμάτων συναφών με εκείνα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας για το ευρύ κοινό.
3. **Μέτρα διαχείρισης της κυκλοφορίας.** Ενθάρρυνση της χρήσης περιφερειακών οδών και μέσων μαζικής μεταφοράς και «στραγγαλισμός» της διαμπερούς κυκλοφορίας η οποία διέρχεται σε μεγάλο βαθμό από τις κεντρικές αστικές λεωφόρους.
4. **Βελτίωση της σήμανσης και της σηματοδότησης.** Πύκνωση και συμπλήρωση της κατακόρυφης σήμανσης όπου αυτή είναι απαραίτητη (π.χ. περισσότερες πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων), ενεργότερη χρήση της οριζόντιας σήμανσης. Συντονισμός σηματοδότησης ώστε να μην υπάρχει μεγάλη ακολουθία πρασίνου, η οποία οδηγεί σε ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων, και παροχή επαρκέστερου χρόνου εκκένωσης κόμβων.
5. **Κατασκευή πεζογεφύρων ή άλλων διαβάσεων** σε αστικές λεωφόρους, ιδιαίτερα σε πολυσύχναστα σημεία στα οποία κυκλοφορούν πεζοί, για την προστασία τους και την αποφυγή ισόπεδων διαβάσεων.
6. **Καλύτερη συντήρηση του οδικού περιβάλλοντος.** Προτεινόμενες εργασίες είναι οι ακόλουθες: Επανατονισμός της διαγράμμισης μεταξύ των λωρίδων και των διαβάσεων πεζών καθώς σε πολλά σημεία του δικτύου έχουν ξεθωριάσει τελείως. Ουσιαστική αποκατάσταση του οδοστρώματος καθώς υπάρχουν πολλές λακούβες και μπαλώματα. Αντικατάσταση του φωτισμού όπου αυτός δεν λειτουργεί. Μέτρα ελάττωσης συνεπειών προσκρούσεων σε αντικείμενα.
7. Ουσιαστική, συνεχής και **συνολική οδηγική παιδεία** για όλους τους χρήστες των οδών. Παιδεία από την ενσωμάτωση της οδικής ασφάλειας στο πρόγραμμα των σχολείων έως την διαρκή ενημέρωση των πολιτών και την υπενθύμιση του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας στους οδηγούς.

8. Διασφάλιση της εφαρμογής των παραπάνω μέτρων και της καλύτερης οδικής συμπεριφοράς των χρηστών της οδού μέσω **στοχευμένης αστυνόμευσης**, ελέγχου και ποινών των παραβατών οι οποίες να είναι προοδευτικά αυστηρότερες σε κάθε επιπλέον παράβαση.

6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Για την επέκταση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και την **περαιτέρω διερεύνηση** του αντικειμένου της, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι ακόλουθες προτάσεις:

1. Τα δεδομένα θα ήταν δυνατόν να συλλεχθούν για άλλη αστική λεωφόρο, ή άλλο τύπο οδού γενικότερα (π.χ. χωρίς διαχωριστική νησίδα). Με την **αλλαγή στην περιοχή έρευνας** θα ήταν δυνατόν να εξακριβωθεί κατά πόσο ισχύουν τα αποτελέσματα ώστε να είναι δυνατή μία γενίκευση. Εναλλακτικά, μελλοντική έρευνα στην ίδια περιοχή θα έδειχνε την τάση των φαινομένων σε βάθος χρόνου, και τα αποτελέσματα θα ήταν απολύτως συγκρίσιμα. Μια τέτοια έρευνα θα ποσοτικοποιούσε και τα αποτελέσματα ενδεχόμενων παρεμβάσεων στην οδική ασφάλεια.
2. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η διερεύνηση με δεδομένα των κυκλοφοριακών μεγεθών από **πιο άμεσο και μικροσκοπικό επίπεδο**, δηλαδή μέσω των μετρήσεων των 90 δευτερολέπτων του Κ.Δ.Κ.. Πιθανώς με αυτό τον τρόπο προσεγγίζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια οι κυκλοφοριακές συνθήκες του ατυχήματος. Θεωρητικά, με μελλοντική ανάπτυξη της τεχνολογίας και εγκατάσταση επαρκούς εξοπλισμού, θα ήταν δυνατή και μια έρευνα σε πλήρες μικροσκοπικό επίπεδο, με καταγραφή της ατομικής ταχύτητας των οχημάτων τα οποία εμπλέκονται σε οδικά ατυχήματα.
3. Η διερεύνηση των προβλημάτων της παρούσας εργασίας θα μπορούσε να επεκταθεί με την εισαγωγή δεδομένων για ατυχήματα **με υλικές ζημιές μόνο**, τα οποία όμως δεν υπάρχουν στο Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α..

4. Για την προσέγγιση του προβλήματος της πιθανότητας εμφάνισης ατυχημάτων, θα ήταν δυνατόν να αξιοποιηθούν δεδομένα από **όλες τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας** για την κατασκευή των μη-ατυχημάτων και την πραγματοποίηση αναλύσεων.
5. Για το ίδιο πρόβλημα, αξίζει να διερευνηθεί και η **χρήση άλλων μεθόδων** πέρα από τη λογιστική παλινδρόμηση, οι οποίες να προσομοιάζουν έντονα μη-γραμμικά φαινόμενα. Πιθανώς τότε να μην είναι απαραίτητη η κατηγοριοποίηση του κυκλοφοριακού φόρτου, για παράδειγμα. Εάν λαμβάνονταν όλα τα δεδομένα για όλες τις ημέρες της περιόδου, ακόμα και αυτές κατά τις οποίες δε συνέβησαν οδικά ατυχήματα, τα ατυχήματα θα μετατρέπονταν σε σπάνια γεγονότα (rare events), τα οποία απαιτούν ιδιαίτερη προσέγγιση και στατιστική επεξεργασία.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Aarts, L. & Van Schagen, I.: Driving speed and the risk of road crashes: a review. *Accident analysis and prevention*, 38(2), p.215-224, 2006
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16256932>
2. Ahmed, M., Abdel-Aty, M., Yu, R.: Assessment of the Interaction between Crash Occurrence, Mountainous Freeway Geometry, Real-Time Weather and AVI Traffic Data, Transportation Research Board 91st Annual Meeting, 2012
3. Bared, G.: Improving Signalized Intersections, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, *Public Roads Magazine*, Jan/Feb 2005, Vol. 68 · No. 4, Publication Number: FHWA-HRT-05-003, 2005
<http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/05jan/03.cfm>
4. Baruya, B.: Speed-accident relationships on European roads. In: Proceedings of the conference 'Road safety in Europe', Bergisch Gladbach, Germany, September 21–23, VTI Konferens No. 10A, Part 10, pp. 1–17., 1998
5. Christoforou, Z., Cohen, S., Karlaftis, M.G.: Vehicle occupant injury severity on highways: An empirical investigation, *Accident Analysis and Prevention*, 42, 1606 – 1620., 2010
6. European Commission, European Road Safety Observatory, *Statistics – accidents data, Trends, Road fatalities in the EU since 2001 - Road Safety evolution in the EU*, 2012
http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics/index_en.htm
7. European Transport Safety Council (ETSC), *A Challenging Start towards the EU 2020 Road Safety Target*, 6th Road Safety PIN Report, 2012
http://www.etsc.eu/documents/PIN_Report_6_web.pdf
8. Fildes, B.N., Rumbold, G., Leening, A: Speed behaviour and drivers' attitude to speeding. *General Report No. 16. VIC Roads*, Hawthorn, Vic, 1991.

9. Hosmer, D. W., and Lemeshow, S.: Applied Logistic Regression, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, 2000
10. International Transport Forum, Joint Transport Research Centre, 2008. Towards Zero: Ambitious Road Safety Targets and the Safe System Approach. <http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/08TowardsZeroE.pdf>
11. Kloeden, C.N., McLean, A.J., Glonek, G.: Reanalysis of travelling speed and the rate of crash involvement in Adelaide South Australia. Report No. CR 207. Australian Transport Safety Bureau ATSB, Civic Square, ACT, 2002.
12. Kloeden, C.N., McLean, A.J., Moore, V.M., Ponte, G.: Travelling speed and the rate of crash involvement. Volume 1: findings. Report No. CR 172. Federal Office of Road Safety FORS, Canberra, 1997.
13. Maycock, G., Brocklebank, P.J., Hall, R.D.: Road layout design standards and driver behaviour. TRL Report No. 332. Transport Research Laboratory TRL, Crowthorne, Berkshire, 1998.
14. McDonald, J.: Relation between number of accidents and traffic volume at divided-highway intersections. Bulletin 74, 7-17 (Highway Research Board), 1953
15. Nilsson, G.: The effects of speed limits on traffic crashes in Sweden. In: Proceedings of the international symposium on the effects of speed limits on traffic crashes and fuel consumption, Dublin. Organisation for Economy, Co-operation, and Development (OECD), Paris, 1982
16. Nilsson, G.: Traffic safety dimensions and the power model to describe the effect of speed on safety. Bulletin 221, Lund Institute of Technology, Lund, 2004.
17. Quimby, A., Maycock, G., Palmer, C., Buttress, S.: The factors that influence a driver's choice of speed: a questionnaire study. TRL Report No. 325. Transport Research Laboratory TRL, Crowthorne, Berkshire , 1999.

18. United Nations (UN), UN Secretary-General Ban Ki-moon: "Road Accidents have Become the Leading Cause of Death for People Aged 15 to 29" Message on the World Day of Remembrance for Road Traffic Victims, 2011. United Nations Information Service (UNIS) Vienna
<http://www.unis.unvienna.org/unis/pressrels/2011/unisgsm303.html>
19. Vision Zero Initiative, Sweden, 2012
<http://www.visionzeroinitiative.com/en/Concept/>
20. Wier, M., Weintraub, J., Humphreys, E., Seto, E., Bhatia, R.: An area-level model of vehicle-pedestrian injury collisions with implications for land use and transportation planning, Accident Analysis & Prevention, Volume 41, Issue 1, January 2009, Pages 137-145, ISSN 0001-4575,
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457508001930>
21. Wramborg, P.: A new approach to a safe and sustainable road structure and street design for urban areas. Proceedings of the Road Safety on Four Continents Conference, Warsaw, Poland, 2005.
22. Zhou, M. & Sisiopiku, V.: Relationship between volume-to-capacity ratios and accident rates. In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, nr. 1581, p. 47-52. , 1997
23. Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., 2003. Ανάπτυξη στρατηγικού σχεδίου για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα 2001-2005, εξειδίκευση δράσεων. Τ.Μ.Σ.Υ., Ε.Μ.Π., Αθήνα.
24. Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., 2005. Ανάπτυξη στρατηγικού σχεδίου για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα 2006-2010. Τ.Μ.Σ.Υ., Ε.Μ.Π., Αθήνα.
25. Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., 2011. Ανάπτυξη στρατηγικού σχεδίου για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα 2011-2020. Τ.Μ.Σ.Υ., Ε.Μ.Π., Αθήνα.

26. Φραντζεσκάκης Ι., Ιορδάνης Δ. "Volume to Capacity Ratio and Traffic Accidents, Interurban 4-lane Highways in Greece" Transportation Research Record 1112 "Highway Capacity and Traffic Characteristics". p.p. 29-38. HRB Washington D.C., 1987

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Δελτίο Οδικού Τροχαίου Ατυχήματος

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΕΘΝΙΚΗΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΟΣΥΝΗΣ
ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΤΑΣΗΣ

Ταχ. Δ/ση: Πειραιώς 46 και Ελευθέρων
185 10 Πειραιάς
Τηλέφωνα: 2 10 4852771, 2 10 4852770
Fax: 2 10 4852764
E-mail: parasv@statistics.gr

- Το περιεχόμενο του ερωτηματολογίου είναι εμπιστευτικό και θα χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά για στατιστικούς σκοπούς.
- Η παροχή στοιχείων είναι υποχρεωτική (Ν.Δ. 3627/1956, Ν. 2392/1996 και Ν. 3470/2006, άρθρο 14).



...στα τροχαία
ατυχήματα

Δ Ε Λ Τ Ι Ο

Ο Δ Ι Κ Ο Υ Τ Ρ Ο Χ Α Ι Ο Υ Α Τ Υ Χ Η Μ Α Τ Ο Σ

(για τη συμπλήρωσή του, διαβάστε προσεκτικά τις οδηγίες στο τέλος)

NΟΜΟΣ

Α/Α ΔΕΛΤΙΩΝ ΔΕΣΜΙΑΣ

ΑΣΤΥΝΟΜΙΚΗ/ΛΙΜΕΝΙΚΗ ΑΡΧΗ:

(που συμπληρώνει το Δελτίο)

Όνομ/νυμο συντάξαντος

Βαθμός Τηλέφωνο

Ημερομηνία συντάξεως Δελτίου

α/α Δελτίου στο Νομό

(συμπληρώνεται από την ΕΣΥΕ)

ΠΕΙΡΑΙΑΣ, 2 0 1 0

4. ΠΑΘΟΝΤΕΣ (κατά το ατύχημα και μέχρι και 30 ημέρες από αυτό)

Νεκροί
 Βαριά τραυματίες
 Ελαφρά τραυματίες

5. ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

που έλαβαν μέρος στο ατύχημα

6. ΕΙΔΟΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Ασφάλτος 1
 Μπετόν 2
 Χαλύβι 3
 Πλάκες, λιθόστρωτο 4
 Χώμα 5
 Άλλο είδος, να περιγραφεί 6

7. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Καθαραίρια 1 Καταιγίδα (ραγδαία βροχή με δυνατό άνεμο, αστραπές και κεραυνός) 8
 Ισχυροί άνεμοι 2 Χαλάζι 9
 Παγωνιά 3 Χιόνι 10
 Ομίχλη 4 Καπνός 11
 Ψύλλη βροχή (ψιγάλα) 5 Σκόνη 12
 Βροχή 6 Άλλες, να περιγραφούν
 Θύελλα (θινατός άνεμος με βροχή) 7 13

8. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Κανονικές (στεγνό σε καλή κατάσταση) 1
 Υγρό - βρεγμένο 2
 Γλίτσα, λάδια κλπ. 3
 Παγωμένο 4
 Χιονισμένο 5
 Άλλες, να περιγραφούν 6

9. ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Με αναρριπασμένη άμμο, χαλίλα, χόμα, πέτρες 1
 Ανόμαλη επιφάνεια (ραγμές, λακκούβες, εξογκώματα κλπ.) 2
 Έργα επί της οδού 3
 Άλλη, να περιγραφεί
 4
 Κανονική 5

10. ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΝΥΧΤΑ

(μόνο για ατυχήματα νύχτας)

Τεχνητός φωτισμός επαρκής 1
 Τεχνητός φωτισμός ανεπαρκής ή αμυδρός 2
 Τεχνητός φωτισμός εθιστός 3
 Χωρίς εγκατάσταση φωτισμού ... 4

ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Κοδ. αριθ.	Κυβικά οχήματα ⁽²⁾	Έτος πρώτης κυκλοφορίας ⁽²⁾	Τεχνικός μηχανολογικός έλεγχος ΚΤΕΟ (μόνο για οχήματα ελληνικών πινακίδων) ⁽⁴⁾	Αριθμός οδηγών και επιβατών (παθόντων και μη) ⁽⁵⁾
<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Έγινε έλεγχος Ναι 1 <input type="checkbox"/> Αν δεν έγινε: Οφείλε να γίνει Ναι 2 <input type="checkbox"/> Όχι 3 <input type="checkbox"/> Άγνωστο αν έγινε έλεγχος 9 <input type="checkbox"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Έγινε έλεγχος Ναι 1 <input type="checkbox"/> Αν δεν έγινε: Οφείλε να γίνει Ναι 2 <input type="checkbox"/> Όχι 3 <input type="checkbox"/> Άγνωστο αν έγινε έλεγχος 9 <input type="checkbox"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Έγινε έλεγχος Ναι 1 <input type="checkbox"/> Αν δεν έγινε: Οφείλε να γίνει Ναι 2 <input type="checkbox"/> Όχι 3 <input type="checkbox"/> Άγνωστο αν έγινε έλεγχος 9 <input type="checkbox"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>

2. Αφορά όλα τα οχήματα, εκτός των τρένων, ποδηλάτων, γεωργικών μηχανημάτων και μηχανημάτων έργων.

3. Αφορά μόνο τα επιβατηγά ΙΧ., Δ.Χ., επαγγελματικά ΙΧ., φορτηγά, λεωφορεία, οχηματικά, βυτιοφόρα, γεωργικά μηχανήματα και μηχανήματα έργων.

4. Αφορά μόνο τα επιβατηγά ΙΧ. και Δ.Χ., επαγγελματικά ΙΧ., φορτηγά, λεωφορεία, οχηματικά και βυτιοφόρα.

5. Αφορά μόνο τα Ιδιωτικής Χρήσης: επιβατηγά, επαγγελματικά και δίτροχα.

Σημείωση: α. Οι στήλες με κωδικούς, συμπληρώνονται από την ΕΣΥΕ.

β. Στις υπόλοιπες στήλες με χτένια, όπου είναι άγνωστα τα στοιχεία, να τίθεται 0 (μηδέν).

12. ΤΥΠΟΣ ΟΔΟΥ

Κατευθύνσεις μία 1 δύο 2

Αριθμός λωρίδων ανά κατεύθυνση

	Ειδικής	Μη ειδικής	Όχι
Διαγράμμιση κατευθύνσεων στον άξονα της οδού	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
Διαγράμμιση μεταξύ λωρίδων	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
Διαγράμμιση οριζογραμμής <u>αριστερά</u>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
Διαγράμμιση οριζογραμμής <u>δεξιά</u>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
Με κεντροσήνησιδα	Ναι 1 <input type="checkbox"/>	Όχι 2 <input type="checkbox"/>	
Με κεντρικό στηθαίο ασφαλείας	Ναι 1 <input type="checkbox"/>	Όχι 2 <input type="checkbox"/>	
Με πλευρικό στηθαίο ασφαλείας <u>αριστερά</u>	Ναι 1 <input type="checkbox"/>	Όχι 2 <input type="checkbox"/>	
Με πλευρικό στηθαίο ασφαλείας <u>δεξιά</u>	Ναι 1 <input type="checkbox"/>	Όχι 2 <input type="checkbox"/>	
Έρευνα <u>αριστερά</u>	Ναι 1 <input type="checkbox"/>	Όχι 2 <input type="checkbox"/>	
Έρευνα <u>δεξιά</u>	Ναι 1 <input type="checkbox"/>	Όχι 2 <input type="checkbox"/>	

14. ΤΥΠΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΤΗΣ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ

— Σύγκρουση μεταξύ κινούμενων οχημάτων

Μετωπική 1

Πλάγιομετωπική 2

Πλάγια 3

Νωτομετωπική (από πίσω) 4

Σύγκρουση με τρένο 5

— Πρόσβαση οχήματος σε:

Σταθμευμένο όχημα 6

Όχημα που πραγματοποιεί στάση 7

Όχημα που πραγματοποιεί δύσκολη πορεία (προ φωτεινό σηματοδότη, STOP, σήματος προτεραιότητας κλπ.) 8

Στάβλο ή δένδρο 9

Κτίσμα ή άλλο σταθερό αντικείμενο 10

— Παρόσβαση:

Πεζού 11

Ζώου 12

— Εκτροπή στο αντίθετο ρεύμα 13

— Εκτροπή προς τα δεξιά 14

— Εκτροπή προς τα αριστερά 15

— Ανιτροπή στην οδό 16

— Ανιτροπή εκτός οδού 17

— Πυροαγία 18

— Άλλος, να περιγραφεί 19

13. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΔΟΥ

Πλάτος οδοστρώματος 1 (σε μέτρα και εκατοστά)

Ευθυγραμμία Ναι 1 Όχι 2

Στένωση Ναι 1 Όχι 2

Ισάπεδη διασταύρωση Ναι 1 Όχι 2

Δεξιά στροφή Ομοιά 1 Κλειστή 2

Αριστερή στροφή Ομοιά 1 Κλειστή 2

Αλληλουχία στροφών 1

Ανοφέρεια Ομοιά 1 με μεγάλη κλίση 2

Κατοφέρεια Ομοιά 1 με μεγάλη κλίση 2

Απότομη ενόαλη ανοφέρεια και κατοφέρεια 1

15. ΕΛΓΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ Α' ΠΟΥ ΠΙΘΑΝΟΝ ΣΥΝΕΤΕΛΕΣΕ ΣΤΟ ΑΤΥΧΗΜΑ

Κανονική πορεία 1

Είσοδος στο ρεύμα κυκλοφορίας 2

Είσοδος στο ρεύμα από διασταύρωση με στροφή αριστερά ... 3

Είσοδος στο αντίθετο ρεύμα από διασταύρωση, με στροφή δεξιά 4

Είσοδος στο αντίθετο ρεύμα 5

Έξοδος από το ρεύμα κυκλοφορίας 6

Προσέλευση από αριστερά 7

Προσέλευση από δεξιά 8

Παροφίαση εκ δεξιών προτεραιότητας άλλων οχημάτων 9

Παροφίαση προτεραιότητας πεζού σε διάβαση 10

Στροφή αριστερά 11

Στροφή δεξιά 12

Ανοστροφή (επιτόπου στροφή) 13

Εκκίνηση 14

Ελιγμός στάθμευσης 15

Όπισθεν 16

Στάση 17

Επιβρόδυνση 18

Απότομο φρενάρισμα 19

Αλλαγή λωρίδας 20

Τοχύτητα μεγαλύτερη του επιτρεπόμενου ορίου 21

Δυσκολή πορεία σε φωτεινό σηματοδότη 22

Μηδυσκολή πορεία σε φωτεινό σηματοδότη 23

Μηδυσκολή πορεία πριν από STOP 24

Μηδυσκολή πορεία σε σήμα προτεραιότητας 25

Μηδυσκολή πορεία σε σχετικό σήμα προτεραιότητας 26

Παράβαση προειδοποίησης για στροφή αλλαγή πορείας κλπ. 27

Άλλος ελιγμός, να περιγραφεί 28

16. ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΗ ΠΑΘΟΝΤΩΝ ΠΕΖΩΝ

- Κανονική 1
- Περνούσε σε διάβαση με κόκκινο για πεζούς 2
- Δε βόδιζε στο πεζοδρόμιο ή, αν δεν υπήρχε, στο άκρο της οδού 3
- Δε βόδιζε στις διαβάσεις 4
- Διέσχισε χωρίς έλεγχο οδόχωρίς διαβάσεις 5
- Άλλη περίπτωση, να περιγραφεί 6

17. ΡΥΘΜΙΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ, ΣΗΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

- Τροχονόμος ή φύλακας 1
- Φωτεινός σηματοδότης σε λα. τουργία, σε εμφανές σημείο 2
- Φωτεινός σηματοδότης σε λειτουργία, σε μη εμφανές σημείο ... 3
- Φωτεινός σηματοδότης εκτός λειτουργίας 4
- Σήμα STOP ή σήμα παραχώρησης προτεραιότητας, εμφανές ... 5
- Σήμα STOP ή σήμα παραχώρησης προτεραιότητας, μη εμφανές 6
- Σήμα επικίνδυνης στροφής 7
- Σήμα επικίνδυνης αναφάνειας - κατωφάνειας 8
- Άλλο προειδοποιητικό σήμα 9
- Αυτόματο κλείσιμο ισόπεδης διάβασης 10
- Χειροκίνητο κλείσιμο ισόπεδης διάβασης 11
- Αρύακτη διάβαση τρένου 12
- Άλλη, να περιγραφεί 13
- Κανένα από τα παραπάνω 14

19. ΔΙΠΛΩΜΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ - ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΙ ΕΤΟΣ ΑΠΟΚΤΗΣΗΣ ΑΥΤΟΥ (για όλα τα οχήματα εκτός ζωηλάτων και ποδηλάτων)

		ΟΔΗΓΟΣ			
		α	β	γ	
Κατηγορία διπλώματος (Α,Β,Γ,Δ,Ε, άλλου είδους ελληνικό Ζ, ανά οχή):		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Έθνους χώρας (απάντηση με Χ)	1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	
Χωρίς διπλώμα (απάντηση με Χ)	2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	
Άγνωστο αν είχε διπλώμα (απάντηση με Χ)	3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	
Ετος απόκτησης διπλώματος (αν άγνωστο, να πετα 9999)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

18. ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	
	ΠΟΡΕΙΑ
	ΣΤΡΟΦΗ
	ΣΤΑΣΗ
	ΣΤΑΘΜΕΥΜΕΝΟ
	ΟΠΙΣΘΕΝ
	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ
	ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗ
	ΕΚΤΡΟΠΗ
	ΠΕΖΟΣ
	ΖΩΟ
	ΑΝΑΒΑΤΗΣ ΚΑΙ ΖΩΟ
	ΤΡΕΝΟ
	ΣΤΑΘ. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

20. ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΠΟΥ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΣΤΟ ΟΧΗΜΑ (ανέξαρτητα αν χρησιμοποιήθηκαν)

	ΟΧΗΜΑ				ΟΧΗΜΑ		
	A'	B'	Γ'		A'	B'	Γ'
Ζώνες ασφαλείας εμπρός	1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	Σύστημα περιορισμού ταχύτητας (για φορτηγά και λεωφορεία)	7 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
Ζώνες ασφαλείας πίσω	2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>		8 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>
Στηρίγματα κεφαλής εμπρός	3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>		9 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>
Στηρίγματα κεφαλής πίσω	4 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>		10 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
Ειδικό κάθισμα για βρέφη/παιδιά	5 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>		11 <input type="checkbox"/>	11 <input type="checkbox"/>	11 <input type="checkbox"/>
A B S	6 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>		Αγνωστο		

22. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΔΗΓΟΥ ΚΑΙ

Κατηγορία παθόντων	ΟΧΗΜΑ Α'								ΟΧΗΜΑ Β'		
	Φύλο	Ηλικία (σε έτη)	Υψηλότητα	Χρήση εξοπλισμού ασφαλείας	Σοβαρότητα ατυχήματος	Θέση στο όχημα	Λόγος μετακίνησης	Ειδικά στοιχεία πλύνων έως 18 ετών	Φύλο	Ηλικία (σε έτη)	Υψηλότητα
Οδηγοί παθόντες και μη	1 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Μεταφερόμενοι παθόντες (συνοδηγοί και επιβάτες)	2 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		7 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		8 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Πεζοί παθόντες	9 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10 <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11 <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ΦΥΛΟ	ΗΛΙΚΙΑ (σε έτη)	ΥΨΗΛΟΤΗΤΑ	ΧΡΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ (στην περίπτωση ατυχήματος και μέχρι 30 ημέρες)
Άρρεν	1	Ελληνική	Ζώνη	Νεκρός
Θήλυ	2	009	Κράνος	Βαριά τραυματίας
Άγνωστος	9	998	Ειδικό βρεφικό/παιδικό κάθισμα	Ελαφρά τραυματίας ..
		999	Δε χρησιμοποιήθηκε ζώνη ..	Μη παθών οδηγός
			Δε χρησιμοποιήθηκε κράνος	(παύσα)
			Δε χρησιμοποιήθηκε παιδικό κάθισμα	
			Άγνωστο	

21. ΑΛΚΟΤΕΣΤ

				ΟΔΗΓΟΣ							ΟΔΗΓΟΣ				
				α	β	γ					α	β	γ		
Δεν έγινε	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	1,0 - 1,5 gr./lit. αίματος	.....	5	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>
α) έγινε με <u>λήψη αίματος</u>	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	1,5 και άνω	.....	6	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>
β) έγινε με <u>τσοτ εκπνοής</u>	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	Δε δόθηκε ακόμη απάντηση	.....	7	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>
Βρέθηκε αρνητικό (0 gr./lit αίματος)	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	Ωρα που έγινε το αλκοτέστ (00-23)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Βρέθηκε μέχρι:							Τόπος που έγινε το αλκοτέστ:	.....					
0,1 - 0,25 gr./lit. αίματος	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	α) Τόπος ατυχήματος	.....	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>
0,25 - 0,8 »	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	β) Νοσοκομείο	.....	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>
0,8 - 1,0 »	4	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	γ) Άλλού	.....	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>

ΠΑΘΟΝΤΩΝ ΠΡΟΣΩΠΩΝ

Μ Α Β					Ο Χ Η Μ Α Γ							
Χρήση εξοπλισμού ασφαλείας	Σοβαρό- τητα ατυ- χήματος	Θέση στο όχημα	Λόγος μετακι- νησης	Ειδικά στοιχεία πεζών έως 18 ετών	Φύλο	Ηλικία (σε έτη)	Υψηκότητα	Χρήση εξοπλισμού ασφαλείας	Σοβαρό- τητα ατυ- χήματος	Θέση στο όχημα	Λόγος μετακι- νησης	Ειδικά στοιχεία πεζών έως 18 ετών
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>			A B	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			A B
	<input type="checkbox"/>				10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>				11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>

ΘΕΣΗ ΣΤΟ ΟΧΗΜΑ	ΛΟΓΟΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ (οδηγού και μεταφερόμενων παθόντων προσώπων)	ΕΙΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΖΩΝ ΕΩΣ 18 ΕΤΩΝ Α. Σημείο ατυχήματος
Συνοδηγός	..... 2	Κοντά σε σχολείο, φροντιστήριο (έως 150 μ.)
Άλλη θέση, παράθυρο	..... 3	Κοντά σε σχολείο, φροντιστήριο (άνω των 150 μ.)
Άλλη θέση, διάδρομος	..... 4	Σε στάση λεωφορείου
Άλλού	..... 5	Κοντά σε παιδική χαρά
Άγνωστη	..... 9	Στο δρόμο κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού
		Σε χώρους άθλησης κατά την προσέλευση ή αναχώρηση
		Άλλού
		Άγνωστο
		B. Αν πεζός παθόν έως 8 ετών
		Συνοδευόταν από γονείς
		Συνοδευόταν από άλλους ενήλικες
		Δε συνοδευόταν από γονείς ή ενήλικες
		Άγνωστο

ΟΔΗΓΙΕΣ

ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΤΟΥ ΔΕΛΤΙΟΥ

ση με διαγραμμώσεις ή με πράσινο για πεζούς σήμα φωτεινού σηματοδότη ή βόδιζε πολύ κοντά στην άκρη του οδοστρώματος σε οδό χωρίς πεζοδρόμιο. Στην αντίθετη περίπτωση, ο σταυρός τίθεται στο ανάλογο τετραγωνίδιο.

17. **Ρύθμιση κυκλοφορίας, σήμανση και σημειοδότηση:** Στο ερώτημα αυτό θα σημειώνονται ένας μέχρι και δύο σταυροί ανάλογα με την περίπτωση Π.χ. αν ο τροχονόμος ρυθμίζει την κυκλοφορία (ρυθμισμό) σε σημείο που υπάρχει φωτεινός σηματοδότης σε λειτουργία (σηματοδότηση), έχουμε δύο απαντήσεις κ.ο.κ.
18. **Σκαρίφημα:** Στον κενό χώρο θα σχεδιάζεται τοπογραφικό σκαρίφημα που θα απεικονίζει παραστατικά το ατόχημα, σύμφωνα με τους συμβολισμούς που υπάρχουν στο δεξιό μέρος του ερωτήματος.
19. **Δίπλωμα οδήγησης-κατηγορία και έτος απόκτησης αυτού:** Στα πρώτα χτένια θα μπαίνει κατά οδηγό η κατηγορία διπλώματος, αν αυτό είναι ελληνικό. Δηλαδή, αν ο οδηγός του α' οχήματος έχει δίπλωμα κατηγορίας E, θα μπαίνει στο πρώτο χτένι το γράμμα E [E]. Αν ο οδηγός του β' οχήματος έχει δίπλωμα δικύκλου (A), θα μπαίνει στο δεύτερο χτένι το γράμμα A [A], και όταν ο οδηγός του γ' οχήματος έχει οποιοδήποτε άλλου είδους ελληνικό δίπλωμα, το γράμμα Z [Z]. Αν ο οδηγός έχει δίπλωμα ξένης χώρας, δεν έχει αποκτήσει δίπλωμα ή είναι άγνωστο αν είχε δίπλωμα, τίθεται σταυρός στο ανάλογο τετραγωνίδιο. Στο υποερώτημα «έτος απόκτησης διπλώματος» αναφέρεται, στο αντίστοιχο για κάθε οδηγό χτένι, το έτος απόκτησης π.χ., [2][0][0][0] (αν το δίπλωμα αποκτήθηκε το έτος 2000 κ.ο.κ.).
20. **Εξαρτήματα ασφαλείας:** Για κάθε ένα από τα οχήματα (Α', Β', Γ') σημειώνονται ένας ή και περισσότεροι σταυροί στα τετραγωνίδια 1-9 [], ανάλογα με τα εξαρτήματα ασφαλείας που διαθέτει το κάθε όχημα. Αν δε διαθέτει κανένα τέτοιο εξάρτημα, ο σταυρός θα τίθεται στο τετραγωνίδιο 10 [], και αν άγνωστο, στο τετραγωνίδιο 11 [].
21. **ΑΛΚΟΤΕΣΤ:** Το ερώτημα αυτό συμπληρώνεται μόνο για τους οδηγούς. Αν δεν έγινε αλκοτέστ, ο σταυρός θα τίθεται στο τετραγωνίδιο 1 [], αν έγινε με λήψη αίματος στο τετραγωνίδιο 2 [], αν έγινε με τεστ εκπνοής στο τετραγωνίδιο 3 []. Στην περίπτωση που έγινε και υπάρχουν τα αποτελέσματα (θετικά ή αρνητικά) θα τίθεται σταυρός και στα αντίστοιχα τετραγωνίδια που ακολουθούν 1-6 [], ανάλογα με το περιεχόμενο σε οινόπνευμα ή άλλες τοξικές ουσίες. Όταν όμως δεν υπάρχουν τα αποτελέσματα μέχρι και την αποστολή του δελτίου, θα τίθεται σταυρός στο τετραγωνίδιο 7 [] και θα γίνεται σχετική μεία στο χώρο των παρατηρήσεων. Μόλις όμως παραληφθούν τα αποτελέσματα πρέπει να αποστέλλονται χωρίς καθυστέρηση στην ΕΣΥΕ με συστημένη επιστολή. Επίσης, θα αναφέρεται η ώρα και ο τόπος που έγινε το αλκοτέστ.
22. **Στοιχεία οδηγού και παθόντων προσώπων:** Για κάθε όχημα (Α', Β', Γ') υπάρχουν στο ερώτημα αυτό έντεκα (11) οριζόντιες σειρές (χτένια), στις οποίες θα καταχωρούνται τα στοιχεία των οδηγών, των μεταφερόμενων και των πεζών. Τα στοιχεία των οδηγών καταχωρούνται ανεξάρτητα αν υπέστησαν σωματική βλάβη ή όχι, ενώ των μεταφερόμενων και πεζών μόνο αν υπέστησαν σωματική βλάβη. Η πρώτη κάθετη στήλη αναφέρεται στην κατηγορία των παθόντων. Στη δεύτερη στήλη φύλο, θα αναγράφεται ο κωδικός 1 αν είναι άνδρας, 2 αν είναι θήλυ και 9 αν κάποιος παρέμεινε άγνωστος. Στην τρίτη στήλη ηλικία, θα αναγράφεται η ηλικία σε έτη (π.χ., [2][5] ετών) και όχι το έτος γεννήσεως. Αν αυτή είναι άγνωστη, αναγράφεται ο κωδικός [9][9]. Στην τέταρτη στήλη υπηκοότητα, θα αναγράφεται ο κωδικός 009 αν έχει ελληνική και θα αναφέρεται ολογράφως η ξένη η οποία θα κωδικοποιείται από την ΕΣΥΕ. Αν αυτή είναι άγνωστη, αναγράφεται ο κωδικός 999. Στην πέμπτη στήλη χρήση εξοπλισμού ασφαλείας, θα αναγράφεται ο κωδικός 1 αν έγινε χρήση ζώνης, 2 αν φορούσε κράνος κ.ο.κ., σύμφωνα με τις υποσημειώσεις του ερωτήματος. Στην έκτη στήλη σοβαρότητα ατυχήματος θα αναγράφεται ο κωδικός 1 αν ο παθών είναι νεκρός,

2 αν είναι βαριά τραυματίας και 3 αν είναι ελαφρά τραυματίας. Για τον οδηγό ή οδηγούς που είναι σοβά, θα τίθεται πάντοτε παύλα (-). Στην έβδομη στήλη θέση στο όχημα, θα αναγράφεται ο κωδικός 2, όταν ο μεταφερόμενος είναι συνοδηγός, 3 αν καθόταν κοντά σε παράθυρο, 4 αν καθόταν κοντά σε διάδρομο και 5 αν καθόταν αλλού. Αν για διάφορους λόγους δεν μπόρεσε να προσδιοριστεί η θέση των μεταφερόμενων προσώπων, τότε αναγράφεται ο κωδικός 9. Στην όγδη στήλη λόγος μετακίνησης, αναγράφεται με κωδικό αριθμό, όπως προσδιορίζεται στις υποσημειώσεις, ο λόγος μετακίνησης του οδηγού και των παθόντων μεταφερόμενων προσώπων. Έτσι, αναγράφεται ο κωδικός 1 όταν το ατύχημα έγινε κατά τη διάρκεια της μετακίνησης από την κατοικία προς το χώρο εργασίας κ.ο.κ. Στην ένατη στήλη ειδικά στοιχεία πεζών έως 18 ετών, αναγράφεται στην πρώτη υποστήλη «Α» στο ανάλογο χτένι ο κατάλληλος κωδικός, όπως αναφέρεται στις υποσημειώσεις, που υποδηλώνει το σημείο ατυχήματος πεζών έως 18 ετών. Έτσι, αν το ατύχημα έγινε στο δρόμο κατά τη διάρκεια παιχνιδιού, αναγράφεται στο χτένι της υποστήλης «Α» ο κωδικός 5 κ.ο.κ. Στη δεύτερη υποστήλη «Β» του ίδιου ερωτήματος, σημειώνεται ο κατάλληλος κωδικός (1-3). Τίθενται οι κωδικοί 1 ή 2, αν ο πεζός παθών ηλικίας έως ακτό (8) ετών συνδευόταν από γονείς ή άλλους ενήλικες, ή ο κωδικός 3 αν δε συνοδεύονταν. Αν αυτό παραμένα άγνωστο, σημειώνεται ο κωδικός 9.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Στην περίπτωση που τα οχήματα είναι περισσότερα των τριών (3), συμπληρώνονται σε πρόσθετο έντυπο μόνο τα στοιχεία οδηγών και οχημάτων (ερωτήματα: 11, 19, 20, 21 και 22), το οποίο επισυνάπτεται συμπληρωματικά στο πρώτο Δ.Ο.Τ.Α. Δεύτερο έντυπο συμπληρώνεται επίσης στην περίπτωση που οι παθόντες μεταφερόμενοι είναι περισσότεροι των επτά ή και οι πεζοί περισσότεροι των τριών (ερώτημα 22).

Παρακαλείσθε επίσης, για διευκόλυνση της επεξεργασίας των Δ.Ο.Τ.Α. να συμπληρώνετε με ιδιαίτερη προσοχή όλα τα ερωτήματα και να μην καλύπτετε με λέξεις ή παρατηρήσεις τα τετραγωνίδια ή χτένια. Τέλος, στον ίδιο χώρο των παρατηρήσεων θα αναγράφεται κάθε παρατήρηση που θεωρείται από τον συμπληρώσαντα αναγκαία για την ορθότερη επεξεργασία του δελτίου.

ΟΡΙΣΜΟΙ

Αυτοκινητόδρομος: Οδός ειδικής μελέτης και κατασκευής για την κυκλοφορία αυτοκινήτων οχημάτων, που δεν εξυπηρετεί τις συνοδούσες με αυτήν ιδιοκτησίες και η οποία: α) διαθέτει, εκτός ειδικών σημείων ή προσωρινά, χωριστά οδοστρώματα για τις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας, που διαχωρίζονται μεταξύ τους κυρίως με διαχωριστικές νησίδες, β) δε διασταυρώνεται ισόπεδα με άλλη οδό, μονοπάτι ή σιδηροδρομική γραμμή και έχει ειδική σήμανση με πινακίδες ως αυτοκινητόδρομος.

Παράδεγμα αυτοκινητόδρομου: α) Το τμήμα της Νέας Εθνικής Οδού Καρλίνθου-Τριπλά, έως από τη χλμ.μετρική θέση 91,0 - 163,0, β) Το τμήμα της Ν.Ε.Ο. Αθηνών-Θεσσαλονίκης από τη χλμ. 18,090,0 κλπ.

Πλάτος οδοστρώματος: Το πλάτος οδοστρώματος, όταν η οδός δεν έχει κεντρική νησίδα, ισούται με την απόσταση μεταξύ των άσπρων διαγραμμώσεων (οριζογραμμών) στο αριστερό και δεξιό άκρο του. Όταν υπάρχει κεντρική νησίδα, το πλάτος του οδοστρώματος ισούται με την απόσταση μεταξύ του ορίου της κεντρικής νησίδας, προς την πλευρά της κατεύθυνσης που έγινε το ατύχημα και της εξωτερικής οριζογραμμής της κατεύθυνσης αυτής.

Έρεισμα: Το επιπλέον πλάτος του καταστρώματος της οδού πέραν της οριζογραμμής (συνεχούς άσπρης γραμμής). Σε κάθε πλευρά του δρόμου πρέπει κανονικά να υπάρχει έρεισμα. Το έρεισμα είναι κυρίως από το ίδιο υλικό με ειάνο του οδοστρώματος, εκτός εξαιρέσεων (σε επαγγελματικές κυρίως οδούς), όπου υπάρχει η περίπτωση να είναι χωμάτινο ή από αμμοχάλικο κλπ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Θέσεις Μετρήσεων Λεωφόρου Κηφισίας

Α/Α	ΘΕΣΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΟΝΟΜΑ	ΤΥΠΟΣ	ΛΟΡΙΔΕΣ	Χ (ΕΓΣΑ)	Υ (ΕΓΣΑ)	ΔΗΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	MS202	Μ. 4101.98 - ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΔΡΟΜΙΑ	ΒΡΟΧΟΣ	1	479000.431	4204206.078	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΔΡΟΜΙΑ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ (Ν.Δ.), 180 Μ. ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗ Λ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ
2	MS204	Μ. 4101.99 - ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΔΡΟΜΙΑ	ΒΡΟΧΟΣ	1	478941.167	4204089.715	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΔΡΟΜΙΑ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ (Β.Α.), 40 Μ. ΜΕΤΑ ΤΗ ΦΕΙΛΙΠΠΙΔΟΥ
3	MS298	Μ. 4101.55 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	2	478935.829	4204102.690	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΤΟΝΙΔΟΣ
4	MS259	Μ. 4003.75 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	2	479234.190	4204499.903	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΚΑΔΙΑΣ
5	MS280	Μ. 4003.55 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	2	479315.004	4204606.155	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΝΟΡΜΟΥ
6	MS261	Μ. 4004.51 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	3	479438.017	4204961.996	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΝΟΡΜΟΥ
7	MS263	Μ. 4004.01 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	3	479500.961	4205126.933	Ν. ΨΥΧΙΚΟ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΗΣ Λ. ΚΑΤΕΧΑΚΗ
8	MS264	Μ. 4004.02 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	3	479500.961	4205126.933	Ν. ΨΥΧΙΚΟ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ
9	MS265	Μ. 3001.71 - ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ	ΒΡΟΧΟΣ	1	479662.142	4205221.498	Ν. ΨΥΧΙΚΟ	ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ ΠΡΟΣ Λ. ΚΑΤΕΧΑΚΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ
10	MS268	Μ. 4012.75 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	3	479754.055	4205516.819	Ν. ΨΥΧΙΚΟ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΗΣ Λ. ΚΑΤΕΧΑΚΗ
11	MS269	Μ. 4012.76 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	3	479754.055	4205516.819	Ν. ΨΥΧΙΚΟ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΗΣ Λ. ΚΑΤΕΧΑΚΗ
12	MS270	Μ. 3001.56 - ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ	ΒΡΟΧΟΣ	2	479663.376	4205457.562	Ν. ΨΥΧΙΚΟ	ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ ΠΡΟΣ Λ. ΚΑΤΕΧΑΚΗ ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ
13	MS272	Μ. 4014.76 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	2	482915.790	4210513.959	ΜΑΡΟΥΣΙ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ (Β.Α.), 140 Μ. ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗ ΣΔΡΟΥ
14	MS274	Μ. 4014.01 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	3	479888.545	4205849.285	Ν. ΨΥΧΙΚΟ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ (Β.Α.), 140 Μ. ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗ ΣΔΡΟΥ
15	MS275	Μ. 4014.02 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	3	479888.545	4205849.285	Ν. ΨΥΧΙΚΟ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ (Β.Α.), 140 Μ. ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗ ΣΔΡΟΥ
16	MS276	Μ. 4014.03 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	3	479888.545	4205849.285	Ν. ΨΥΧΙΚΟ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ (Β.Α.), 140 Μ. ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗ ΣΔΡΟΥ
17	MS277	Μ. 4007.76 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	3	480366.873	4206406.366	Ν. ΨΥΧΙΚΟ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΑΠΟ ΦΑΡΟ ΨΥΧΙΚΟΥ
18	MS278	Μ. 4007.76 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	3	480366.873	4206406.366	Ν. ΨΥΧΙΚΟ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΑΠΟ ΦΑΡΟ ΨΥΧΙΚΟΥ
19	MS278	Μ. 4007.76 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	3	480366.873	4206406.366	Ν. ΨΥΧΙΚΟ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΑΠΟ ΦΑΡΟ ΨΥΧΙΚΟΥ
20	MS280	Μ. 4009.76 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	3	481048.427	4207349.492	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΓ. ΦΙΛΩΘΕΗΣ
21	MS281	Μ. 4009.56 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	3	481194.401	4207582.469	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΓ. ΦΙΛΩΘΕΗΣ
22	MS282	Μ. 4009.56 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	3	481194.401	4207582.469	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΓ. ΦΙΛΩΘΕΗΣ
23	MS283	Μ. 4012.53 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	3	481341.736	4207927.187	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗ ΡΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΠΟ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ
24	MS283	Μ. 4012.53 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	3	481341.736	4207927.187	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗ ΡΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΠΟ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ
25	MS285	Μ. 1108.71 - ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	3	481334.285	4207930.675	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΠΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΠΟ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ/ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ
26	MS288	Μ. 1108.71 - ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	3	481334.285	4207930.675	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΠΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΠΟ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ/ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ
27	MS289	Μ. 1108.76 - ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ	ΒΡΟΧΟΣ	2	481384.985	4208150.895	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΠΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΠΟ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ/ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ
28	MS290	Μ. 4010.76 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	2	481384.985	4208150.895	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΑΠΟ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ/ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ
29	MS291	Μ. 4010.56 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	3	481501.683	4208216.651	ΜΑΡΟΥΣΙ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ 120 Μ. ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΡΕΛΛΑ (ΚΟΜΒΟΣ ΥΕΙΑ)
30	MS292	Μ. 1006.80 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	3	481700.074	4209007.789	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ 120 Μ. ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΡΥΘΡΟΥ ΣΤΑΥΡΟΥ ΛΟΥΗΡΙΖΑΡΕΙΟΥ
31	MS293	Μ. 1006.57 - ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ	ΒΡΟΧΟΣ	1	481656.076	4209111.989	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΠΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΠΟ ΣΤΥΡΟΥ ΛΟΥΗ ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ
32	MS294	Μ. 1006.76 - ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ	ΒΡΟΧΟΣ	1	481656.076	4209111.989	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΠΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΠΟ ΣΤΥΡΟΥ ΛΟΥΗΡΙΖΑΡΕΙΟΥ ΤΟΥ ΚΛΑΔΟΥ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ
33	MS295	Μ. 1006.60 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	3	481895.284	4209247.898	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗ ΡΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΗ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΤΗΣ ΣΤΥΡΟΥ ΛΟΥΗΡΙΖΑΡΕΙΟΥ
34	MS296	Μ. 1006.90 - ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ	ΒΡΟΧΟΣ	1	481968.702	4209993.559	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΠΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΣΤΥΡΟΥ ΛΟΥΗΡΙΖΑΡΕΙΟΥ ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ
35	MS297	Μ. 1006.56 - ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ	ΒΡΟΧΟΣ	1	481960.010	4209248.780	ΚΑΛΑΝΔΡΙ	ΠΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΟΣ ΣΤΥΡΟΥ ΛΟΥΗΡΙΖΑΡΕΙΟΥ
36	MS300	Μ. 4012.75 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	2	482080.553	4209533.953	ΜΑΡΟΥΣΙ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΕΝΤΡΟ 150 Μ. ΜΕΤΑ ΤΟΝ ΚΟΜΒΟ ΠΑΡΑΔΕΙΣΟΥ (ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΟΔΟ ΧΟΜΑΤΙΑΝΟΥ) ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗ ΡΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΠΟ ΠΑΡΑΔΕΙΣΟΥ/ΑΡΤΕΜΙΔΟΣ
37	MS302	Μ. 4012.55 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	2	482458.780	4209986.384	ΜΑΡΟΥΣΙ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ ΜΕΤΑ ΤΗ ΡΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΠΡΟΣ ΑΠΤΙΚΗ ΟΔΟ ΚΑΙ ΔΑΚΤΥΛΙΑ ΟΤΕ
38	MS303	Μ. 4012.60 - ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ	ΒΡΟΧΟΣ	1	482464.063	4209982.891	ΜΑΡΟΥΣΙ	ΠΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΠΡΟΣ ΑΠΤΙΚΗ ΟΔΟ ΜΕΤΑ ΤΗ ΡΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΠΟ ΚΟΜΒΟ ΠΑΡΑΔΕΙΣΟΥ/ΑΡΤΕΜΙΔΟΣ
39	MS308	Μ. 4012.53 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	2	482378.190	4209856.848	ΜΑΡΟΥΣΙ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΕΝΤΡΟ ΜΕΤΑ ΤΗ ΡΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΗΣ ΠΑΡΑΔΕΙΣΟΥ/ΑΡΤΕΜΙΔΟΣ
40	MS309	Μ. 4012.52 - ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ	ΒΡΟΧΟΣ	1	482378.190	4209856.848	ΜΑΡΟΥΣΙ	ΠΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΟΥ ΚΛΑΔΟΥ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΠΑΡΑΔΕΙΣΟΥ/ΑΡΤΕΜΙΔΟΣ
41	MS311	Μ. 4013.76 - ΠΑΡΑΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	2	482492.645	4210007.719	ΜΑΡΟΥΣΙ	ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΒΑ. ΠΡΟΣ ΑΠΤΙΚΗ ΟΔΟ. 32 Μ. ΜΕΤΑ ΤΗ ΦΡΑΓΚΟΚΛΗΣΙΑΣ
42	MS312	Μ. 4014.77 - ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ	ΒΡΟΧΟΣ	1	482921.300	4210599.314	ΜΑΡΟΥΣΙ	ΠΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΠΟ ΔΑΚΤΥΛΙΑ ΟΤΕ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑ (Β.Α.), 140 Μ. ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗ ΣΔΡΟΥ
43	MS315	Μ. 4014.80 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	2	482806.428	4210521.179	ΜΑΡΟΥΣΙ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΕΝΤΡΟ ΜΕΤΑ ΤΗ ΡΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΠΡΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΑ ΟΤΕ ΚΑΙ ΑΠΤΙΚΗ ΟΔΟ
44	MS316	Μ. 4014.81 - ΔΕΙΑΛΟΡΙΑ	ΒΡΟΧΟΣ	1	482798.397	4210527.822	ΜΑΡΟΥΣΙ	ΔΕΙΑΛΟΡΙΑ ΤΗΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΟ ΔΑΚΤΥΛΙΑ ΟΤΕ (ΡΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΠΡΟΣ ΑΠΤΙΚΗ ΟΔΟ)
45	MS321	Μ. 3001.72 - ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΛΟΡΙΔΑ	ΒΡΟΧΟΣ	1	479556.422	4205220.290	Ν. ΨΥΧΙΚΟ	ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΛΟΡΙΔΑ ΡΑΜΠΙΑΣ ΕΞΟΔΟΥ ΚΑΛΑΟΥ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ ΠΡΟΣ ΜΟΥΣΩΝ (ΚΟΜΒΟΣ ΚΑΤΕΧΑΚΗ)
46	MS348	Μ. 3001.73 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	3	479575.886	4205282.260	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΛΟΡΙΔΑ ΚΑΛΑΟΥ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ (ΚΑΤ'Ο ΑΠΟ ΤΗΝ ΓΕΦΥΡΑ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΚΑΤΕΧΑΚΗ)
47	MS399	Μ. 3001.74 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	2	479971.115	4205793.927	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΔΕΙΑ ΛΟΡΙΔΑ (ΡΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΛΑΟΥ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ ΠΡΟΣ ΜΟΥΣΩΝ)
48	MS428	Μ. 4005.60 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	2	479971.115	4205793.927	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ 10Μ. ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ ΜΕ ΑΡΠΑΝΟΥ
49	MS468	Μ. 4005.65 - ΠΑΜΠΙΑ ΕΞΟΔΟΥ	ΒΡΟΧΟΣ	1	479973.984	4205791.838	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΠΑΜΠΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΗΦΙΣΙΑ ΑΜΕΣΩΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ ΤΗΣ ΑΡΠΑΝΟΥ (ΠΡΟΣ ΨΥΧΙΚΟ)
50	MS500	Μ. 4004.55 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	2	479354.456	4204743.198	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΒΟΡΕΙΑ. 30 Μ. ΜΕΤΑ ΕΡΥΘΡΟΥ ΣΤΑΥΡΟΥ - ΠΑΝΟΡΜΟΥ
51	MS503	Μ. 4004.75 - ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ	ΒΡΟΧΟΣ	2	479354.456	4204743.198	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΚΥΡΙΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ. 30 Μ. ΜΕΤΑ ΠΑΝΟΡΜΟΥ
52	MS505	Μ. 4004.99 - ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΔΡΟΜΙΑ	ΒΡΟΧΟΣ	1	479346.970	4204746.629	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΔΡΟΜΙΑ ΜΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΟ (Ν.Δ.), 40 Μ. ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΑΝΟΡΜΟΥ

