

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Αθήνα, Ιούλιος 2019

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γ. Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., για την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, την υποστήριξη και την πολύτιμη καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια εκπόνησής της, καθώς και την εξαιρετική συνεργασία μας.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω εξίσου θερμά την Κατερίνα Φώλλα, υποψήφια Διδάκτορα Ε.Μ.Π., για τις συμβουλές και τις υποδείξεις της πάνω σε σημαντικά θέματα της Διπλωματικής Εργασίας και ιδιαίτερα κατά το στάδιο της στατιστικής ανάλυσης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ηθική και υλική υποστήριξη που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Ιούλιος 2019
Χαραλαμπίδη Μαρία

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ, ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΩΝ ΣΤΑ ΟΔΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΤΑ ΚΡΑΤΗ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ

Χαραλαμπίδη Μαρία

Επιβλέπων : Γεώργιος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΣΥΝΟΨΗ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι να διερευνηθούν για πρώτη φορά οι οικονομικοί, κοινωνικοί και συγκοινωνιακοί δείκτες επιρροής των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα στα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για την ανάλυση αναπτύχθηκε ειδική βάση δεδομένων που περιελάμβανε στοιχεία για όλα τα κράτη για δείκτες σχετικούς με την οικονομία, την οδική υποδομή, τα χαρακτηριστικά των οχημάτων και της κυκλοφορίας τους και τα οδικά ατυχήματα για το έτος 2015. Αναπτύχθηκαν γενικευμένα γραμμικά στατιστικά μοντέλα που συσχετίζουν τη συχνότητα των βαριά τραυματιών και τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων με τους επιλεγμένους δείκτες. Η εφαρμογή των μοντέλων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το ποσοστό των επιβατικών οχημάτων που έχουν δείκτη ασφαλείας 5 αστέρια έχει τη μεγαλύτερη επιρροή και διαπιστώθηκε ότι η αύξηση του σχετίζεται με μείωση του αριθμού των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα. Επιπλέον, η αύξηση του ποσοστού των λεωφορείων οδηγεί σε σημαντική μείωση του αριθμού των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα και στη σοβαρότητα των ατυχημάτων.

Λέξεις κλειδιά : Βαριά τραυματίες σε οδικά ατυχήματα, δείκτης ασφαλείας επιβατικών οχημάτων, κοινωνικοί και οικονομικοί δείκτες, γενικευμένο γραμμικό μοντέλο

IMPACT OF ECONOMIC, SOCIAL AND TRANSPORT INDICATORS ON SERIOUS ROAD INJURIES IN THE EUROPEAN UNION

Charalampidi Maria

Supervisor: George Yannis, Professor, NTUA

ABSTRACT

The objective of this Diploma Thesis is to investigate for the first time the impact of economic, social and transport indicators on serious road injuries in the European Union. For this analysis a database was developed containing key indicators on economy, road infrastructure, the characteristics of vehicle fleet and of their related traffic and of road accidents for the year 2015. Generalized Linear Models were developed correlating the number of serious road injuries and the severity of road accidents with the indicators considered. The models application lead to the conclusion that the percentage of passenger cars with Euro Ncap scores 5 stars has the most important impact and its increase leads to serious road injuries decrease. Moreover, the increase of the percentage of buses leads to significant decrease not only to the number of serious road injuries but also to the severity of road accidents.

Key-words : serious road injuries, Euro Ncap score, social and economic indicators, generalized linear model

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι να διερευνηθούν οι **οικονομικοί, κοινωνικοί και συγκοινωνιακοί δείκτες επιρροής των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα στα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης**.

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, ακολούθησε η **βιβλιογραφική αναζήτηση** ερευνών συναφών με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και παγκοσμίως.

Ακολούθως πραγματοποιήθηκε η συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων από **βάσεις δεδομένων διάφορων οργανισμών**: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, World Bank, European Environmental Agency, EUROSTAT, IRF, IRTAD και αναπτύχθηκε η σχετική βάση δεδομένων. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν αφορούσαν κοινωνικά, οικονομικά και συγκοινωνιακά χαρακτηριστικά των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το έτος 2015.

Τη συλλογή των δεδομένων ακολούθησε η κατάλληλη επεξεργασία τους προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη μεθοδολογία και να πραγματοποιηθεί η εισαγωγή τους στο ειδικό στατιστικό λογισμικό. Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το Γενικευμένο Γραμμικό Μοντέλο. **Αναπτύχθηκαν συνολικά τέσσερα στατιστικά μοντέλα**, δύο που εκφράζουν τη συχνότητα των βαριά τραυματιών και δύο που εκφράζουν τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων, τα οποία ανά ζεύγη είχαν τις ίδιες μεταβλητές. Πιο συγκεκριμένα αναπτύχθηκαν δύο μοντέλα για όλα τα κράτη της Ευρωπαϊκής ένωσης έχοντας ως δεδομένο για τους βαριά τραυματίες τον αριθμό των ατόμων που εισήχθησαν σε νοσοκομείο και δύο μοντέλα για 16 κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχοντας τον αριθμό των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα με βάση τη συντετμημένη βαθμολογία τραυματισμού MAIS, όπου «βαριά τραυματίας» ορίζεται ένας τραυματίας με τραυματισμούς επιπέδου τρία ή περισσότερο (MAIS3+).

Στα μοντέλα που αφορούν στη συχνότητα των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα χρησιμοποιήθηκε ως εξαρτημένη μεταβλητή ο φυσικός λογάριθμος των βαριά τραυματιών, ενώ στα μοντέλα για τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων χρησιμοποιήθηκε ως εξαρτημένη μεταβλητή και **δείκτη της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων** ο φυσικός λογάριθμος του αριθμού των βαριά τραυματιών διαιρεμένος με τον αριθμό των θανάτων στα οδικά ατυχήματα. Ως ανεξάρτητες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν σε όλες τις περιπτώσεις οικονομικοί, συγκοινωνιακοί και κοινωνικοί δείκτες.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η **τελική επιλογή των μοντέλων**, έγινε μετά από πολλές δοκιμές συνδυασμών ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών, και τελικώς επιλέχθηκαν οι στατιστικά σημαντικές μεταβλητές. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα αποτελέσματα των τελικών μοντέλων.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Βαριά τραυματίες - Hospitalized - All Countries					
	LN(Hospitalized)			LN(Hospitalized/Fatalities)		
	log Likelihood	sig.		log Likelihood	sig.	
	22,298	0,000		13,986	0,007	
	Bi	Wald	ei*	Bi	Wald	ei*
Σταθερός όρος	8,662	37,967				
Euro Ncap score 5 stars	-0,08	23,967	-15,31	-0,040	3,92	-6,69
Αυτοκινητόδρομοι / συνολικό οδικό δίκτυο	0,154	6,319	1,25	0,155	3,947	1
LN (όγκος οδικής κυκλοφορίας σε επιβατοχιλιόμετρα)	0,119	2,089	3,78	0,356	13,376	8,38
Δίκυκλα / χιλιάδες πληθυσμού	0,225	5,84	1	0,301	6,086	1,29
Λεωφορεία %	-0,756	3,239	-1,05			

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Βαριά τραυματίες - Mais3+ - 16 Countries					
	LN(Mais3+)			LN(Mais3+/Fatalities)		
	log Likelihood	sig.		log Likelihood	sig.	
	14,721	0,023		28,300	0,000	
	Bi	Wald	ei*	Bi	Wald	ei*
Σταθερός όρος	-7,346	2,374		-18,913	53,442	
Αυτοκινητόδρομοι / συνολικό οδικό δίκτυο	0,036	3,091	1	0,046	16,863	1
Λεωφορεία %	-4,458	11,808	-11,26	-4,305	37,415	-9,27
Επιβατικά οχήματα ηλικίας πάνω από 20 έτη %	0,088	22,206	8,27	0,092	82,561	7,32
Ιατροί ανά εκατομμύριο πληθυσμού	-0,045	7,98	-15,45	-0,054	39,096	-14,23
LN(A.E.Π.)	1,419	8,611	142,73	2,188	69,555	177
Χρήση ζώνης ασφαλείας συνοδηγού %	-0,008	2,327	-5,77	-0,009	9,412	-5,05

Πίνακας 6.1 : Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλων

Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας συνδέονται άμεσα με τον στόχο της έρευνας, όπως αυτός περιγράφηκε στο πρώτο κεφάλαιο. Τα σημαντικότερα εκ των συμπερασμάτων, που προέκυψαν, αναλύονται παρακάτω :

1. Από τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν διαπιστώθηκε ότι **η αύξηση του ποσοστού των επιβατικών οχημάτων με δείκτη ασφαλείας πέντε αστέρια (EuroNcapScore 5 stars) σχετίζεται με μείωση τόσο των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα όσο και της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων**. Ένα επιβατικό όχημα με δείκτη ασφαλείας 5 αστέρια έχει πολύ καλό εξοπλισμό ασφαλείας, σύστημα προστασίας από οδικό ατύχημα και εγκατεστημένη τεχνολογία αποφυγής οδικού ατυχήματος. Επομένως ένα καλύτερα εξοπλισμένο και καινούριας τεχνολογίας επιβατικό όχημα, συμβάλει στη μείωση των σοβαρά τραυματιών και της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων.
2. Και από τα δύο μοντέλα που αναπτύχθηκαν για τη συχνότητα των σοβαρά τραυματιών από οδικά ατυχήματα, διαπιστώθηκε ότι **το ποσοστό των λεωφορείων στο σύνολο των οχημάτων οδηγεί μείωση των βαριά τραυματιών**. Τα λεωφορεία θεωρούνται ασφαλή μέσα μετακίνησης, διότι όχι μόνο διατηρούν σχετικά χαμηλές ταχύτητες αλλά και σε πολλές χώρες υπάρχουν ειδικές λωρίδες μόνο για τα λεωφορεία, με συνέπεια να μην εμπλέκονται με άλλα οχήματα.
3. Διαπιστώθηκε ακόμη **θετική συσχέτιση του Α.Ε.Π. όχι μόνο με την αύξηση της συχνότητας των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα αλλά και με τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων**.

Ενδεχομένως τα πιο πλούσια κράτη έχουν καλύτερη οδική υποδομή και καλύτερα οχήματα που ενδεχομένως ευνοούν τις υψηλότερες ταχύτητες και συνεπώς την αυξημένη σοβαρότητα τραυματισμού των οδηγών, επιβατών και πεζών σε περίπτωση ατυχήματος.

4. Από την επεξεργασία του μοντέλου της συχνότητας των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα προέκυψε ότι **το ποσοστό χρήσης της ζώνης ασφαλείας του συνοδηγού έχει σημαντική επιρροή στην μείωση του αριθμού των βαριά τραυματιών**, συμπέρασμα λογικό δεδομένου ότι η χρήση ζώνης ασφαλείας είναι ο ευκολότερος και αποτελεσματικότερος τρόπος για την αποφυγή τραυματισμού σε περίπτωση σύγκρουσης.
5. Παρατηρήθηκε επίσης ότι **η αύξηση του ποσοστού των επιβατικών οχημάτων με ηλικία μεγαλύτερη από 20 έτη οδηγεί σε αύξηση τόσο στον αριθμό των σοβαρά τραυματιών σε οδικά ατυχήματα όσο και της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων**. Τα μεγάλης ηλικίας επιβατικά οχήματα, μπορούν να εμφανίσουν πολλές δυσλειτουργίες κατά την οδήγηση και δεν έχουν εξελιγμένα συστήματα ενεργητικής και παθητικής ασφαλείας με ενδεχόμενη συνέπεια να καθιστούν τον χρήστη της οδού περισσότερο εκτεθειμένο στη περίπτωση ατυχήματος.
6. Κατά την επεξεργασία των στοιχείων, διαπιστώθηκε ότι **η ύπαρξη αυξημένου ποσοστού ιατρών ανά πληθυσμό οδηγεί σε μείωση των σοβαρά τραυματιών**, ενδεχομένως λόγω της πιο αποτελεσματικής παροχής άμεσης ιατρικής περίθαλψης στους εμπλεκόμενους σε οδικό ατύχημα.
7. Και από τα τέσσερα μαθηματικά μοντέλα καθώς και από την επεξεργασία των δεδομένων τους και την προβολή τους σε διαγράμματα διαπιστώθηκε ότι **η αύξηση του ποσοστού των αυτοκινητοδρόμων στο σύνολο του οδικού δικτύου οδηγεί σε αύξηση της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων**. Μία πιθανή εξήγηση αυτού του συμπεράσματος είναι ότι στους αυτοκινητοδρόμους αναπτύσσονται μεγάλες ταχύτητες και στην περίπτωση οδικού ατυχήματος οι τραυματισμοί είναι πιο σοβαροί.
8. Από τα στατιστικά μοντέλα διαπιστώθηκε ότι **η αύξηση του αριθμού των δικύκλων ανά εκατομμύριο πληθυσμού συμβάλλει στην αύξηση των σοβαρά τραυματιών σε οδικό ατύχημα**. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως οφείλεται στο ότι ο δικυκλιστής είναι εκτεθειμένος και τραυματίζεται και ευκολότερα και σοβαρότερα, ειδικά εάν δεν φοράει κράνος.
9. Αξίζει να σημειωθεί ότι από την εφαρμογή των στατιστικών μοντέλων και την προβολή των αποτελεσμάτων τους σε διαγράμματα, παρατηρήθηκε ότι **όλες οι μεταβλητές που επηρεάζουν τον αριθμό των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα εμφανίζουν παρόμοια επιρροή και στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων**.
10. Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί παγκοσμίως αναφορικά με τη σύνδεση των ατυχημάτων με κοινωνικούς, οικονομικούς και συγκοινωνιακούς, εστίαζαν στη μελέτη είτε των θανάτων σε οδικά ατυχήματα είτε στη μελέτη παραγόντων που επιδρούν στη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάστηκε για **πρώτη φορά η μελέτη μακροσκοπικών παραγόντων που επηρεάζουν τους σοβαρά τραυματίες σε οδικά ατυχήματα**, με ιδιαίτερα χρήσιμα αποτελέσματα για εκείνους που παίρνουν τις αποφάσεις για τις πολιτικές, τα προγράμματα και τα μέτρα μείωσης των οδικών ατυχημάτων και της σοβαρότητάς τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	5
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	9
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	10
1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	13
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
2.2 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ.....	14
2.2.1 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	14
2.2.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΗΣΗΣ ΤΗΣ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ.....	18
2.3 ΣΥΝΟΨΗ – ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	20
3. ΘΕΩΡΙΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	22
3.2 ΓΕΝΙΚΟ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	22
3.3 ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΑ ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ.....	23
3.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	25
3.5 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ.....	28
4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	29
4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	29
4.2.1 ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	29
4.2.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ Η ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥΣ.....	30
4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	30
5. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	34
5.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.	34
5.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ.....	36
5.4 ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ ΠΟΥ ΕΙΣΧΗΘΗΣΑΝ ΣΕ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ (HOSPITALIZED)	37
5.4.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	37
5.4.1.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	37
5.4.1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	39
5.4.1.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	40
5.4.1.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.....	41

5.4.2 ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ.....	43
5.4.2.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΕΛΟΥ.....	43
5.4.2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	45
5.4.2.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	46
5.4.2.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.....	46
5.5 ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΚΛΙΜΑΚΑ MAIS ΓΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΤΟΥ 3. (MAIS3+).....	48
5.5.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	49
5.5.1.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	49
5.5.1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	51
5.5.2 ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	52
5.5.2.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	52
5.5.2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	54
5.5.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ MAIS3+.....	55
5.5.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ MAIS3+.....	56
5.6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥΣ ΟΡΙΣΜΟΥΣ ΓΙΑ ΒΑΡΙΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΕΣ ΣΕ ΟΔΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ.....	58
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	
6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	60
6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	62
6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	63
6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	64
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	65

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 : Συντετμημένη Κλίμακα Τραυματισμών (Abbreviated Injury Score – AIS).....	6
Πίνακας 1.2 : Νεκροί και σοβαρά τραυματισμένοι (MAIS3+) ανά εκατομμύριο πληθυσμού για τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Πηγή : European Commission, 2016).....	7
Πίνακας 1.3 : Βαριά τραυματισμοί στα οδικά δίκτυα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Πηγή : European Commission, 2016)	8
Πίνακας 3.1 : Μερικές συνηθισμένες συναρτήσεις σύνδεσης και οι αντίστροφες τους, όπου i η αθροιστική Φ_i η γραμμική επεξηγηματική μεταβλητή, ηείναι η μέση τιμή της απόκρισης, συνάρτηση κατανομής της κανονικής κατανομής.....	25
Πίνακας 3.2 : Κρίσιμες τιμές συντελεστή t	27
Πίνακας 4.1 : Βάση δεδομένων (1/2).	31
Πίνακας 4.2 : Βάση δεδομένων (2/2)	31
Πίνακας 5.1 : Μέρος της βάσης δεδομένων για όλα τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο στατιστικό λογισμικό SPSS.....	35
Πίνακας 5.2 : Σύνοψη για το μοντέλο βαριά τραυματιών ως hospitalized.....	38
Πίνακας 5.3 : Τιμή ελαστικότητας ανεξάρτητων μεταβλητών για το μοντέλο hospitalized.....	40
Πίνακας 5.4 : Σύνοψη για το μοντέλο βαριά τραυματιών προς θανάτων σε οδικό ατύχημα.....	44
Πίνακας 5.5 : Τιμές ελαστικότητας ανεξάρτητων μεταβλητών για το μοντέλο hospitalized/νεκρούς...46	
Πίνακας 5.6 : Σύνοψη για το μοντέλο των σοβαρά τραυματιών (MAIS3+).....	50
Πίνακας 5.7 : Σύνοψη των αποτελεσμάτων για το μοντέλο του δείκτη σοβαρότητας (MAIS3+/Fatalities).....	53
Πίνακας 5.8 : Τιμές ελαστικότητας ανεξάρτητων μεταβλητών για το μοντέλο MAIS3+.....	55
Πίνακας 5.9 : Τιμές ελαστικότητας ανεξάρτητων μεταβλητών για το μοντέλο MAIS3+/fatalities.....	55
Πίνακας 6.1 : Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλων.....	61

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.1 : Σοβαρά τραυματισμοί στα οδικά δίκτυα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Πηγή : European Commission, 2016)	8
Διάγραμμα 1.2 : Σχηματική απεικόνιση των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας.....	12
Διάγραμμα 4.1 : Σοβαρά τραυματισμοί με βάση τον αριθμό των ανθρώπων που εισήχθησαν σε νοσοκομείο σε σύγκριση με τους θανάτους στα οδικά ατυχήματα.....	32
Διάγραμμα 4.2 : Σοβαρά τραυματισμοί με βάση την κλίμακα MAIS3+ σε σύγκριση με τους θανάτους στα οδικά ατυχήματα.	32
Διάγραμμα 5.1 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του δείκτη Ncap Score 5 στον αριθμό των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα.....	41
Διάγραμμα 5.2 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του αριθμού των δικύκλων ανά χιλιάδες πληθυσμού στον αριθμό των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα.....	42
Διάγραμμα 5.3 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του ποσοστού των αυτοκινητοδρόμων στον αριθμό των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα.....	42
Διάγραμμα 5.4 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του δείκτη ασφαλείας επιβατικών οχημάτων (Euro Ncap score 5) στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.....	47
Διάγραμμα 5.5 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του αριθμού των δικύκλων ανά χιλιάδες	

πληθυσμού στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.....	47
Διάγραμμα 5.6 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του ποσοστού των αυτοκινητοδρόμων στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.....	48
Διάγραμμα 5.7 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του ποσοστού των επιβατικών οχημάτων με ηλικία μεγαλύτερη των 20 ετών στον αριθμό των βαριά τραυματιών.....	56
Διάγραμμα 5.8 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του ποσοστού των λεωφορείων στον αριθμό των βαριά τραυματιών.....	57
Διάγραμμα 5.9 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του ποσοστού των επιβατικών οχημάτων με ηλικία μεγαλύτερη των 20 ετών στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.....	57
Διάγραμμα 5.10 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του ποσοστού των λεωφορείων στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.....	58

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Στη σύγχρονη κοινωνία οι **οδικές μεταφορές** αποτελούν αναπόσπαστο μέρος των δραστηριοτήτων του ανθρώπου. Η συμβολή τους στην ανάπτυξη και στην πρόοδο της κοινωνίας είναι αδιαμφισβήτητη. Ωστόσο, ο σύγχρονος τρόπος ζωής ο οποίος οδηγεί σε διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για μετακινήσεις, έχει ως αποτέλεσμα αρνητικές κοινωνικές συνέπειες, οι οποίες εκφράζονται και σε μεγάλες καθημερινές ανθρώπινες απώλειες και σοβαρούς τραυματισμούς σε **οδικά ατυχήματα**.

Τα οδικά ατυχήματα έχουν τεράστιο κοινωνικό και οικονομικό κόστος, γεγονός που καθιστά προτεραιότητα για κάθε χώρα τον περιορισμό τους. Στην αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού το επιστημονικό πεδίο της οδικής ασφάλειας, το οποίο συνεχώς αναπτύσσεται, στοχεύει στη μείωση του κινδύνου θανάτου ή σοβαρού τραυματισμού για τους χρήστες ενός οδικού δικτύου. Λόγω του τεράστιου κοινωνικού και οικονομικού κόστους των οδικών ατυχημάτων, οι επιδόσεις οδικής ασφάλειας αποτελούν κρίσιμο αντικείμενο μελέτης παγκοσμίως.

Κάθε χρόνο **χάνουν τη ζωή τους περίπου 1,35 εκατομμύρια άνθρωποι, ενώ τραυματίζονται 50 εκατομμύρια άτομα**. Οι τραυματισμοί από οδικά ατυχήματα αποτελούν την κύρια αιτία θανάτου για τους νέους ηλικίας μεταξύ 15 και 29 χρονών. Επίσης οι τραυματισμοί σε οδικά ατυχήματα κοστίζουν στα κράτη περίπου το 3% του Α.Ε.Π.. (WHO, 2018)

Στην **Ευρωπαϊκή Ένωση ο Ετήσιος αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα ανέρχεται στους 25,100** (European Commission, 2018) και στην Ελλάδα 740 (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2018). Η κρισιμότητα των οδικών ατυχημάτων έχει καταστήσει αναγκαίες τις συντονισμένες προσπάθειες για βελτίωση οδικών ατυχημάτων της οδικής ασφάλειας τόσο σε εθνικό όσο και σε τοπικό επίπεδο.

Ωστόσο για κάθε άνθρωπο που βρίσκει το θάνατο σε οδικό ατύχημα πολλοί άλλοι υποφέρουν από σοβαρούς τραυματισμούς με σοβαρές επιπτώσεις στη ζωή τους. Οι τραυματισμοί από οδικά ατυχήματα αποτελούν μία από τις κυριότερες αιτίες πρόκλησης μόνιμης αναπηρίας παγκοσμίως. Τα σοβαρά ατυχήματα όχι μόνο είναι συχνά, αλλά και συνεπάγονται σοβαρές οικονομικές επιπτώσεις στα κράτη, εξαιτίας της μακροχρόνιας αποκατάστασης και ιατρικής παρακολούθησης που χρειάζονται τα θύματα.

Ενώ υπάρχει σημαντική πρόοδος για την αντιμετώπιση των θανατηφόρων ατυχημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τα σοβαρά-αλλά μη θανατηφόρα ατυχήματα συνεχίζουν να αποτελούν μεγάλο πρόβλημα υγείας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η δυσκολία που παρουσιαζόταν στην μελέτη τους, ήταν ότι υπήρχε ένα μεγάλο εύρος ως προς το τι όριζε κάθε χώρα ως «**βαριά τραυματισμός**». Κάποια από αυτά τα κριτήρια ήταν :

- Το χρονικό διάστημα της παραμονής στο νοσοκομείο (το οποίο το χρησιμοποιούσαν σε πολλές χώρες). Ένα άτομο το θεωρούσαν «βαριά τραυματία» εάν παρέμενε στο νοσοκομείο, όχι για απλή παρακολούθηση, για πάνω από 24 ώρες.
- Το είδος και ο βαθμός του τραυματισμού. Σε κάποιες χώρες χρησιμοποιούσαν κάποια κλίμακα κατάταξης του τραυματισμού (πχ. Μέγιστη Συντετμημένη Βαθμολογία Τραυματισμού, MAIS - Maximum Abbreviated Injury Scale).
- Η αδυναμία εργασίας.

- Το χρονικό διάστημα που απαιτείται για ανάρρωση.
- Η μακροχρόνιες αναπηρίες.

Οι **πολλοί και διαφορετικοί αυτοί ορισμοί** για τα σοβαρά ατυχήματα στα οδικά δίκτυα απέτρεπαν τη σύγκριση τους και τη λήψη μέτρων για τη μείωση τους σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Κάποιος τραυματισμός που σε μία χώρα καταγραφόταν ως «βαριά τραυματισμός» σε κάποια άλλη μπορεί να καταγραφόταν ως «ελαφρύς».

Τη στιγμή που οι περισσότερες θνησιμότητες από ατυχήματα στα οδικά δίκτυα καταγράφονται στην εθνική βάση δεδομένων τροχαίων ατυχημάτων με στοιχεία της Τροχαίας, μελέτες έχουν δείξει ότι **μόνο περίπου το 70% από το σύνολο των βαριά τραυματισμών καταγράφονται** (Elvik and Myrersen, 1999).

Από το 2015, τα Μέλη κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης άρχισαν να καταγράφουν τους βαριά τραυματισμούς βασισμένοι σε έναν καινούριο ορισμό, στον οποίο όλοι συμφώνησαν, σύμφωνα με τα ιατρικά πρότυπα. Η διεθνής **“Μέγιστη Συντετμημένη Βαθμολογία Τραυματισμού”, MAIS** κλίμακα τραυματισμού, (Maximum Abbreviated Injury Score) χρησιμοποιείται πλέον για την καταγραφή και βαθμολογία των ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο. Το εύρος αυτής της βαθμολογικής κλίμακας είναι ένα έως έξι. Ως «βαριά τραυματισμός» ορίζεται ένας τραυματίας «με τραυματισμούς επιπέδου τρία ή μεγαλύτερου» (MAIS3+).

AIS-Code	Τραυματισμός	Παράδειγμα	AIS % πιθανότητα θανάτου
1	Μικρός	Γραντζουνιές	0
2	Μέτριος	Κάταγμα Στέρνου	1-2%
3	Σοβαρός	Ανοιχτό κάταγμα βραχιόνιου οστού	2-8%
4	Πολύ Σοβαρός	Διάτρηση τραχείας	5-50%
5	Κρίσιμος	Ρήξη ύπατος με απώλεια ιστού	5-50%
6	Μέγιστος	Ολική ρήξη αορτής	100%

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 : Συντετμημένη Κλίμακα Τραυματισμών (Abbreviated Injury Score – AIS)

Για να είναι συγκρίσιμα τα μεγέθη των ατυχημάτων χρησιμοποιούνται διεθνώς διάφοροι **δείκτες ατυχημάτων** οι οποίοι ανάγουν τον αριθμό των ατυχημάτων (νεκροί, τραυματίες, συνολικό κόστος ή κόστος υλικών ζημιών) ως προς κάποιο μέγεθος που εκφράζει το οδικό έργο στο οποίο αντιστοιχούν (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας 1994). Στον πίνακα και το διάγραμμα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι νεκροί και οι βαριά τραυματίες ανά εκατομμύριο πληθυσμού.

MEMBER STATE	FATALITIES BY POPULATION	HOSPITALISED	SERIOUSLY INJURED MAIS3+
Belgium	65	373	265
Bulgaria	98	320	n.a
Czech Republic	70	236	271
Denmark	31	315	n.a
Germany	43	834	190
Estonia	51	352	n.a
Ireland	36	98	74
Greece	74	99	n.a
Spain	36	204	137
France	54	412	388
Croatia	82	668	n.a
Italy	56	790	246
Cyprus	67	445	98
Latvia	95	241	n.a
Lithuania	83	146	n.a
Luxembourg	64	561	n.a
Hungary	65	566	n.a
Malta	26	670	n.a
Netherlands	31	789	444
Austria	56	873	164
Poland	77	287	338
Portugal	57	207	197
Romania	95	456	n.a
Slovenia	58	452	103
Slovakia	51	222	n.a
Finland	49	86	95
Sweden	27	251	122
United Kingdom	28	352	78
EU	51,5	485	257

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: Νεκροί και σοβαρά τραυματισμένοι (MAIS3+) ανά εκατομμύριο πληθυσμού για τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Πηγή : European Commission, 2016)

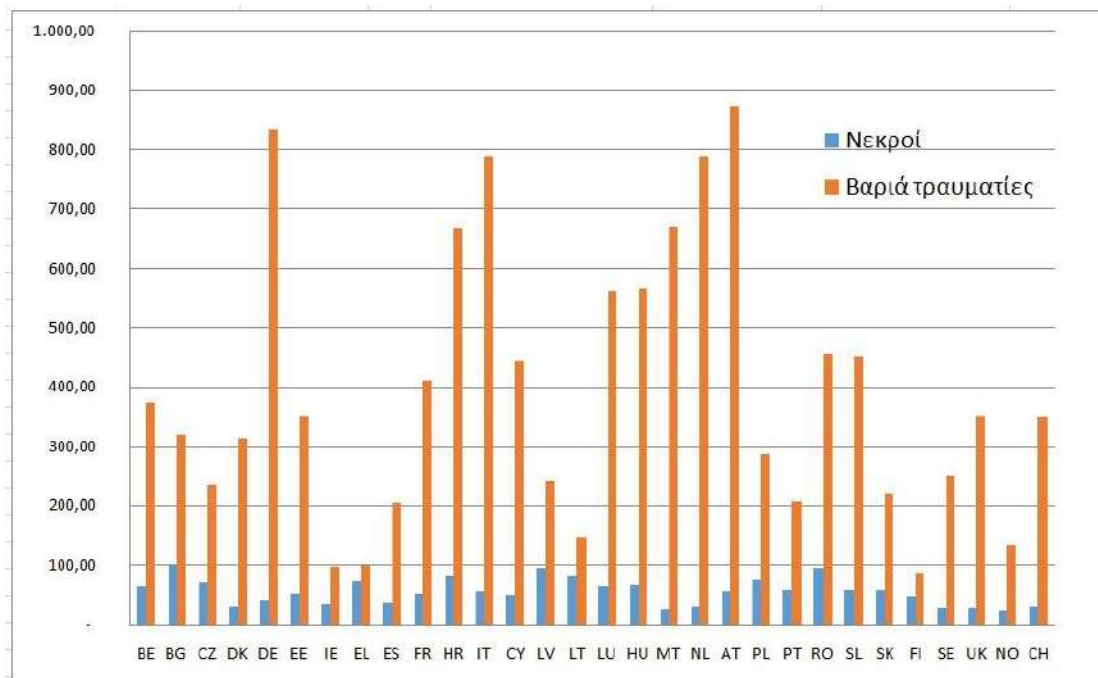
Ο αριθμός των βαριά τραυματισμένων σε οδικά ατυχήματα ανέρχεται στους 257 ανά εκατομμύριο πληθυσμού στην Ευρώπη και 99 ανά εκατομμύριο πληθυσμού στην Ελλάδα (European Commission, 2016). Κατά συνέπεια, έχουμε περίπου 5 βαριά τραυματίες για κάθε νεκρό από οδικό ατύχημα στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Οι περισσότεροι από τους βαριά τραυματίες είναι οι ευάλωτοι χρήστες, όπως οι πεζοί, οι ποδηλάτες, οι μοτοσικλετιστές και οι ηλικιωμένοι.

SERIOUS ROAD TRAFFIC INJURIES



Πίνακας 1.3 : Βαριά τραυματισμοί στα οδικά δίκτυα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Πηγή : European Commission, 2016)

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζονται, για το έτος 2015 οι θάνατοι στα οδικά ατυχήματα καθώς και ο αριθμός των βαριά τραυματιών για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τη Νορβηγία και την Ελβετία.



Διάγραμμα 1.1 : Σοβαρά τραυματισμοί στα οδικά δίκτυα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Πηγή : European Commission, 2016)

Γίνεται φανερό ότι χώρες με σχετικό μικρό αριθμό θανάτων ανά εκατομμύριο πληθισμού στα οδικά ατυχήματα, όπως είναι Ολλανδία (31) και η Γερμανία (42), έχουν πολύ μεγάλο αριθμό βαριά τραυματιών, (789 και 834, αντίστοιχα). Παράλληλα, χώρες με πολλούς θανάτους ανά εκατομμύριο πληθισμού όπως η Ελλάδα (73) και η Λάτβια (95), έχουν πολύ μικρό αριθμό βαριά τραυματιών, (99 και 146 αντίστοιχα).

Τα οικονομικά μεγέθη μιας χώρας έχουν σημαντική επιρροή στην οδική ασφάλεια αλλά δεν αποτελούν τους μοναδικούς παράγοντες που την επηρεάζουν. **Κοινωνικοί και συγκοινωνιακοί δείκτες** όπως για παράδειγμα το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (Α.Ε.Π), το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων, τα συνολικά επιβατοχιλιόμετρα, το πόσο ασφαλή είναι τα οχήματα της κάθε χώρας, **συνδέονται και αυτά με τη σειρά τους με τον αριθμό των οδικών ατυχημάτων**. Αντιλαμβάνεται κανείς λοιπόν, την πολυπλοκότητα που χαρακτηρίζει το συγκεκριμένο ζήτημα και τη δυσκολία για αξιόπιστες προβλέψεις για τη μελλοντική πορεία της οδικής ασφάλειας.

Για την αποτελεσματική βελτίωση της οδικής ασφάλειας διενεργείται εδώ και δεκαετίες, πλήθος ερευνών και μελετών, συνήθως μέσω της επιστήμης της στατιστικής για την ανάλυση και κατανόηση των αλληλοσυσχετισμών των κοινωνικών και οικονομικών δεικτών με τις επιπτώσεις των οδικών ατυχημάτων.

Η έλλειψη όμως συγκρίσιμων στοιχείων για τους βαριά τραυματίες από ατυχήματα στα οδικά δίκτυα, δε μας επέτρεπε μέχρι πρόσφατα τη μελέτη και την κατανόηση της κατάστασης. Ως αποτέλεσμα υπήρχε αδυναμία στη λήψη μέτρων για τη στοχευμένη μείωση του αριθμού των βαριά τραυματιών και την ελάττωση των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων που αυτά συνεπάγονται. Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται μία πρώτη προσπάθεια για τον προσδιορισμό των κοινωνικών και συγκοινωνιακών δεικτών που επηρεάζουν τον αριθμό των βαριά τραυματισμών στα οδικά ατυχήματα, στα μέλη κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι να διερευνηθούν οι **οικονομικοί, κοινωνικοί και συγκοινωνιακοί δείκτες επιρροής των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα στα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης** με τη χρήση μαθηματικών στατιστικών μοντέλων.

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, μέχρι πρότινος δεν είχαμε συγκρίσιμα στοιχεία για τον αριθμό των βαριά τραυματιών στην Ευρώπη. Αυτό συνέβαινε αρχικά λόγω ελλιπής καταγραφής και κυρίως εξαιτίας της μη ύπαρξης κοινού ορισμού για όλα τα Κράτη Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τον βαριά τραυματία. Για πρώτη φορά έχουμε στοιχεία για το έτος 2015, για τον αριθμό των βαριά τραυματιών με κοινό ορισμό (MAIS3+).

Είναι γνωστό πως το πρόβλημα της οδικής ασφάλειας είναι σύνθετο και πολυδιάστατο. Επομένως μείζονος σημασίας η ανάλυση των στοιχείων αυτών, με σκοπό τη μελλοντική τους μείωση. Επιχειρείται συνεπώς, στην παρούσα διπλωματική εργασία, η εξαγωγή μαθηματικών μοντέλων για το σύνολο των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τη Νορβηγία και την Ελβετία, ώστε να προσδιοριστούν οι οικονομικοί, κοινωνικοί και συγκοινωνιακοί παράγοντες που σχετίζονται με τα βαριά ατυχήματα και ο βαθμός στον οποίο ο κάθε παράγοντας τα επηρεάζει.

Παράλληλα χρησιμοποιείται ως **δείκτη σοβαρότητας του ατυχήματος τον λόγο σοβαρά τραυματιών προς τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται και μία προσπάθεια να προσδιορίσουμε και ποιοι οικονομικοί, κοινωνικοί και συγκοινωνιακοί παράγοντες σχετίζονται όχι μόνο με τη συχνότητα αλλά και με τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας και για την επίτευξη του τελικού της στόχου ακολουθήθηκε συγκεκριμένη διαδικασία τα στάδια της οποίας παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Αρχικά μετά την οριστικοποίηση του επιδιωκόμενου στόχου πραγματοποιήθηκε **βιβλιογραφική ανασκόπηση** τόσο σε ελληνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Στη φάση αυτή αναζητήθηκαν παρεμφερείς έρευνες, επιστημονικά άρθρα και γενικότερες πληροφορίες που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες στη συγκεκριμένη μελέτη. Μέσω των ερευνών αυτών καταβλήθηκε προσπάθεια να αποκτηθεί μια σχετική εμπειρία στην ανάλυση τέτοιων θεμάτων, καθώς επίσης και να αποφασιστεί η μέθοδος με βάση την οποία θα πραγματοποιηθεί η επεξεργασία των στοιχείων και να επιτευχθεί ο επιδιωκόμενος στόχος.

Ύστερα από τη μελέτη δεδομένων που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, υλοποιήθηκε η **συλλογή στοιχείων** που απαιτούνταν για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν ήταν για κάθε κράτος-μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τη Νορβηγία και την Ελβετία για το έτος 2015. Αφορούσαν τον πληθυσμό και το κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (Α.Ε.Π.), στοιχεία τα οποία αντλήθηκαν από τις βάσεις δεδομένων της παγκόσμιας τράπεζας (World Bank) και το δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (Human Development Index- H.D.I.), στοιχείο το οποίο αντλήθηκε από το πρόγραμμα ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (U.N.D.P.). Επιπλέον συγκεντρώσαμε από τη βάση δεδομένων της **Eurostat**, το μήκος των σιδηροδρόμων, των αυτοκινητοδρόμων, των διεθνών αλλά και δευτερευουσών οδικών αρτηριών, τον αριθμό των επιβατικών οχημάτων ανά ηλικία οχήματος τον συνολικό αριθμό οχημάτων ανά τύπο οχήματος (επιβατικό, δίκυκλο, λεωφορείο), καθώς και τον αριθμό των γιατρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού. Από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (Ε.Α.Α.) αντλήσαμε τη μέση ηλικία των επιβατικών οχημάτων και τέλος από τη Διεθνή Ομοσπονδία οδών (I.R.F.), τα διανυόμενα επιβατοχιλιόμετρα.

Λόγω δυσκολιών εξαγωγής του μοντέλου για τους βαριά τραυματίες από οδικό ατύχημα, συλλέχθηκαν επιπλέον στοιχεία από την βάση δεδομένων τη Διεθνή Ομάδα Δεδομένων και Ανάλυσης Ασφάλειας της Κυκλοφορίας (IRTAD). Αυτά ήταν το ποσοστό οδηγών πάνω από το όριο της ταχύτητας ανά οδική αρτηρία, το ποσοστό οδηγών που υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια αλκοόλ στο αίμα τους, το ποσοστό χρήσης της ζώνης ασφαλείας από τον οδηγό και τον συνοδηγό στα επιβατικά οχήματα, καθώς και το ποσοστό των επιβατικών οχημάτων που είχαν βαθμολογηθεί με πέντε (5) αστέρια σύμφωνα με το δείκτη ασφάλειας του επιβατικού οχήματος (Euro-NCAP score).

Στο επόμενο στάδιο, ταξινομήθηκαν τα συλλεχθέντα στοιχεία σε μια ενιαία **βάση δεδομένων**, στην οποία για κάθε κράτος και για το έτος που μελετούσαμε (2015) αντιστοιχούσαν τα κατάλληλα δεδομένα. Σε περιορισμένο αριθμό κρατών και ετών τα δεδομένα ήταν ελλιπή, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή του μαθηματικού μοντέλου. Παράλληλα, τα στοιχεία υπέστησαν κατάλληλη **επεξεργασία** για τη χρησιμοποίησή τους στο επόμενο στάδιο.

Την επεξεργασία των στοιχείων ακολούθησε η **στατιστική** τους **ανάλυση** με τη χρήση ειδικού στατιστικού λογισμικού. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο της Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης. Ως εξαρτημένη μεταβλητή θέσαμε τον φυσικό λογάριθμο των βαριά **τραυματιών ανά εκατομμύριο πληθυσμού**, με κριτήριο για τους σοβαρά τραυματίες τον αριθμό των ανθρώπων που εισήχθησαν σε νοσοκομείο(**Hospitalized**) και ως ανεξάρτητες μεταβλητές διάφορες μαθηματικές μορφές του ποσοστού των αυτοκινητοδρόμων ως προς το συνολικό οδικό δίκτυο, τα διανυόμενα επιβατοχιλιόμετρα, το ποσοστό των μοτοσυκλετών ανά χιλιάδες πληθυσμού και το ποσοστό των επιβατικών οχημάτων που είχαν βαθμολογηθεί με πέντε αστέρια σύμφωνα με το δείκτη ασφαλείας του επιβατικού οχήματος (Euro-NCAP score) και το ποσοστό των λεωφορείων. Επειδή δε μας έδινε ικανοποιητικά αποτελέσματα, συνεχίσαμε τις δοκιμές με το Γενικευμένο Γραμμικό Μοντέλο, χρησιμοποιώντας τις ίδιες μεταβλητές ως εξαρτημένη και ανεξάρτητη. Ύστερα από δοκιμές προέκυψε ένα μοντέλο που περιέγραφε σε ανεκτό επίπεδο εμπιστοσύνης την επιρροή των παραπάνω ανεξάρτητων μεταβλητών στη μεταβολή του αριθμού των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα.

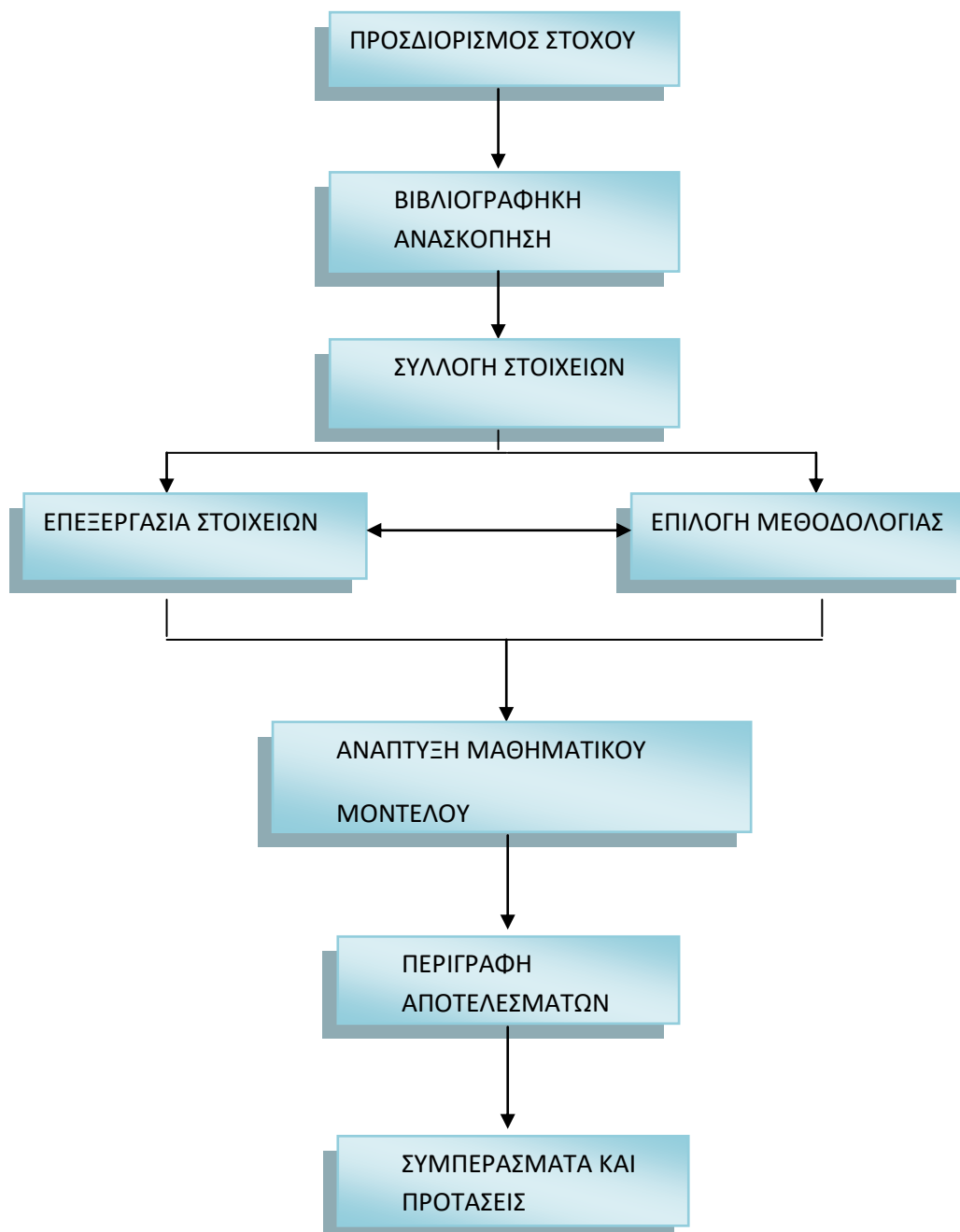
Όμοια, αναπτύχθηκε μοντέλο με εξαρτημένη μεταβλητή τον λογάριθμο του λόγου των βαριά τραυματιών προς των νεκρών στα οδικά ατυχήματα με τις ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές με προηγουμένως. Τα δύο μοντέλα που προηγήθηκαν αφορούσαν στο σύνολο των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της Νορβηγίας και της Ελβετίας, με εξαίρεση την Κύπρο, τη Μάλτα και το Λουξεμβούργο.

Επιπλέον έγινε μία **δεύτερη επεξεργασία** στοιχείων πάλι με τη χρήση του γενικευμένου γραμμικού μοντέλου, αλλά έχοντας σα δεδομένο για τους **βαριά τραυματίες** τον αριθμό που προέκυψε από τον κοινό ορισμό για τους σοβαρά τραυματίες για όλες τις χώρες, αυτόν της μέγιστης συντετμημένης βαθμολογίας τραυματισμού πάνω από τρία. (MAIS3+)

Έγινε συνεπώς η ανάπτυξη ακόμα δύο αντίστοιχων μοντέλων, ένα που να μας δίνει τη συχνότητα και ένα για τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων. Ο σκοπός για αυτό ήταν να δούμε ανάλογα με τον ορισμό των βαριά τραυματιών ποιοι παράγοντες επηρεάζουν και να έχουμε μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα. Τα δύο αυτά μοντέλα **αφορούσαν μόνο τις 16 χώρες της Ευρωπαϊκής ένωσης** για τις οποίες είχαμε δεδομένα για τον αριθμό των βαριά τραυματιών με βάση της κλίμακας MAIS3+.

Έπειτα έγινε **αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων**. Με βάση αυτά εξήχθησαν τα αντίστοιχα συμπεράσματα για τον βαθμό και τον τύπο της επιρροής των εκάστοτε ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη. Με τον τρόπο αυτό, προέκυψαν σημαντικές πληροφορίες για το υπό εξέταση πρόβλημα και διατυπώθηκαν αξιολογες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα σχηματικά τα στάδια της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.



Διάγραμμα 1.2: Σχηματική απεικόνιση των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας

1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το **πρώτο κεφάλαιο** αποτελεί την εισαγωγή της Διπλωματικής Εργασίας και παρουσιάζει στον αναγνώστη το γενικότερο πλαίσιο της οδικής ασφάλειας. Ξεκινά με μία αναφορά στο γενικότερο πρόβλημα της οδικής ασφάλειας στην Ευρώπη και στην Ελλάδα και με μία αναφορά τόσο στη σημαντικότητα που παίζουν οι βαριά τραυματίες στο πρόβλημα της οδικής ασφάλειας, όσο και στη μέχρι σήμερα έλλειψη που υπάρχει στη λήψη μέτρων για τη στοχευμένη αντιμετώπισή τους. Ύστερα, παρουσιάζεται ο επιδιωκόμενος στόχος της Διπλωματικής Εργασίας και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης όπως αυτά προέκυψαν από την αναζήτηση ερευνών με παρεμφερές αντικείμενο, δηλαδή ποιοι δείκτες επηρεάζουν στην οδική ασφάλεια γενικότερα και κατά πόσο έχει γίνει προσπάθεια σύνδεσης μόνο των βαριά τραυματιών με τους δείκτες αυτούς. Παρατίθενται εργασίες από την Ελλάδα αλλά και από το εξωτερικό, οι οποίες έχουν δημοσιευθεί σε συνέδρια, επιστημονικά περιοδικά, άρθρα ή συγγράμματα. Έπειτα πραγματοποιείται σύνοψη των αποτελεσμάτων των ερευνών και κριτική αξιολόγησή τους, ώστε 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. Αρχικά, παρουσιάζονται ορισμένα βασικά στοιχεία στατιστικής, καθώς και η οικογένεια στην οποία ανήκει η επιλεγείσα μεθοδολογία. Επιπλέον, παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε και οι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβάλλεται. Παράλληλα γίνεται σύντομη αναφορά στα ηλεκτρονικά πρόγραμμα που αξιοποιήθηκε καθώς και στα κρίσιμα σημεία λειτουργίας τους.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** γίνεται παρουσίαση των διαδικασιών της συλλογής και επεξεργασίας στοιχείων, στα οποία στηρίχθηκε η Διπλωματική Εργασία. Περιγράφονται αναλυτικά οι διεθνείς βάσεις δεδομένων, όπου αναζητήθηκαν τα απαιτούμενα στοιχεία. Έπειτα αναλύεται ο τρόπος κωδικοποίησης των στοιχείων, καθώς και η επεξεργασία που υπέστησαν ώστε να χρησιμοποιηθούν στη στατιστική ανάλυση.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** περιγράφεται η διαδικασία ανάπτυξης και εφαρμογής των τελικών μαθηματικών μοντέλων. Αρχικά γίνεται αναφορά στις διάφορες δοκιμές που διενεργήθηκαν, ακόμα και σε εκείνες που δεν οδήγησαν σε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα τελικά μοντέλα και παράλληλα παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα, συνοδευόμενα από τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις.

Στο **έκτο κεφάλαιο**, έπειτα από τη σύνοψη των αποτελεσμάτων, παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ερμηνεία των εξαγόμενων μοντέλων. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στη χρησιμότητα των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας και παρουσιάζονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο συγκεκριμένο τομέα.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν κεφάλαιο αφορά στη **βιβλιογραφική ανασκόπηση** που πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και περιλαμβάνει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από έρευνες συναφείς τόσο με το αντικείμενο της παρούσας εργασίας όσο και με τη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται έρευνες που αφορούν στη συσχέτιση των οδικών ατυχημάτων με οικονομικούς, κοινωνικούς και συγκοινωνιακούς δείκτες καθώς και έρευνες που εστιάζουν στον καθορισμό του ποιοι παράγοντες οδηγούν σε θανάσιμο οδικό ατύχημα και ποιοι σε σοβαρό. Τα στοιχεία που εξετάζονται προκύπτουν από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα, αλλά και στο εξωτερικό. Για κάθε εργασία γίνεται συνοπτική αναφορά στη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και στα συμπεράσματα που προέκυψαν. Τέλος, με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, προσδιορίστηκε το ακριβές αντικείμενο της Διπλωματικής εργασίας και επιχειρήθηκε να επιλεγεί η καταλληλότερη μεθοδολογία.

2.2 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ

2.2.1 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται έρευνες συναφείς με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας με στόχο τον προσδιορισμό ενός αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας, το οποίο δεν έχει καλυφθεί πλήρως, συμπληρώνοντας έτσι υπάρχουσες εργασίες. Επιπλέον, επιτρέπει τον έλεγχο εάν τα αποτελέσματα της Διπλωματικής εργασίας συμφωνούν με εκείνα της διεθνούς βιβλιογραφίας. Αντίστοιχα, η ανασκόπηση συναφών μεθοδολογιών έχει στόχο την επιλογή της καταλληλότερης μεθοδολογίας για την αντιμετώπιση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο πανεπιστήμιο του Michigan, ο Alexander C. Wagenaar το 1983 επιχείρησε να συνδέσει τη συχνότητα των οδικών ατυχημάτων με τις επιπτώσεις μακροοικονομικών συνθηκών και συγκεκριμένα ως οικονομικό δείκτη επέλεξε το ποσοστό της ανεργίας, ενώ ταυτόχρονα διερεύνησε την πιθανή επίδραση των διανυόμενων οχηματοχλιομέτρων.

Για την ανάλυση εφαρμόστηκε η μέθοδος του ολοκληρωμένου υποδείγματος αυτοσυσχέτισης-κυλιόμενων μέσων όρων (ARIMA) και η διαδικασία μοντελοποίησης της δυναμικής παλινδρόμησης χρονοσειρών (dynamic regression time series modeling procedures). Για την ανάπτυξη δυναμικών μοντέλων χρονοσειρών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Box & Jenkins.

Τα δεδομένα, που συλλέχθηκαν σε μηνιαία βάση, αφορούσαν την δεκαετία Ιανουάριο 1972 έως Δεκέμβριο 1982. Ο αριθμός των εμπλεκόμενων οδηγών σε οδικά ατυχήματα με έναν τουλάχιστον τραυματία στην περιοχή του Michigan αποτέλεσε την εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου. Το ποσοστό ανεργίας της αντίστοιχης περιοχής, δηλαδή το ποσοστό των ανθρώπων που δεν απασχολούνταν αλλά αναζητούσαν ενεργά εργασία, χρησιμοποιήθηκε ως ανεξάρτητη μεταβλητή. Τα διανυόμενα οχηματοχλιομέτρα αξιοποιήθηκαν στην έρευνα, προκειμένου να διαπιστωθεί η ενδεχόμενη παρεμβαίνουσα επίδραση τους, ανάμεσα στην ανεργία και τα οδικά ατυχήματα. Ο

υπολογισμός τους πραγματοποιήθηκε σε μηνιαία βάση από την μέτρηση της κυκλοφορίας και τις πωλήσεις καυσίμων.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων υπέδειξαν πως **1% αύξηση της ανεργίας** συνεπάγεται **μείωση 316 εμπλεκόμενων οδηγών** σε τροχαία ατυχήματα με τουλάχιστον έναν τραυματισμό **τον ίδιο μήνα** μεταβολής της ανεργίας και **αύξηση 237 εμπλεκόμενων οδηγών** σε οδικά ατυχήματα **τον επόμενο μήνα**.

Επιπλέον, **μία αύξηση κατά 1 δις του αριθμού των διανυόμενων χιλιομέτρων** σχετίζεται με **μία αύξηση κατά 949 εμπλεκόμενους οδηγούς** σε ατύχημα **τον επόμενο μήνα** και **κατά 869 οδηγούς** επιπλέον **τον δεύτερο μήνα** μεταβολής. Από την έρευνα δεν διαπιστώθηκε σημαντική σχέση μεταξύ ανεργίας και διανυόμενων χιλιομέτρων.

Η χρονική υστέρηση, που παρατηρήθηκε στη συσχέτιση του ποσοστού ανεργίας και του αριθμού εμπλεκόμενων οδηγών σε ατύχημα, μπορεί να ερμηνευθεί με δύο τρόπους. Μία εξήγηση είναι πως το αυξημένο άγχος τόσο των ανθρώπων που παρέμειναν άνεργοι όσο και των νεοπροσληφθέντων είναι εντονότερο τον επόμενο μήνα. Κατά συνέπεια, είναι πιθανό λόγω του άγχους να παρουσιαστεί μία πιο επιθετική οδηγική συμπεριφορά με αποτέλεσμα την αύξηση της πιθανότητας συμμετοχής σε ατύχημα. Η δεύτερη ερμηνεία επικεντρώνεται στην ψυχολογική επίδραση που μπορεί να έχει η διάδοση τον επόμενο μήνα των ποσοστών ανεργίας στον πληθυσμό μίας περιοχής.

Το 1986 οι Jacobs και Cutting πραγματοποίησαν μία διατμηματική-συγχρονική μελέτη για την διερεύνηση της σχέσης μεταξύ του **ποσοστού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα και κοινωνικοοικονομικών και συγκοινωνιακών χαρακτηριστικών σε συγκεκριμένα κράτη**. Οι παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π, ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων, η πυκνότητα του οδικού δικτύου, η πυκνότητα των οχημάτων ανά χιλιόμετρο δικτύου, ο πληθυσμός ανά γιατρό και ο πληθυσμός ανά νοσοκομειακή κλίνη. Από την μελέτη συμπεραίνεται πως το ποσοστό των νεκρών δεν σχετίζεται μόνο με το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π, αλλά και με την πυκνότητα των οχημάτων και τον πληθυσμό ανά νοσοκομειακή κλίνη.

Το 1995 οι Söderlund και Zwi πραγματοποίησαν **ανάλυση πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης**, με δεδομένα για το έτος 1990 από 83 χώρες. Ως εξαρτημένη μεταβλητή χρησιμοποιούν εναλλάξ τα **ετήσια ποσοστά θανάτων από οδικά ατυχήματα ανά εκατό χιλιάδες πληθυσμού, τους ετήσιους θανάτους από οδικά ατυχήματα ανά χίλια τετράτροχα οχήματα, τον λόγο θνησιμότητας στη μέση ηλικία προς την αντίστοιχη του συνολικού πληθυσμού, τον λόγο ανδρικής προς γυναικείας θνησιμότητας και τον λόγο θανάσιμων τραυματισμών προς τον συνολικό αριθμό τραυματισμών**. Παράλληλα εισάγονται επεξηγηματικές μεταβλητές, όπως ο κατά κεφαλήν αριθμός οχημάτων, η πυκνότητα του δικτύου (χιλιόμετρα ανά τετραγωνικά χιλιόμετρα), το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π, η δαπάνη για υγεία ως ποσοστό του Α.Ε.Π. και η πυκνότητα του πληθυσμού. Από την μελέτη προέκυψε ότι το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. συσχετίζεται θετικά με τους θανάτους σε οδικά ατυχήματα ανά εκατό χιλιάδες πληθυσμού, αλλά αρνητικά με τους θανάτους ανά χίλια τετράτροχα οχήματα, υποδηλώνοντας ότι σε όρους ανά όχημα το αυξημένο εισόδημα μειώνει τους νεκρούς σε οδικά ατυχήματα. Επιπλέον, ο αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα στις νεαρές και πολύ μεγάλες ηλικίες σχετίζεται άμεσα με την πυκνότητα του πληθυσμού. Τέλος, οι δαπάνες στον τομέα της υγείας ως ποσοστό του Α.Ε.Π. σχετίζονται με ένα μειούμενο ποσοστό θανάσιμων τραυματισμών ανάμεσα στα θύματα οδικών ατυχημάτων.

Το 2001, ο S.Lassare εφάρμοσε το local linear trend model σε δέκα ευρωπαϊκές χώρες και χρησιμοποίησε την εκτιμώμενη τάση και τις εκτιμώμενες ελαστικότητες ώστε να προσδιορίσει τη σχέση μεταξύ της κυκλοφοριακής ροής και του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Η σχέση μεταξύ της κλίσης της τάσης αυτής και της ελαστικότητας όσον αφορά στον αριθμό των οχηματοχιλιομέτρων δίνει έναν δείκτη του ρυθμού της προόδου της οδικής ασφάλειας που έχει επιτευχθεί στις διαφορετικές χώρες. Το στατιστικό μοντέλο που εφαρμόστηκε στην κάθε χώρα είναι το εξής:

$$\begin{cases} \log y_t = m_t + \eta \log v_t + \sum_i \lambda_i \omega_{it} + v_t + \varepsilon_t \\ m_t = m_{t-1} + b_{t-1} + \sum_j \lambda_j \omega_{jt} + \eta_t \\ b_t = b_{t-1} + \sum_k \lambda_k \omega_{kt} + \xi_t \\ v_t = \rho v_{t-1} + \kappa_t \end{cases}$$

όπου y_t ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα
 v_t ο αριθμός των διανυόμενων οχηματοχιλιομέτρων
 η η ελαστικότητα του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα
 $\varepsilon_t, \eta_t, \xi_t, \kappa_t$ λευκός θόρυβος με διακύμανση $\sigma_\varepsilon^2, \sigma_\eta^2, \sigma_\xi^2, \sigma_\kappa^2$
 $\omega_{it}, \omega_{jt}, \omega_{kt}$ δείκτες ετήσιας παρεμβολής
 m_t η τάση
 b_t η κλίση

Από τον ρυθμό μείωσης του ποσοστού των νεκρών και την ελαστικότητα προέκυψε μία τιμή ισορροπίας για κάθε χώρα, την οποία εάν υπερέβαινε ο ρυθμός αύξησης των συνολικών χιλιομέτρων, τότε ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα θα αυξανόταν. Αντίθετα, εάν ήταν μικρότερος, τότε οι νεκροί θα μειώνονταν. Το συμπέρασμα που προέκυψε, λοιπόν, είναι ότι τα **οδικά συστήματα της Ευρώπης μπορούν να απορροφήσουν ετήσια αύξηση της κυκλοφορίας της τάξης του 6% κατά μέσο όρο, διατηρώντας παράλληλα σταθερό τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

Το 2002 πραγματοποιήθηκε έρευνα σε χώρες μέλη του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης από τον M. Koornstra, προκειμένου να διαπιστωθεί ο **συσχετισμός του Α.Ε.Π. με τους καταγεγραμμένους θανάτους και τραυματισμούς από οδικά ατυχήματα.** Κατά την εκπόνηση της μελέτης εφαρμόστηκαν χρησιμοποιήθηκαν **εκθετικά μοντέλα** με ανεξάρτητη μεταβλητή το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. και εξαρτημένη τον αριθμό των νεκρών και των τραυματιών ξεχωριστά. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το υψηλό κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. συνδέεται με υψηλό δείκτη ιδιοκτησίας οχημάτων της χώρας, ενώ η αναλογία νεκρών ανά όχημα τείνει να μειωθεί με την πάροδο του χρόνου και την παράλληλη αύξηση του Α.Ε.Π. Επομένως, οι νεκροί των οδικών ατυχημάτων θα μειωθούν μόνο στις χώρες υψηλού εισοδήματος και στις χώρες με ενδιάμεσες τιμές του δείκτη ιδιοκτησίας και με

Α.Ε.Π. άνω του μέσου όρου, ενώ ο παγκόσμιος αριθμός νεκρών αυξάνεται τις τελευταίες δεκαετίες. Η τάση αυτή είναι χειρότερη για τους τραυματισμούς, στον αριθμό των οποίων παρουσιάζεται μείωση μόνο στις χώρες υψηλού εισοδήματος.

Το 2005 εκπονήθηκε στην Ελλάδα σχετική μελέτη από τους Β. Προφυλλίδη και Γ. Μποτζώρη με σκοπό την αιτιοκρατική συσχέτιση ανάμεσα στις συνέπειες της οδικής ασφάλειας και στο επίπεδο της οικονομικής ανάπτυξης μίας χώρας, χρησιμοποιώντας ως μέτρο επιπέδου ανάπτυξης το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν. Στη μελέτη συμπεριλήφθηκαν στοιχεία από 14 κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ένα εκ των οποίων ήταν και η Ελλάδα. Το μοντέλο που εκτιμά τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά 1000 οχήματα είναι :

$$Y = -0,206905 \cdot \log (A.E.P) + 2,3356$$

Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 ισούται με 0,77, γεγονός που υποδεικνύει ένα μοντέλο στατιστικά ικανοποιητικό. Βάσει του μοντέλου, οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως όσο πιο αναπτυγμένη είναι οικονομικά μία χώρα, τόσο μικρότερος είναι συγκριτικά ο αριθμός των νεκρών.

Μία ακόμα εγχώρια μελέτη σχετική με το αντικείμενο αυτό, εκπονήθηκε από τους Γ. Γιαννή, Κ. Αντωνίου, Ε. Παπαδημητρίου, Δ. Κατσώχη (2011). Επιδιώχθηκε να προσδιοριστεί το **οριακό σημείο**, μετά το οποίο ο αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα μειώνεται. Χρησιμοποιήθηκε **μοντέλο πολλαπλού συστήματος**, ώστε να εντοπιστεί για κάθε κράτος η αλλαγή της κλίσης της καμπύλης του προσωπικού κινδύνου και του οριακού σημείου. Συμπεριλήφθηκαν αρκετές χώρες της Ε.Ε και έγινε μία προσπάθεια προσέγγισης της συσχέτισης του αριθμού των νεκρών από οδικά ατυχήματα και του στόλου των οχημάτων και του πληθυσμού (μέσω του ποσοστού μηχανοκίνησης). Επιχειρήθηκε, δηλαδή, η ταυτόχρονη ανάπτυξη μοντέλων παλινδρόμησης, με το λογισμικό R, με άγνωστα οριακά σημεία, με τρόπο τέτοιο ώστε να εκτιμηθούν οι θέσεις τους και οι κλίσεις των τάσεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο αριθμός και η θέση των οριακών σημείων, αλλά και η κλίση των συνδεόμενων τάσεων διαφέρουν ανάμεσα στα κράτη. Ερμηνεύοντας το εύρημα αυτό, προκύπτει πως οι χώρες εφαρμόζουν διαφορετικά μοντέλα εξέλιξης στον τομέα της οδικής ασφάλειας. Ακόμα, σε μέρος των κρατών τα οριακά σημεία εντοπίζονταν σε στενό εύρος τιμών του ποσοστού μηχανοκίνησης, υποδηλώνοντας, ενδεχομένως, παρεμφερή χαρακτηριστικά όσον αφορά την οδική ασφάλεια, την οικονομία ή τις κοινωνικές συνθήκες.

Επιπλέον, το 2006 ο Anbarci σε συνεργασία με άλλους ερευνητές επεξεργάστηκαν τα δεδομένα της περιόδου 1982-2000 από 23 αφρικανικές χώρες, 26 ευρωπαϊκές, 12 αμερικανικές, και 16 ασιατικές. Προσπάθησαν να συνδέσουν τον αριθμό των νεκρών σε οδικά ατυχήματα με παραμέτρους όπως **το εισόδημα, ο δείκτης διαφθοράς, το ποσοστό αναλφαβητισμού, το ποσοστό θνησιμότητας και ο κατά κεφαλήν αριθμός τετράτροχων οχημάτων**. Ένα από τα αποτελέσματα της μελέτης ήταν η σημαντική επίδραση της διαφθοράς στην αύξηση των θανάτων από τροχαία ατυχήματα σε σχετικά οικονομικά αδύναμες χώρες. Στην προσπάθεια τους να ερμηνεύσουν αυτό το εύρημα, οι μελετητές συμπέραναν πως μία πιθανή αιτία είναι τα πλαστά διπλώματα οδήγησης, η χαμηλή ασφάλεια και συντήρηση των οχημάτων και η μειωμένη εφαρμογή των κανονισμών της νομοθεσίας.

Το 2012 στο Ηνωμένο Βασίλειο εκπονήθηκε μελέτη για την διερεύνηση της **επίδρασης της κοινωνικοοικονομικών παραγόντων στην πιθανότητα εμπλοκής σε θανατηφόρο ατύχημα ή ατύχημα με σοβαρό τραυματισμό**. Συγκεκριμένα, το Royal Society for the Prevention of Accidents (2012), με αφορμή την ανισότητα που παρατηρείται στην υγεία των πολιτών των διάφορων περιοχών

(υποβαθμισμένων- αναβαθμισμένων), προσπάθησαν να τεκμηριώσουν την ύπαρξη αυτής της ανισότητας και στον κλάδο της οδικής ασφάλειας. Κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η αυξημένη πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα συνδέεται με το χαμηλό εισόδημα, την μονογονεϊκή οικογένεια (για τα παιδιά) και το περιβάλλον (χρήσεις γης της περιοχής) και προτείνει διάφορες πολιτικές, που με την εφαρμογή τους είναι εφικτή η βελτίωση του προβλήματος.

2.2.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΗΣΗΣ ΤΗΣ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

Το 1996 ο V. Shankar και F. Mannering από το Department of Civil Engineering and Industrial Engineering στην Ουάσιγκτον, πραγματοποίησαν μία μελέτη για την εύρεση στατιστικών μοντέλων που να μπορούν να προβλέψουν τη σοβαρότητα του οδικού ατυχήματος, δεδομένου ότι έχει υπάρξει ατύχημα, με σκοπό να δουν τι αντίκτυπο θα έχουν τα ευφυή συστήματα μεταφορών στην οδική ασφάλεια. Συγκεκριμένα με τη χρήση δεδομένων 5 χρόνων, προσπάθησαν **να διερευνήσουν την επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών, του οδικού σχεδιασμού, του είδους του ατυχήματος, των χαρακτηριστικών του οδηγού και του οχήματος στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων**. Με τη χρήση **nested logit μοντέλου**, έγινε ένα σημαντικό βήμα για τη σωστή αξιολόγηση των ευφυών μεταφορικών συστημάτων ως προς την οδική ασφάλεια.

Το 1996 ο O'Donnell και Connor χρησιμοποίησαν δύο **probit/logit μοντέλα** για να προβλέψουν τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων χρησιμοποιώντας δεδομένα από τη Νέα Νότια Ουαλία στην Αυστραλία. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως **η αύξηση της ηλικίας του οδηγού και η ταχύτητα του οχήματος αυξάνει ελαφρώς την πιθανότητα σοβαρού τραυματισμού και θανάτου**. Επίσης άλλοι παράγοντες που είχαν ίδια ή και μεγαλύτερη επίδραση στην πιθανότητα σοβαρού τραυματισμού ήταν η θέση του επιβάτη, το ποσοστό αλκοόλ στο αίμα, το τύπος του οχήματος και το είδος της σύγκρουσης.

Το 2000 ο Krull, Khattak και το Council με τη χρήση **logit μοντέλων** εξέτασαν τη σοβαρότητα τραυματισμού του οδηγού που ενέπλεκε σε ατύχημα με ένα μόνο όχημα. Ανέλυσαν στοιχεία 3 χρόνων από το Μίσιγκαν και το Ιλινόις για να διερευνήσουν τις συνέπειες της ανατροπής του οχήματος, ενώ είχαν σα σταθερές τους παράγοντες του οδοστρώματος, του οχήματος και του οδηγού. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η σοβαρότητα τραυματισμού του οδηγού αυξανόταν με τη μη χρήση της ζώνης ασφαλείας, των επιβατικών οχημάτων σε αντίθεση με των φορτηγών, τη χρήση αλκοόλ, το φως της ημέρας, στους αγροτικούς δρόμους σε αντίθεση με τους αστικούς, το θεσμοθετημένο όριο ταχύτητας και το στεγνό οδόστρωμα.

Το 2003 ο καθηγητής Dr Abdel-Aty από το πανεπιστήμιο της Φλόριντας, πραγματοποίησε μελέτη για την εύρεση παραγόντων που επιδρούν στη σοβαρότητα του ατυχήματος σε διάφορες τοποθεσίες. Οι τοποθεσίες που εξέτασε ήταν για οδικά τμήματα, φωτεινές διασταυρώσεις και διόδους στην κεντρική Φλόριντα. Όλα τα μοντέλα έδειξαν πως **σημαντικοί παράγοντες είναι το φύλο και η ηλικία του οδηγού, η χρήση ζώνης, το σημείο σύγκρουσης, η ταχύτητα και ο τύπος του οχήματος**. Συγκεκριμένα σε όλα τα ατυχήματα, η αύξηση της ηλικίας του οδηγού, εάν ο οδηγός ήταν άνδρας, η υψηλή ταχύτητα, εάν το όχημα ήταν επιβατικό, εάν το σημείο σύγκρουσης ήταν η πλευρά του οδηγού και η μη χρήση ζώνης οδηγούσαν σε πιο σοβαρό τραυματισμό. Άλλοι παράγοντες σχετικοί με την τοποθεσία του ατυχήματος, όπως οι στροφές του δρόμου και η έλλειψη φωτισμού, οδηγούσαν επίσης σε πιθανότητα σοβαρού τραυματισμού. Στα μοντέλα για τα οδικά τμήματα και τις φωτεινές

διασταυρώσεις, μεγαλύτερη πιθανότητα σοβαρού τραυματισμού υπήρχε στις αγροτικές περιοχές και για τους οδηγούς που δεν ευθύνονταν για το ατύχημα. Το μοντέλο για την περιοχή διοδίων, έδειξε ότι εάν το όχημα διέθετε σύστημα ηλεκτρονικής πληρωμής διοδίων (E-Pass), υπήρχε μεγαλύτερη πιθανότητα να εμπλακεί σε ατύχημα. (Το οποίο ερμήνευσε είτε λόγω της αυξημένης ταχύτητας στα δρόμα, είτε στο ενδεχόμενο που ένας οδηγός ο οποίος δε διαθέτει σύστημα ηλεκτρονικής πληρωμής διοδίων εισέρχεται κατά λάθος σε λωρίδα E-Pass, και έπειτα προσπαθεί να αλλάξει λωρίδα.)

Το 2008 ο JohnC. Milton εκπόνησε στη πολιτεία της Ουάσιγκτον μελέτη για τη διερεύνηση των παραγόντων που οδηγούν σε σοβαρό τραυματισμό στους αυτοκινητοδρόμους. Χρησιμοποίησε ως τυχαίες μεταβλητές τον όγκο της μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας ανά λωρίδα, το ποσοστό των φορτηγών, τον αριθμό των κόμβων ανά ένα μίλι και τις καιρικές συνθήκες (όπως το χιόνι) και ως σταθερές μεταβλητές τον αριθμό των οριζόντιων στρωμάτων του αυτοκινητοδρόμου και η τραχύτητα του οδοστρώματος. Για αυτήν την ανάλυση χρησιμοποίησε **μεικτό λογιστικό μοντέλο** και κατέληξε ότι αυτό είναι ένα πολλά υποσχόμενο μοντέλο για την εξέταση της ασφάλειας των αυτοκινητοδρόμων.

Το 2013 οι Mergia, Eustace, Chimba και Qumsiyeh στο Οχάιο προσπάθησαν να εξετάσουν πως παράγοντες σχετικοί με τον οδηγό, την κίνηση, το περιβάλλον και τον οδικό σχεδιασμό επιδρούν στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων από δίκυκλα οχήματα. Χρησιμοποιήθηκε μερικό αναλογικό μοντέλο αποδόσεων (**partial proportional odds model**) για να υποδείξει ποιοι παράγοντες αυξάνουν την πιθανότητα να συμβεί ποια από τις 5 διαβαθμίσεις τροχαίου ατυχήματος (μόνο υλική ζημιά, πιθανός τραυματισμός, τραυματισμός αλλά όχι αναπηρία, πρόκληση αναπηρίας, θανάσιμος τραυματισμός.) Τα αποτελέσματα έδειξαν πως **τα ατυχήματα με ημιφορτηγά, ο μεγάλος αριθμός λωρίδων στους αυτοκινητοδρόμους, η αυξημένη ταχύτητα και το αλκοόλ αυξάνουν την πιθανότητα σοβαρού τραυματισμού στα σημεία εισόδου σε αυτοκινητοδρόμους**. Οι γυναίκες και οι μεγάλοι σε ηλικία άνθρωποι είναι πιο πιθανό να υποστούν σοβαρό τραυματισμό σε αυτές τις τοποθεσίες. Οι συνθήκες κακού φωτισμού αυξάνουν την πιθανότητα τραυματισμού κατηγορίας «τραυματισμός αλλά όχι αναπηρία» μόνο στις εξόδους από αυτοκινητόδρομο. Επιπλέον μόνο στα σημεία εισόδου σε αυτοκινητόδρομο, οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες αυξάνουν την πιθανότητα για κατηγορίες τραυματισμού «μόνο υλική ζημιά» και «θανάσιμος τραυματισμός», ενώ οι δυσμενείς συνθήκες στο οδικό σύστημα αυξάνουν τις κατηγορίες από «πιθανός τραυματισμός» μέχρι «πρόκληση αναπηρίας».

Το 2013 οι Manner και Wünsch-Ziegler διερεύνησαν τη σοβαρότητα των τροχαίων ατυχημάτων στους αυτοκινητοδρόμους της Γερμανίας, χρησιμοποιώντας δεδομένα από το έτος 2009 μέχρι το 2011. Χώρισαν τα οδικά ατυχήματα σε τέσσερις κατηγορίες, σε θανάσιμα, σοβαρού τραυματισμού, ελαφρύ τραυματισμού και υλική ζημιά και μελέτησαν την επιρροή στα ατυχήματα παραγόντων όπως ο όγκος της οδικής κυκλοφορίας, τις οδικές συνθήκες, τον τύπο του ατυχήματος, τα όρια ταχύτητας, την ύπαρξη ευφών συστημάτων ελέγχου της κυκλοφορίας, την ηλικία και το φύλο, καθώς και την τοποθεσία του ατυχήματος. Συμπέραναν πως στα ατυχήματα που λαμβάνουν χώρα τις ώρες της ημέρας ή σε οδικά τμήματα υπό κατασκευή, οι τραυματισμοί είναι λιγότερα σοβαροί. Αντιθέτως, **τα ατυχήματα που συμβαίνουν εξαιτίας σύγκρουσης με αντικείμενα πάνω στο οδόστρωμα, ή εμπεριέχουν πεζούς και μοτοσυκλέτες, καθώς και αυτά που συμβαίνουν εξαιτίας συνθηκών μειωμένης ορατότητας είναι πιο σοβαρά**.

Το 2018 οι Hyodo και Todoroki στην Ιαπωνία, προσπάθησαν να διερευνήσουν τους οδικούς παράγοντες και συνδέονται με τη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Για τη μελέτη αυτή χρησιμοποίησαν το **γενικευμένο γραμμικό μοντέλο**. Κατέληξαν στο συμπέρασμα πως αυξανόμενη πιθανότητα για μόνο υλική ζημιά και ελαφρύ τραυματισμό προκαλείται σε κατάσταση κυκλοφοριακής συμφόρησης και σε

συνθήκες μικτής ροής, ενώ μόνο σε κατάσταση μικτής ροής υπήρχε σημαντική αύξηση της πιθανότητας για σοβαρού και θανατηφόρου τραυματισμού. Επιπλέον η ύπαρξη βαρέων οχημάτων σε ποσοστό μεγαλύτερο του 40% προκαλούσε σημαντική αύξηση σε σοβαρά και θανατηφόρα ατυχήματα.

Τέλος μία ακόμα μελέτη πάνω σε αυτό το αντικείμενο εκπονήθηκε από τους Γ. Γιαννή, Α. Θεοφιλάτος και Γ. Πισπιρίγκος (2016). Επεξεργάστηκαν στοιχεία από 59,316 καταγεγραμμένα ατυχήματα στην Ελλάδα, με τη βοήθεια **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης (lognormal regression)**. Εξετάσθηκαν τρεις εκφράσεις της σοβαρότητας των ατυχημάτων, ο αριθμός των νεκρών διαιρεμένος με τον συνολικό αριθμό των εμπλεκόμενων οχημάτων, ο αριθμός των σοβαρά τραυματισμένων διαιρεμένος με το συνολικό αριθμό των εμπλεκόμενων οχημάτων και ο αριθμός των ελαφριά τραυματισμών διαιρεμένος με το συνολικό αριθμό των εμπλεκόμενων οχημάτων. Επιπλέον αναπτύχθηκαν διαφορετικά μοντέλα σοβαρότητας του ατυχήματος για κάθε τύπο οχήματος. Παράμετροι όπως το είδος της σύγκρουσης και οι καιρικές συνθήκες, επηρέαζαν τη σοβαρότητα του ατυχήματος για κάθε τύπο οχήματος (αυτοκίνητο, μοτοσυκλέτα, μοτοποδήλατο, λεωφορείο και φορτηγό). Τα γενικά συμπεράσματα της έρευνας ήταν πως οι καλές καιρικές συνθήκες και ατυχήματα που προκαλούνται κατά τη διάρκεια νυχτερινών ωρών αυξάνουν τη σοβαρότητα των ατυχημάτων και το είδος της σύγκρουσης έχει σταθερή επιρροή στη σοβαρότητα των ατυχημάτων.

2.3 ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε η ανάλυση διεθνών και ελληνικών ερευνών με σκοπό τη διερεύνηση της **επιρροής των οικονομικών, κοινωνικών και συγκοινωνιακών παραγόντων στην οδική ασφάλεια μιας χώρας ή περιοχής**. Παράλληλα αναπτύχθηκε βιβλιογραφία που έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση **παραγόντων που επιδρούν στη σοβαρότητα των τροχαίων ατυχημάτων**. Και στα δύο πεδία παρατηρήθηκε **ποικιλία μεθοδολογιών προσέγγισης**, όπως γραμμικά ή μη μοντέλα παλινδρόμησης και στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης χρονοσειρών.

Όσων αφορά τη διερεύνηση των παραγόντων που επιδρούν στη σοβαρότητα των ατυχημάτων, οι μελέτες συνδέουν κυρίως τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων με δείκτες σχετικούς με τα χαρακτηριστικά της οδού, του οδηγού και του οχήματος, καθώς και με το είδος του ατυχήματος. Συγκεκριμένα, συμπεράναν πως στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων σημαντική επιρροή έχει ο τύπος του οχήματος (αν η σύγκρουση είναι με βαρέο όχημα ή δίκυκλο), η χρήση ζώνης ασφαλείας και η κατανάλωση αλκοόλ, οι καιρικές συνθήκες και η ορατότητα στην οδό. Επίσης η σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων φαίνεται να αυξάνεται σε αγροτικές οδούς και σε αυτοκινητοδρόμους με πολλές λωρίδες κυκλοφορίας. Δε βρέθηκε κάποια μελέτη που να συνδέει τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων με δείκτες οικονομικούς ή κοινωνικούς.

Επίσης οι μελέτες αυτές αφορούν συνήθως σε επίπεδο πόλης ή χώρας και όχι ευρύτερη γεωγραφική κάλυψη (όπως για παράδειγμα Ευρωπαϊκό). Πηγή αυτού αποτελεί το γεγονός ότι μέχρι πρόσφατα **δεν υπήρχε κοινός ορισμός** για την κατηγοριοποίηση της σοβαρότητας των τροχαίων ατυχημάτων σε όλες τις χώρες και η κάθε χώρα χρησιμοποιούσε το δικό της σύστημα, αποτρέποντας τη δυνατότητα μεταξύ τους σύγκρισης. Επιπλέον οι έρευνες που έχουν εκπονηθεί μέσα στα χρόνια εξετάζουν τους

παράγοντες που επιδρούν στη σοβαρότητα των ατυχημάτων, δηλαδή που ευθύνονται για κάθε μία κατηγορία τραυματισμού, από απλά υλική ζημιά μέχρι θάνατο.

Ωστόσο, κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση δεν εντοπίστηκε έρευνα στην οποία να αναλύονται μόνο τα σοβαρά ατυχήματα σε συγκριτικό επίπεδο για τα μέλη κράτη της Ε.Ε. και τη συσχέτιση τους με κοινωνικούς οικονομικούς και συγκοινωνιακούς δείκτες. Κατά συνέπεια, προέκυψε η **ανάγκη εκπόνησης μίας τέτοιας έρευνας**, προκειμένου να κατανοηθεί η σύνδεση αυτή και με βάση τα αποτελέσματα να προταθούν κατάλληλες πολιτικές.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο βασίστηκε η στατιστική ανάλυση των στοιχείων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά παρατίθεται μία λεπτομερής ανάλυση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει τη σχέση μεταξύ των βαριά τραυματιών από οδικά ατυχήματα με κοινωνικούς, οικονομικούς και συγκοινωνιακούς δείκτες στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζονται οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι και τα κριτήρια αποδοχής του κάθε μοντέλου.

3.2 ΓΕΝΙΚΟ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Το **γενικό γραμμικό μοντέλο** (General Linear Model) μπορεί να θεωρηθεί ως επέκταση της γραμμικής πολλαπλής παλινδρόμησης για μία μεμονωμένη εξαρτημένη μεταβλητή. Η διαφορά του από το μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης έγκειται στον αριθμό των εξαρτημένων μεταβλητών που μπορεί να αναλυθεί.

Η μαθηματική σχέση, που περιγράφει τη μέθοδο, για μια εξαρτημένη μεταβλητή x_{ij} , όπου $j=1, 2, \dots, J$ ο εκάστοτε παράγοντας είναι:

$$X_{ij} = g_{i1} * \beta_{1j} + g_{i2} * \beta_{2j} + \dots + g_{ik} * \beta_{kj} + e_{ij}$$

όπου το $i=1, 2, \dots, I$ δηλώνει την παρατήρηση.

Το γενικό γραμμικό μοντέλο βασίζεται στην υπόθεση ότι **τα σφάλματα (e_{ij}) είναι ανεξάρτητα και κατανέμονται κανονικά** $[N(0, \sigma_j^2)]$. Οι συντελεστές g_{ik} είναι μεταβλητές που σχετίζονται με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες πραγματοποιήθηκε η παρατήρηση i . Αυτοί οι συντελεστές μπορούν να είναι δύο ειδών:

- μία συμμεταβλητή (μεταβλητή ελέγχου-covariate). Στην περίπτωση αυτή η παραπάνω εξίσωση είναι ένα πολυμεταβλητό μοντέλο παλινδρόμησης
- εικονικές μεταβλητές. Ο συγκεκριμένος τύπος μεταβλητών χρησιμοποιεί ακέραιες τιμές για να εκφράσει το επίπεδο ενός παράγοντα, δεδομένου του οποίου μετριέται η εξαρτημένη μεταβλητή.

Από μαθηματική σκοπιά δεν υπάρχει διάκριση μεταξύ των δύο τύπων μεταβλητών. Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να γραφτεί σε μορφή πίνακα ως ένα πολυμεταβλητό γενικό γραμμικό μοντέλο:

$$X = G * \beta + e$$

όπου X είναι ένας πίνακας δεδομένων, ο οποίος έχει στοιχεία x_{ij} σε κάθε στήλη για κάθε παράγοντα j και σε κάθε σειρά για κάθε παρατήρηση i . Ο πίνακας G αποτελείται από τους συντελεστές g_{ik} και ονομάζεται στη διεθνή ορολογία design matrix, ενώ $\beta = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_j]$ είναι πίνακας παραμέτρων, όπου x_j είναι ένα διάνυσμα στήλη με παραμέτρους για τους παράγοντες j . Επιπλέον, e είναι ένας πίνακας με κανονικά κατανεμημένους όρους σφαλμάτων. Η παραπάνω εξίσωση δεν περιλαμβάνει σταθερό όρο, καθώς μπορεί να απομακρυνθεί με δύο τρόπους:

- Με μέση διόρθωση του πίνακα δεδομένων

- Προσθέτοντας μία στήλη με άσους στον πίνακα B

Σε αυτήν την περίπτωση και εφόσον τα σφάλματα είναι κανονικά κατανεμημένα, οι υπολογισμοί των ελαχίστων τετραγώνων αποτελούν υπολογισμούς μέγιστης πιθανότητας και χαρακτηρίζονται και αυτοί από κανονική κατανομή. Ειδικά, χρησιμοποιείται η μέθοδος **ανάλυσης διασποράς (analysis of variance—ANOVA)**.

3.3 ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΑ ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Τα γενικευμένα γραμμικά μοντέλα είναι μια αξιοσημείωτη σύνθεση και επέκταση των γνωστών μοντέλων παλινδρόμησης όπως τα γραμμικά μοντέλα και τα μοντέλα logit και probit (Nelder και Wedderburn (1972)). Είναι σημαντικά στην αποτελεσματική ανάλυση στατιστικών δεδομένων, για αυτό αξίζει την προσπάθεια που απαιτείται για την κατανόησή τους. (ΠΡΙΣΚΑ Ε., 2014)

Τα **γενικευμένα γραμμικά μοντέλα** ή Generalized Linear Model (GLM) αναπτύχθηκαν για να μας βοηθήσουν να προσαρμόσουμε μοντέλα παλινδρόμησης για μονοπαραμετρικά δεδομένα απόκρισης που ακολουθούν μια πολύ γενική κατανομή που καλείται **εκθετική οικογένεια**. Η εκθετική οικογένεια περιλαμβάνει την κανονική, τη διωνυμική, την Poisson, τη γεωμετρική, την αρνητική διωνυμική, την εκθετική, τη Γάμμα και την αντίστροφη κανονική κατανομή. Μεταγενέστερες εργασίες, όμως, έχουν επεκτείνει τα GLM σε πολυμεταβλητές εκθετικές οικογένειες (όπως η πολυωνυμική κατανομή) σε ορισμένες μη εκθετικές οικογένειες (όπως η δύο παραμέτρων αρνητική διωνυμική κατανομή), και σε ορισμένες περιπτώσεις στις οποίες η κατανομή του y_i δεν καθορίζεται πλήρως.

Έστω y_i , $i = 1, 2, \dots, n$ τα οποία παριστάνουν τις τιμές απόκρισης, τότε τα GLM δίνονται από τον παρακάτω τύπο:

$$g(\mu_i) = g[E(y_i)] = x_i' \beta$$

όπου x_i είναι το διάνυσμα των μεταβλητών απόκρισης ή οι συμμεταβλητές για την i -οστή παρατήρηση και β είναι το διάνυσμα των παραμέτρων ή των συντελεστών παλινδρόμησης.

Η **τυπική δομή** του γενικευμένου γραμμικού μοντέλου αποτελείται από τρεις συνιστώσες:

1. Μια τυχαία συνιστώσα, που προσδιορίζει τη δεσμευμένη κατανομή της μεταβλητής απόκρισης y_i (για το i -οστό στοιχείο των n ανεξάρτητων παρατηρήσεων δείγματος), και δίνει τις τιμές των επεξηγηματικών μεταβλητών στο μοντέλο (μερικές φορές καλείται και δομή σφάλματος-error structure).
2. Μια γραμμική επεξηγηματική μεταβλητή που περιλαμβάνει τις μεταβλητές παλινδρόμησης ή τις συμμεταβλητές.

Το μοντέλο κατασκευάζεται γύρω από αυτή τη μεταβλητή .

$$\eta = x' \beta = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i$$

Η συμμετοχή αυτής της γραμμικής επεξηγηματικής μεταβλητής προτείνει την ορολογία των γενικευμένων γραμμικών μοντέλων.

Όπως και στο γραμμικό μοντέλο και στα logit και probit, οι μεταβλητές παλινδρόμησης x_i είναι προκαθορισμένες συναρτήσεις των επεξηγηματικών μεταβλητών και ως εκ τούτου μπορεί να περιλαμβάνουν ποσοτικές επεξηγηματικές μεταβλητές, μετασχηματισμούς ποσοτικών επεξηγηματικών μεταβλητών, πολυωνυμικές μεταβλητές παλινδρόμησης, dummy μεταβλητές παλινδρόμησης, αλληλεπιδράσεις και ούτω καθ' εξής. Πράγματι, ένα από τα πλεονεκτήματα των GLM είναι ότι η δομή της γραμμικής επεξηγηματικής μεταβλητής είναι η γνωστή δομή ενός γραμμικού μοντέλου.

3. Μια ομαλή και αντιστρέψιμη γραμμική συνάρτηση σύνδεσης (link function) g που συνδέει τη γραμμική επεξηγηματική μεταβλητή με τη μέση τιμή της μεταβλητής απόκρισης. Η g μετασχηματίζει τη μέση τιμή της μεταβλητής απόκρισης $\mu_i \equiv E(y_i)$ στη γραμμική επεξηγηματική μεταβλητή:

$$g(\mu_i) = \eta_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k$$

Επειδή η συνάρτηση σύνδεσης είναι αντιστρέψιμη, μπορούμε να τη γράψουμε :

$$\mu_i = g^{-1}(\eta_i) = g^{-1}(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k)$$

και έτσι τα GLM μπορούν να θεωρηθούν ως ένα γραμμικό μοντέλο για το μετασχηματισμό της αναμενόμενης απόκρισης ή ως μη γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης για την απόκριση. Ο αντίστροφος σύνδεσμος g^{-1} καλείται και συνάρτηση μέσου.

Το μοντέλο βρίσκεται μέσω της χρήσης της **συνάρτησης σύνδεσης**:

$$\eta_i = g(\mu_i), i = 1, 2, \dots, n$$

Ο όρος σύνδεση προέρχεται από το γεγονός ότι η συνάρτηση είναι η σύνδεση μεταξύ της μέσης τιμής και της γραμμικής επεξηγηματικής μεταβλητής. Παρατηρούμε ότι η αναμενόμενη απόκριση είναι:

$$E(y_i) = g^i(\eta_i) = g^{-1}(x_i' \beta)$$

Στην πραγματικότητα, στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση το μοντέλο

$$\mu_i = \eta_i = x_i' \beta, i = 1, 2, \dots, n$$

προτείνει μια ειδική περίπτωση στην οποία $g(\mu_i) = \mu_i$, και για αυτό η συνάρτηση σύνδεσης που χρησιμοποιείται είναι η **ταυτοτική σύνδεση**.

Η συνάρτηση σύνδεσης είναι μια μονότονη διαφορίσιμη συνάρτηση.

Υπάρχουν πολλές πιθανές επιλογές για τη συνάρτηση σύνδεσης. Αν επιλέξουμε $\eta_i = \theta_i$ τότε λέμε ότι η η_i είναι η **κανονική σύνδεση**.

Άλλες συναρτήσεις σύνδεσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τα γενικευμένα γραμμικά μοντέλα είναι οι εξής:

1. Η σύνδεση probit

$$\eta_i = \Phi^{-1}[E(y_i)]$$

όπου το Φ παριστάνει την αθροιστική τυπική κανονική συνάρτηση κατανομής.

2. Η log-log σύνδεση

$$\eta_i = \ln[\ln(\mu_i)]$$

3. Η complementary log-log

$$\eta_i = \ln(-\ln(1 - \mu_i))$$

Οι πιο συνηθισμένες συναρτήσεις σύνδεσης και οι αντίστροφές τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 3.1. Παρατηρούμε ότι η ταυτοτική σύνδεση απλά επιστρέφει το όρισμα της αναλλοίωτο, $\eta_i = g(\mu_i) = \mu_i = g^{-1}(\eta_i)$

Link	$\eta_i = g(\mu_i)$	$\mu_i = g^{-1}(\eta_i)$
Identity	μ_i	η_i
Log	$\log_e \mu_i$	e^{η_i}
Inverse	μ_i^{-1}	η_i^{-1}
Inverse-square	μ_i^{-2}	$\eta_i^{-1/2}$
Square-root	$\sqrt{\mu_i}$	η_i^2
Logit	$\log_e \frac{\mu_i}{1 - \mu_i}$	$\frac{1}{1 + e^{-\eta_i}}$
Probit	$\Phi^{-1}(\mu_i)$	$\Phi(\eta_i)$
Log-log	$-\log_e[-\log_e(\mu_i)]$	$\exp[-\exp(-\eta_i)]$
Complementary log-log	$\log_e[-\log_e(1 - \mu_i)]$	$1 - \exp[-\exp(\eta_i)]$

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 Μερικές συνηθισμένες συναρτήσεις σύνδεσης και οι αντίστροφές τους, όπου i η αθροιστική Φ ή γραμμική επεξηγηματική μεταβλητή, η_i είναι η μέση τιμή της απόκρισης, συνάρτηση κατανομής της κανονικής κατανομής.

3.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο εδάφιο, κάθε μοντέλο που αναπτύσσεται, για να θεωρηθεί αποδεκτό πρέπει να πληροί κάποιες βασικές προϋποθέσεις. Αρχικά πρέπει να ισχύει η **κανονικότητα**. Βάσει της προϋπόθεσης αυτής, απαιτείται οι τιμές της μεταβλητής να ακολουθούν κανονική κατανομή.

- **Μη συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών**

Βασική προϋπόθεση είναι η μη συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους, $i \neq j \rightarrow 0$ γιατί διαφορετικά δεν είναι δυνατή η $\forall$ δηλαδή να ισχύει $\rho(x_i, x_j)$ εξακρίβωση της επιρροής της κάθε μεταβλητής στο αποτέλεσμα. Αν δηλαδή σε ένα μοντέλο εισάγονται δύο μεταβλητές που σχετίζονται αρκετά μεταξύ τους, εμφανίζονται προβλήματα μεροληψίας και επάρκειας.

- **Λογική ερμηνεία των προσήμων**

Σημαντικό κριτήριο για την αποδοχή ενός μοντέλου μετά τη διαμόρφωση του είναι οι τιμές και τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης β . Πρέπει αρχικά να υπάρχει λογική ερμηνεία των προσήμων τους. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με

την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντίθετα, αρνητικό πρόσημο επιφέρει μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης.

- **Κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας (Likelihood Ratio Test-LRT)**

Σημαντικό ρόλο στην επιλογή των μεταβλητών των μοντέλων της λογιστικής παλινδρόμησης παίζει και η πιθανοφάνεια. Για την εκτίμηση της επιρροής των παραμέτρων β χρησιμοποιείται η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας. Για να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια επιχειρείται ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας $L = -\log \text{likelihood}$ να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος, καθώς προτιμώνται μοντέλα με μικρότερο λογάριθμο της συνάρτησης πιθανοφάνειας. Μοντέλα που περιέχουν πολλές μεταβλητές είναι περισσότερο σύνθετα και χρειάζεται ένας κανόνας να αποφασίζει εάν η μείωση του λογαρίθμου της πιθανοφάνειας αξίζει την αυξημένη πολυπλοκότητα και για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το Likelihood Ratio Test (LRT) ή αλλιώς κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας. Σύμφωνα με το συγκεκριμένο κριτήριο εάν ισχύει:

$$LRT = -2(L(b)) - L(0) > \chi^2_{b,0.05}$$

Όπου:

- $L(b)$ είναι ο λογάριθμος πιθανοφάνειας του μοντέλου με τις b μεταβλητές
- $L(0)$ είναι ο λογάριθμος πιθανοφάνειας του μοντέλου χωρίς τις b μεταβλητές
- $\chi^2_{b,0.05}$ η τιμή του κριτηρίου χ^2 για b βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5% Το μοντέλο είναι στατιστικά προτιμότερο από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές και γίνονται δεκτές οι μεταβλητές ως σημαντικές. Επισημαίνεται ότι οι διακριτές μεταβλητές με κατηγορίες k έχουν $k-1$ βαθμούς ελευθερίας, ενώ οι συνεχείς έχουν πάντοτε ένα βαθμό ελευθερίας.

- **Στατιστική αξιολόγηση των παραμέτρων**

Η στατιστική αξιολόγηση των παραμέτρων πραγματοποιείται μέσω του ελέγχου t-test (κριτήριο της κατανομής Student). Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατό να διαπιστωθεί εάν οι παράμετροι που υπολογίστηκαν διαφέρουν σημαντικά από το 0, προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών και καθορίζονται ποιες μεταβλητές τελικά θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Ο συντελεστής t εκφράζεται από τη σχέση:

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

όπου $s.e.$: το τυπικό σφάλμα των σταθερών παραμέτρων (standard error) Βάσει της παραπάνω σχέσης, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα τόσο αυξάνεται η τιμή του t_{stat} και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t_{stat} τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται οι τιμές του t_{stat} για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης.

Βαθμός Ελευθερίας	Επίπεδο Εμπιστοσύνης				
	0.90	0.95	0.975	0.99	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

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα για ένα δείγμα περί τα 80 και επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι $t^* = 1,671$ και για επίπεδο εμπιστοσύνης 90% είναι $t^* = 1,3$. Έτσι αν για παράδειγμα μια μεταβλητή έχει τιμή t^* ίση με $-3,8$, η απόλυτη τιμή της τιμής t είναι $3,8$ δηλαδή μεγαλύτερη από $1,671$ και επομένως η μεταβλητή είναι αποδεκτή και στατιστικά σημαντική για το 95% των περιπτώσεων. Όσον αφορά στα μοντέλα λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης, ισχύει ότι και στην απλή γραμμική παλινδρόμηση, με τη διαφορά ότι στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης το αντίστοιχο t -test έχει την ονομασία **Wald**. Η τιμή του Wald για κάθε μεταβλητή πρέπει να είναι μεγαλύτερη του $1,7$ όπως ακριβώς ισχύει και για τον συντελεστή t .

- **Ελαστικότητα**

Η ελαστικότητα αντικατοπτρίζει την **ευαισθησία** μιας εξαρτημένης μεταβλητής στη μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα η τιμή της ελαστικότητας ερμηνεύεται ως το ποσοστό επί της εκατό της μεταβολής της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλείται από μια μεταβολή της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά 1%. Η ελαστικότητα, για γραμμικά πρότυπα, δίδεται από τη 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 τη μεταβολή στην τιμή της πιθανότητας επιλογής κατά τη μετάβαση από τη μία τιμή της διακριτής μεταβλητής στην άλλη. Η σχέση που υπολογίζει την τιμή της ψευδοελαστικότητας για διακριτές μεταβλητές είναι η παρακάτω:

$$E_{x_{ink}}^{P_i} = e^{\beta_{ik}} \frac{\sum_{l=1}^I e^{\beta_{il} x_n}}{\sum_{l=1}^I e^{\beta_{il} x_i}} - 1$$

Όπου:

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

- β_{ik} , η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{nk}

Όσον αφορά **στο σφάλμα της εξίσωσης του μοντέλου**, πρέπει να πληρούνται κάποιες βασικές προϋποθέσεις:

- να ακολουθεί κανονική κατανομή
- να έχει σταθερή διασπορά, $\text{Var}(\epsilon_i) = \sigma^2_\epsilon = c \quad i \neq j \forall$
- να έχει μηδενική συσχέτιση, $\rho(x_i, x_j) = 0$

Η **διασπορά του σφάλματος** εξαρτάται από τον συντελεστή 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.

3.5 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση του ειδικού στατιστικού λογισμικού SPSS. Χρησιμοποιείται η εντολή **Analyze** για αυτή την ανάλυση. 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 χρησιμοποιείται η εντολή **Analyze** για τη **στατιστική ανάλυση** των δεδομένων. Η εντολή αυτή περιλαμβάνει τις παρακάτω επιλογές:

- **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.
- **Generalized linear models**: Η διαδικασία εκτελεί αναλύσεις παλινδρόμησης, όπως η γραμμική (**Linear**) που επιλέξαμε για την ανάλυση των δεδομένων μας. 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 Covariates

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

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αφορά στην ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων τα οποία θα προσδιορίζουν τη συσχέτιση οικονομικών, κοινωνικών και συγκοινωνιακών δεικτών με τους βαριά τραυματίες από τροχαία ατυχήματα στα κράτη της Ευρωπαϊκής ένωσης. Τη βιβλιογραφική ανασκόπηση συναφών ερευνών με το αντικείμενο της εργασίας και την ανάλυση του θεωρητικού υποβάθρου, ακολούθησε η συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων και η κατάλληλη επεξεργασία τους.

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η συλλογή και η επεξεργασία των απαραίτητων στοιχείων για την πραγματοποίηση της έρευνας, ώστε να δοθεί μία πλήρης εικόνα για την ποιότητα και την αξιοπιστία τους. Προσδιορίζεται η διαδικασία άντλησης των στοιχείων αυτών και η δημιουργία της αρχικής βάσης δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε. Η διαδικασία συλλογής δεν ήταν εφικτή με τη χρήση μόνο μίας βάσης δεδομένων, συνεπώς αναζητήθηκαν περισσότερες από μία βάσεις διεθνών οργανισμών, στις οποίες γίνεται λεπτομερής αναφορά στη συνέχεια. Παράλληλα, αναλύεται το στάδιο της επεξεργασίας και επισημαίνονται οι δυσκολίες οι οποίες προέκυψαν.

4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.2.1 ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το μεγαλύτερο μέρος των στοιχείων της Διπλωματικής Εργασίας προήλθε έπειτα από αναζήτηση σε βάσεις δεδομένων της **Eurostat**, δηλαδή της στατιστικής υπηρεσίας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Στις βάσεις αυτής της υπηρεσίας είναι δυνατή η εξεύρεση στοιχείων σχετικά με διάφορους τομείς δραστηριοτήτων, όπως επιστημονικού, οικονομικού και αναπτυξιακού ενδιαφέροντος.

Συγκεκριμένα, για τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αντλήθηκαν από τη **Eurostat** δεδομένα σχετικά το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. για τα κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τους θανάτους από οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμό, το σύνολο των γιατρών ανά χώρα, το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων στο σύνολο του οδικού δικτύου, το σύνολο των λεωφορείων και το σύνολο των μοτοσυκλετών ανά χώρα. Όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία αφορούν το έτος 2015.

Μια άλλη βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε είναι εκείνη της Παγκόσμιας Τράπεζας (**World Bank**) για τη συμπλήρωση του πληθυσμού κάθε χώρας. Η **Παγκόσμια Τράπεζα** είναι διεθνές χρηματοπιστωτικό ίδρυμα το οποίο παρέχει οικονομική και τεχνική βοήθεια σε αναπτυσσόμενες χώρες για αναπτυξιακά έργα (π.χ. δρόμοι, γέφυρες, σχολεία) με δεδηλωμένο στόχο τη μείωση της φτώχειας.

Μία βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για τη συμπλήρωση του ποσοστού χρήσης της ζώνης ασφαλείας του συνοδηγού, καθώς και του ποσοστού των αυτοκινήτων τα οποία έχουν Euro NCap score πέντε αστέρια, ήταν η βάση **IRTAD** (IRTAD-International Road Traffic and Accident Database). Η βάση IRTAD είναι μια διεθνής βάση δεδομένων που συγκεντρώνει στοιχεία για την κυκλοφορία και τα οδικά ατυχήματα για τις χώρες που είναι μέλη του Ο.Ο.Σ.Α. Για να υπάρχει πιο ακριβής πρόσβαση στις διεθνείς εξελίξεις στον τομέα της οδικής ασφάλειας, είναι απαραίτητο να εξετάζονται σε ένα διεθνές πλαίσιο. Αυτή την απαίτηση επιδιώκει να καλύψει η IRTAD αποτελώντας ένα εργαλείο για όλες τις εθνικές οδικές διαχειρίσεις, τα ινστιτούτα ερευνών για την οδική ασφάλεια και για τις βιομηχανίες κατασκευής αυτοκινήτων, οδών και ασφαλειών.

Για την εύρεση του αριθμού των τραυματιών ανά εκατομμύριο πληθυσμού που εισήχθησαν σε νοσοκομείο μετά από τροχαίο ατύχημα, καθώς και του αριθμού των βαριά τραυματιών με βάση την κατάταξη MAIS3+ (ανά εκατομμύριο πληθυσμού), χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων της **Ευρωπαϊκής Επιτροπής** (European Commission).

Τέλος, σχετικά με την αναζήτηση των επιβατοχιλιομέτρων για κάθε χώρα αξιοποιήθηκε η βάση δεδομένων της Διεθνούς Οδικής Ομοσπονδίας οδών (**International Road Federation/ IRF**). Η Διεθνής Ομοσπονδία Οδών είναι ένας παγκόσμιος μη κερδοσκοπικός οργανισμός που εδρεύει στην Ουάσιγκτον από το 1948 και υποστηρίζεται από περιφερειακά γραφεία σε ολόκληρο τον κόσμο. Η ομοσπονδία αυτή διαθέτει τέσσερις ομάδες εργασίας, οι οποίες ασχολούνται με διαφορετικές πτυχές της οδικής υποδομής. Οι ομάδες εργασίας είναι η οδική ασφάλεια, το περιβάλλον, η οδική χρηματοδότηση και τα ευφυή συστήματα μεταφορών.

4.2.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ Η ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥΣ

Λόγω της ύπαρξης διαφορετικών συστημάτων συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων των οδικών ατυχημάτων ανά χώρα, είναι δυνατό να παρουσιαστούν προβλήματα, τα οποία πιθανώς να οδηγήσουν στη διατύπωση εσφαλμένων συμπερασμάτων. Ένα τέτοιο πρόβλημα οφείλεται στους **διαφορετικούς ορισμούς** που έχουν τα κράτη για τα διάφορα επιμέρους στοιχεία. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με τη χρήση στοιχείων από διεθνείς βάσεις δεδομένων, όπου τα στοιχεία που προέρχονται από την κάθε χώρα έχουν υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία, ώστε να γίνουν ομοιόμορφα και συγκρίσιμα.

Το μόνο πρόβλημα που παρουσιάστηκε κατά τη συλλογή των δεδομένων ήταν η **μη διαθεσιμότητα** σε ορισμένες περιπτώσεις όλων των απαιτούμενων στοιχείων. Λόγω του γεγονότος ότι για την ανάλυση των δεδομένων ήταν απαραίτητα όλα τα στοιχεία ταυτόχρονα, χρησιμοποιήθηκαν στις διάφορες φάσεις μόνο τα κράτη για τα οποία υπήρχαν πλήρη στοιχεία. Πιο συγκεκριμένα στα πρώτα μοντέλα δε συμπεριλήφθησαν η Μάλτα, η Κύπρος και το Λουξεμβούργο, ενώ στο επόμενο μοντέλα συμπεριλήφθησαν μόνο οι 16 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις οποίες ήταν διαθέσιμα στοιχεία για τους βαριά τραυματίες με βάση τον ορισμό MAIS3+.

4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για την επεξεργασία των δεδομένων απαιτήθηκε σε πρώτη φάση η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων με τη χρήση του προγράμματος EXCEL. Η βάση αυτή περιείχε για κάθε κράτος τα αντίστοιχα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τις παραπάνω βάσεις δεδομένων. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η μορφή με την οποία εισήχθησαν τα διάφορα στοιχεία στη **βάση δεδομένων**.

Country	FATALITIES	Fatalities per 10 ⁶ pop	Hospitalised per 10 ⁶ pop	SI - hospitalised (clear Number)	LN (hospitalised)	hospitalise d/Fat	LN (hospit/FAT)	POPULATION	GDP per capita	LN(GDP)
BE	732,00	64,93	373,00	4.205,28	5,92	5,74	1,75	11.274.196,00	45.068,25	10,72
BG	708,00	98,63	320,00	2.296,96	5,77	3,24	1,18	7.177.991,00	7.612,02	8,94
CZ	734,00	69,60	236,00	2.488,87	5,46	3,39	1,22	10.546.059,00	21.381,70	9,97
DK	178,00	31,32	315,00	1.790,30	5,75	10,06	2,31	5.683.483,00	59.967,74	11,00
DE	3.459,00	42,34	834,00	68.126,63	6,73	19,70	2,98	81.686.611,00	45.412,56	10,72
EE	67,00	50,93	352,00	463,02	5,86	6,91	1,93	1.315.407,00	17.733,96	9,78
IE	162,00	34,64	98,00	458,33	4,58	2,83	1,04	4.676.835,00	68.030,85	11,13
EL	793,00	73,28	99,00	1.071,27	4,60	1,35	0,30	10.820.883,00	22.648,77	10,03
ES	1.689,00	36,36	204,00	9.475,33	5,32	5,61	1,72	46.447.697,00	30.532,45	10,33
FR	3.459,00	51,92	412,00	27.449,12	6,02	7,94	2,07	66.624.068,00	41.689,71	10,64
HR	348,00	82,79	668,00	2.808,01	6,50	8,07	2,09	4.203.604,00	13.935,95	9,54
IT	3.428,00	56,45	790,00	47.977,16	6,67	14,00	2,64	60.730.582,00	33.984,09	10,43
LV	188,00	95,07	241,00	476,58	5,48	2,54	0,93	1.977.527,00	14.294,04	9,57
LT	242,00	83,31	146,00	424,12	4,98	1,75	0,56	2.904.910,00	15.341,84	9,64
HU	644,00	65,43	566,00	5.571,15	6,34	8,65	2,16	9.843.028,00	14.629,24	9,59
NL	531,00	31,35	789,00	13.365,60	6,67	25,17	3,23	16.939.923,00	51.410,49	10,85
AT	479,00	55,48	873,00	7.536,76	6,77	15,73	2,76	8.633.169,00	47.834,79	10,78
PL	2.938,00	77,34	287,00	10.902,10	5,66	3,71	1,31	37.986.412,00	14.640,15	9,59
PT	593,00	57,25	207,00	2.144,12	5,33	3,62	1,29	10.358.076,00	22.016,84	10,00
RO	1.893,00	95,53	456,00	9.035,86	6,12	4,77	1,56	19.815.481,00	9.567,39	9,17
SL	120,00	58,15	452,00	932,72	6,11	7,77	2,05	2.063.531,00	23.731,17	10,07
SK	310,00	57,16	222,00	1.204,08	5,40	3,88	1,36	5.423.801,00	18.678,93	9,84
FI	266,00	48,54	86,00	471,24	4,45	1,77	0,57	5.479.531,00	45.086,74	10,72
SE	259,00	26,43	251,00	2.459,60	5,53	9,50	2,25	9.799.186,00	55.395,06	10,92
UK	1.804,00	27,70	352,00	22.925,36	5,86	12,71	2,54	65.128.861,00	41.536,92	10,63
NO	117,00	22,55	133,56	693,00	4,89	5,92	1,78	5.188.607,00	90.104,05	11,41
CH	253,00	30,55	348,57	2.887,00	5,85	11,41	2,43	8.282.396,00	76.472,46	11,24

Πίνακας 4.1 : Βάση δεδομένων (1/2)

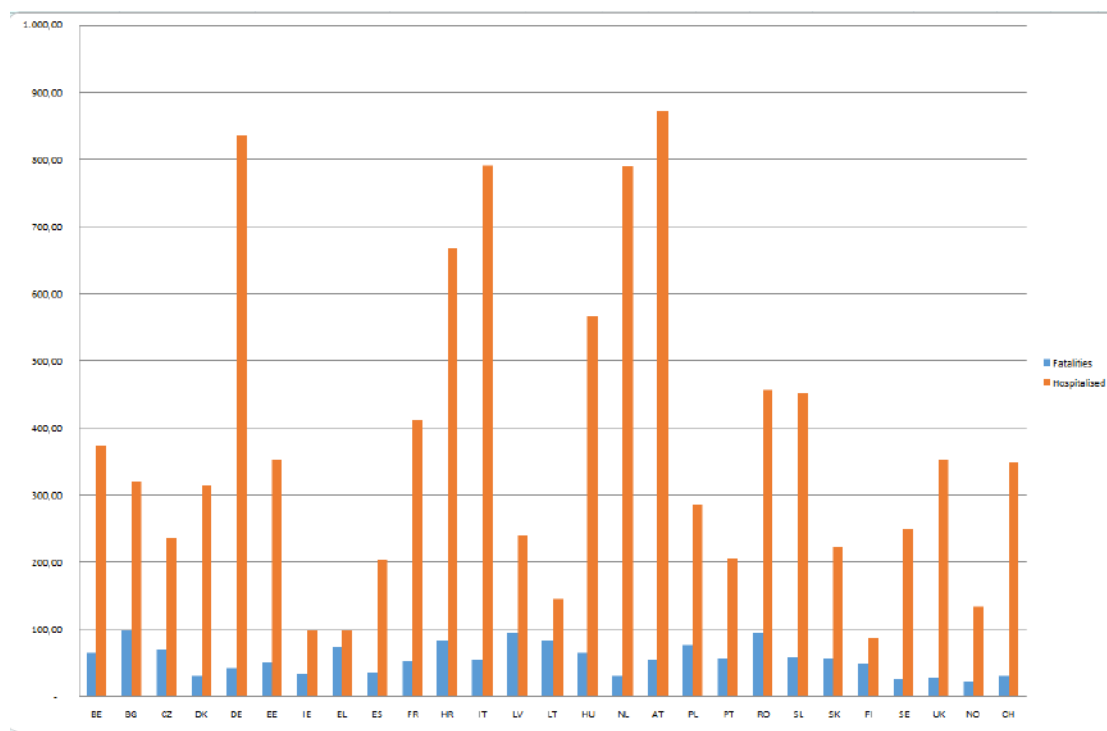
Country	Serious Injuries - MAIS3+ (per million population)	LN(MAIS3)	POPULATION	FATALITIES	Fatalities per 10 ⁶ pop	LN(MAIS3+ / Fat)	Rate of seatbelt use%_Rear seats	buses%	Motorways/ total road network %
BE	265,00	5,58	11.274.196,00	732,00	64,93	1,41	86,00	0,24	1,14
CZ	271,00	5,60	10.546.059,00	734,00	69,60	1,36	98,00	0,30	0,60
DE	190,00	5,25	81.686.611,00	3.459,00	42,34	1,50	99,00	0,15	5,65
IE	79,00	4,37	4.676.835,00	162,00	34,64	0,82	74,00	0,39	0,93
ES	137,00	4,92	46.447.697,00	1.689,00	36,36	1,33	81,00	0,19	2,30
FR	388,00	5,96	66.624.068,00	3.459,00	51,92	2,01	78,00	0,24	1,05
IT	246,00	5,51	60.730.582,00	3.428,00	56,45	1,47	11,00	0,19	2,68
CY	98,00	4,58	1.160.985,00	57,00	49,10	0,69	13,00	0,43	2,76
NL	444,00	6,10	16.939.923,00	531,00	31,35	2,65	82,00	0,09	1,98
AT	164,00	5,10	8.633.169,00	479,00	55,48	1,08	88,00	0,16	1,25
PL	338,00	5,82	37.986.412,00	2.938,00	77,34	1,47	83,00	0,41	0,37
PT	197,00	5,28	10.358.076,00	593,00	57,25	1,24	77,00	0,22	21,41
SL	103,00	4,63	2.063.531,00	120,00	58,15	0,57	69,00	0,21	1,99
FI	95,00	4,55	5.479.531,00	266,00	48,54	0,67	85,00	0,38	1,13
SE	122,00	4,80	9.799.186,00	259,00	26,43	1,53	93,00	0,24	0,99
UK	78,00	4,36	65.128.861,00	1.804,00	27,70	1,04	91,00	0,31	0,89

Πίνακας 4.2 : Βάση δεδομένων (2/2)

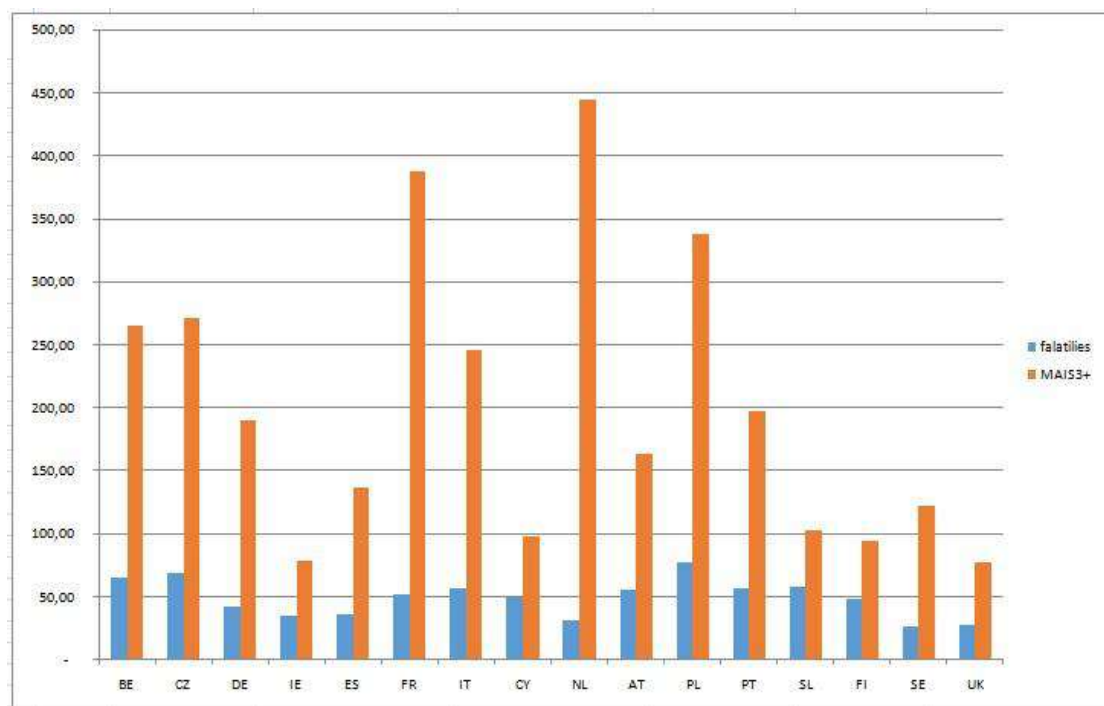
Στους παραπάνω πίνακες απεικονίζεται ο τρόπος με τον οποίο δημιουργήθηκε η βάση δεδομένων. Στην πρώτη στήλη τοποθετήθηκαν τα κράτη και στις επόμενες στήλες ακολουθούν τα διάφορα στοιχεία που αντιστοιχούν σε κάθε κράτος.

Διαιρώντας τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα με τον πληθυσμό της κάθε χώρας και πολλαπλασιάζοντας στο ηλίκο αυτό με ένα εκατομμύριο προέκυψε η στήλη με τους θανάτους ανά ένα εκατομμύριο πληθυσμού (fatalities per 10⁶ population). Τους αριθμούς που περιγράφουν τους βαριά τραυματίες, οι οποίοι είναι είτε με βάση των αριθμό των ανθρώπων που εισήχθησαν σε νοσοκομείο, είτε με βάση της κλίμακας τραυματισμού MAIS3+, τους είχαμε ως δεδομένα ως αριθμό βαριά τραυματιών ανά ένα εκατομμύριο πληθυσμού. Από αυτές τις τρεις στήλες προέκυψαν τα LN(hospitalized/fatalities), LN(MAIS3+/Fat), και τα LN(hospitalized) και LN(MAIS3+) τα οποία

χρησιμοποιήθηκαν ως εξαρτημένες μεταβλητές στα μοντέλα μας. Παρακάτω οι βαριά τραυματίες ανά εκατομμύριο πληθυσμού συμβολίζονται ως Hospitalised και MAIS3+, ανάλογα με το κριτήριο με βάση το οποίο έγινε η καταγραφή τους.



Διάγραμμα 4.1 : Σοβαρά τραυματισμοί με βάση τον αριθμό των ανθρώπων που εισήχθησαν σε νοσοκομείο σε σύγκριση με τους θανάτους στα οδικά ατυχήματα.



Διάγραμμα 4.2 : Σοβαρά τραυματισμοί με βάση την κλίμακα MAIS3+ σε σύγκριση με τους θανάτους στα οδικά ατυχήματα.

Στη συνέχεια, σχεδιάστηκαν μέσω του προγράμματος EXCEL διαγράμματα που παρουσίαζαν την αλληλεπίδραση μεταξύ διάφορων συνδυασμών των παραπάνω μεταβλητών.

Τα αποτελέσματα της διαδικασίας δημιουργίας των παραπάνω γραφημάτων ήταν ιδιαίτερα χρήσιμα και κατέστησαν σκόπιμο να διερευνηθεί στην παρούσα Διπλωματική Εργασία η συσχέτιση των δεικτών που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα υποκεφάλαια με τον αριθμό των σοβαρά τραυματιών σε οδικά ατυχήματα, μέσω της δημιουργίας ενός μαθηματικού μοντέλου που θα περιελάμβανε όσο το δυνατόν περισσότερους από αυτούς.

5. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας. Μετά την συλλογή και την επεξεργασία των στοιχείων στο πρόγραμμα EXCEL, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με μέθοδο του γενικευμένου γραμμικού μοντέλου με την αξιοποίηση ειδικού στατιστικού λογισμικού.

Περιγράφονται, επομένως, αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης των κατάλληλων μοντέλων. Επιπλέον, αναπόσπαστο κομμάτι των αποτελεσμάτων αποτελούν οι στατιστικοί έλεγχοι που απαιτούνται για την αποδοχή ή μη των μοντέλων.

Τέλος, στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται και περιγράφονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία και πραγματοποιείται προσπάθεια εξήγησης τους με βάση τη λογική, την εμπειρία και στοιχεία από τη σχετική βιβλιογραφία. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων διακρίνεται σε τρεις φάσεις:

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

5.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα απαιτούμενα στοιχεία δεν ήταν πλήρη για ορισμένα κράτη. Συγκεκριμένα για την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων με σκοπό την ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων δημιουργήθηκαν **δύο βάσεις δεδομένων**.

Η **πρώτη βάση δεδομένων** είχε ως σκοπό την **ανάλυση των σοβαρά τραυματιών** έχοντας ως κριτήριο για τους σοβαρά τραυματίες τον αριθμό των ατόμων που εισήχθησαν σε νοσοκομείο μετά από οδικό ατύχημα (**Hospitalized**). Για αυτή την επεξεργασία δε συμπεριλήφθησαν στην ανάλυση τα κράτη Μάλτα, Κύπρος και Λουξεμβούργο.

Η **δεύτερη βάση δεδομένων** που δημιουργήθηκε, είχε επίσης σκοπό την **ανάλυση των σοβαρά τραυματιών** αλλά αυτή τη φορά έχοντας ως κριτήριο για τους σοβαρά τραυματίες τον κοινό πλέον ορισμό για όλες τις χώρες, αυτόν της μέγιστης συντετημένης κλίμακας τραυματισμού, που ορίζει ως «βαριά τραυματισμό» εκείνον επιπέδου τρία ή μεγαλύτερου (**MAIS3+**). Για αυτή την επεξεργασία είχαμε τα στοιχεία για τον αριθμό των σοβαρά τραυματιών με βάση το MAIS3+ μόνο για 16 χώρες. Συνεπώς αυτή η επεξεργασία αφορούσε μόνο Βέλγιο, Τσεχία, Γερμανία, Ισπανία, Γαλλία, Ιταλία, Ιρλανδία, Κύπρος, Ολλανδία, Αυστρία, Πολωνία, Πορτογαλία, Σλοβενία, Φινλανδία, Σουηδία και το Ηνωμένο Βασίλειο.

Κάθε μία από τις βάσεις δεδομένων περιελάμβανε για κάθε κράτος τον αριθμό των σοβαρά τραυματιών ανά εκατομμύριο πληθυσμού (με βάση άλλο ορισμό για κάθε βάση), τον αριθμό των νεκρών (ανά εκατομμύριο πληθυσμού) από οδικό ατύχημα, το κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εθνικό

Προϊόν (Α.Ε.Π.), τον αριθμό των επιβατικών οχημάτων ανά ηλικία οχήματος, το ποσοστό χρήσης της ζώνης ασφαλείας, το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων κάθε χώρας, την οδική κυκλοφορία σε επιβατοχιλιόμετρα, το ποσοστό των λεωφορείων, τον αριθμό των δικύκλων ανά χιλιάδες πληθυσμού, το ποσοστό των οχημάτων για κάθε χώρα που έχει δείκτη ασφαλείας επιβατικών οχημάτων (Euro Ncar Score) πέντε αστέρια και τον αριθμό των γιατρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού.

Λόγω δυσκολίας συσχέτισης των παραπάνω μεταβλητών για την εξαγωγή μοντέλων που ικανοποιούσαν τους στατιστικούς ελέγχους, οι βάσεις δεδομένων ανανεώνονταν διαρκώς με στόχο την εύρεση κάποιας κατάλληλης μορφής των μεταβλητών που θα συσχετιζόνταν γραμμικά μεταξύ τους. Έτσι οι τελικές βάσεις δεδομένων περιελάμβαναν τον φυσικό λογάριθμο κάποιων από των παραπάνω στοιχείων καθώς και το φυσικό λογάριθμο του λόγου των σοβαρά τραυματιών προς τον αριθμό των θανάτων σε οδικά ατυχήματα.

	Country	FATALITIES	Fatalitiesper100pop	Seriousinjuriesper100pop	VS	Siccasnumber	LSI	SIFat	LSIFAT	POPULATION	GDPpercapita	LSNGDP
1	BE	732.0	64.9	373.0	37.3	4205.3	5.9	5.7	1.7	11274196.0	45068.3	10.7
2	BG	708.0	98.6	320.0	32.0	2297.0	5.8	3.2	1.2	7177991.0	7612.0	8.9
3	CZ	734.0	69.6	236.0	23.6	2488.9	5.5	3.4	1.2	10546059.0	21981.7	10.0
4	DK	178.0	31.3	315.0	31.5	1790.3	5.8	10.1	2.3	5683483.0	59967.7	11.0
5	DE	3459.0	42.3	834.0	83.4	68126.6	6.7	19.7	3.0	81688611.0	45412.6	10.7
6	EE	67.0	50.9	352.0	35.2	463.0	5.9	6.9	1.9	1315407.0	17734.0	9.8
7	IE	162.0	34.6	98.0	9.8	458.3	4.6	2.8	1.0	4676835.0	68030.8	11.1
8	EL	793.0	73.3	99.0	9.9	1071.3	4.6	1.4	.3	10820883.0	22648.8	10.0
9	ES	1689.0	36.4	204.0	20.4	9475.3	5.3	5.6	1.7	46447697.0	30532.4	10.3
10	FR	3459.0	51.9	412.0	41.2	27449.1	6.0	7.9	2.1	66624068.0	41689.7	10.6
11	HR	348.0	82.8	668.0	66.8	2808.0	6.5	8.1	2.1	4203604.0	13936.0	9.5
12	IT	3428.0	56.4	790.0	79.0	47977.2	6.7	14.0	2.6	68730582.0	33984.1	10.4
13	LV	188.0	95.1	241.0	24.1	476.6	5.5	2.5	.9	1977527.0	14294.0	9.6
14	LT	242.0	83.3	146.0	14.6	424.1	5.0	1.8	.6	2904910.0	15341.8	9.6
15	HU	644.0	66.4	566.0	56.6	5571.2	6.3	8.7	2.2	9843028.0	14629.2	9.6
16	NL	531.0	31.3	789.0	78.9	13366.6	6.7	25.2	3.2	16939923.0	51410.5	10.8
17	AT	479.0	55.5	873.0	87.3	7536.8	6.8	15.7	2.8	8633169.0	47834.8	10.8
18	PL	2938.0	77.3	287.0	28.7	10902.1	5.7	3.7	1.3	37986412.0	14640.2	9.6
19	PT	593.0	57.3	207.0	20.7	2144.1	5.3	3.6	1.3	10358876.0	22016.8	10.0
20	RO	1893.0	95.5	456.0	45.6	9035.9	6.1	4.8	1.6	19815481.0	9567.4	9.2
21	SL	120.0	58.2	452.0	45.2	932.7	6.1	7.8	2.1	2063531.0	23731.2	10.1
22	SK	310.0	57.2	222.0	22.2	1204.1	5.4	3.9	1.4	5423801.0	18678.9	9.8
23	FI	266.0	48.5	86.0	8.6	471.2	4.5	1.8	.6	5479531.0	45086.7	10.7
24	SE	259.0	26.4	251.0	25.1	2459.6	5.5	9.5	2.3	9799186.0	55395.1	10.9
25	UK	1804.0	27.7	352.0	35.2	22925.4	5.9	12.7	2.5	65128861.0	41536.9	10.6
26	NO	117.0	22.5	133.6	13.4	693.0	4.9	5.9	1.8	5188607.0	90104.0	11.4
27	CH	253.0	30.5	348.6	34.9	2887.0	5.9	11.4	2.4	8282396.0	75472.5	11.2

Πίνακας 5.1 : Μέρος της βάσης δεδομένων για όλα τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο στατιστικό λογισμικό SPSS

5.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο του **γενικευμένου γραμμικού μοντέλου (generalized linear model)** με σκοπό την ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου. Για τους σκοπούς και τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης έρευνας θεωρήθηκε πως το πιο πλήρες λογισμικό για αυτή την επεξεργασία ήταν το **SPSS**.

Για τη λειτουργία του προγράμματος απαιτείται ο καθορισμός τριών αρχείων, του αρχείου δεδομένων εισόδου, του αρχείου ελέγχου και του αρχείου αποτελεσμάτων. Από τα παραπάνω τα δύο πρώτα είναι αρχεία που περιέχουν στοιχεία, ενώ το τελευταίο είναι κενό και καταχωρούνται σε αυτό τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης.

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

Στο αρχείο ελέγχου καθορίζονται με τη χρήση της επιλογής του γενικευμένου γραμμικού μοντέλου (generalized linear model), τα πιθανά μοντέλα συσχέτισης των μεταβλητών. Ως εξαρτημένη μεταβλητή επιλέγεται αρχικά ο φυσικός λογάριθμος των σοβαρά τραυματιών σε οδικό ατύχημα ανά εκατομμύριο πληθυσμού (με βάση άλλο ορισμό για κάθε μία από τις δύο βάσεις δεδομένων που δημιουργήθηκαν), ενώ στη συνέχεια ο φυσικός λογάριθμος του λόγου του παραπάνω προς τον αριθμό των θανάτων από οδικό ατύχημα (serious injuries/ fatalities). Ως ανεξάρτητες μεταβλητές επιλέγονται το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων κάθε χώρας, την οδική κυκλοφορία σε επιβατοχιλιόμετρα, το ποσοστό των λεωφορείων, το ποσοστό των δικύκλων ανά χιλιάδες πληθυσμού, το ποσοστό χρήσης της ζώνης ασφαλείας στα επιβατικά οχήματα, το κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (Α.Ε.Π.), ο αριθμός των επιβατικών οχημάτων ανά ηλικία οχημάτων και το ποσοστό των επιβατικών οχημάτων για κάθε χώρα που είχαν δείκτη ασφαλείας Euro Ncap Score πέντε αστέρια. Τα πιθανά μοντέλα προκύπτουν από συνδυασμούς μεταξύ των παραπάνω ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών.

Επόμενο βήμα είναι ο στατιστικός έλεγχος των μοντέλων με σκοπό την επιλογή εκείνου που προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα. Το πρόγραμμα αυτό κάνει εύκολο τον στατιστικό έλεγχο μεταξύ των μοντέλων, παρέχοντας ορισμένες πληροφορίες κατά την εξαγωγή των συμπερασμάτων (**αρχείο αποτελεσμάτων**).

Οι πληροφορίες δίνονται με τη μορφή τριών δεικτών, του Wald, το επίπεδο σημαντικότητας sig και με το LogLikelihood. Όπως αναφέρεται και στο υποκεφάλαιο 3.6 τι τιμή του στατιστικού ελέγχου Wald πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1,7 για επίπεδο σημαντικότητας 95%, ή η σημαντικότητα της κάθε μεταβλητής να είναι $\text{sig} \leq 0,05$. Όσο μεγαλύτερη η τιμή του δείκτη αυτού, τόσο μεγαλύτερη η επιρροή της συγκεκριμένης ανεξάρτητης μεταβλητής στην τιμή της εξαρτημένης. Τέλος τα τελικά μοντέλα πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν χαμηλότερο LogLikelihood.

Μετά τον έλεγχο των μοντέλων βάσει των ανωτέρων κριτηρίων, ο έλεγχος συνεχίζεται, εξετάζοντας το μέγεθος επιρροής του σταθερού όρου. Φυσικά πρέπει να εξεταστεί εάν τα αποτελέσματα του μοντέλου οδηγούν σε λογικά συμπεράσματα και εάν μπορούν να ερμηνευτούν με βάση τις επικρατούσες συνθήκες και αντιλήψεις.

5.4 ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ ΠΟΥ ΕΙΣΧΗΘΗΣΑΝ ΣΕ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ (HOSPITALIZED) .

Αρχικά έγινε η επεξεργασία της πρώτης βάσης δεδομένων που δημιουργήσαμε, με σκοπό την εύρεση στατιστικού μοντέλου για τους σοβαρά τραυματίες από οδικά ατυχήματα έχοντας ως δεδομένο τον αριθμό των ατόμων που εισήχθησαν σε νοσοκομείο μετά από οδικό ατύχημα (hospitalized). **Για λόγους συντομίας η όποια αναφορά στα παρακάτω υποκεφάλαια σε σοβαρά τραυματίες αφορά σε τραυματίες που εισήχθησαν σε νοσοκομείο μετά από οδικό ατύχημα.**

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, η επεξεργασία αυτή έγινε για τα δεδομένα από όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες, τη Νορβηγία, την Ελβετία, με εξαίρεση τη Κύπρο, τη Μάλτα και το Λουξεμβούργο.

5.4.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ

5.4.1.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Για να υπάρξει η δυνατότητα **ανάλυσης της συχνότητας** του σοβαρά τραυματισμού σε οδικό ατύχημα αρκούσε να προκύψει ένα στατικό μοντέλο το οποίο να έχει σαν εξαρτημένη μεταβλητή κάποια μαθηματική μορφή του αριθμού των σοβαρά τραυματιών.

Αφού πραγματοποιήθηκαν αρκετές δοκιμές με διαφορετικό κάθε φορά συνδυασμό μεταβλητών το μοντέλο που προέκυψε στατιστικά αποδεκτό και καλύτερα προσαρμοσμένο στα δεδομένα ήταν αυτό που περιελάμβανε ως **εξαρτημένη μεταβλητή τον φυσικό λογάριθμο του αριθμού των βαριά τραυματιών (hospitalized) ανά εκατομμύριο πληθυσμού** και ως ανεξάρτητες μεταβλητές το ποσοστό των επιβατικών οχημάτων που είχαν δείκτη ασφαλείας Euro Ncap score πέντε αστέρια, το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων, το φυσικό λογάριθμο του όγκου της οδικής κυκλοφορίας σε επιβατοχιλιόμετρα, το λόγο του αριθμού των δικύκλων ανά χιλιάδες πληθυσμό και το ποσοστό των λεωφορείων.

Οι υπόλοιπες μεταβλητές που έχουν ήδη αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια προέκυψαν στατιστικά ασήμαντες και δεν εντάχθηκαν στο τελικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου φαίνονται παρακάτω.

Continuous Variable Information						
		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Dependent Variable	LNSI	21	4,5	6,8	5,796	,6606
Covariate	EURO NCAP score 5 stars (%)	21	38,3	66,6	54,929	5,9768
	Motorways/ total road net %	21	,2	5,6	1,654	1,4418
	ln(traffic)	21	8,1	13,5	11,017	1,3749
	motorcperthousand inhabitants	21	,1	4,2	1,176	1,1757
	buses%	21	,0865242781	1,135315160	,3942018924	,2430490226

Goodness of Fit^a

	Value	df	Value/df
Deviance	3,018	15	,201
Scaled Deviance	21,000	15	
Pearson Chi-Square	3,018	15	,201
Scaled Pearson Chi-Square	21,000	15	
Log Likelihood ^b	-9,429		
Akaike's Information Criterion (AIC)	32,859		
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	41,474		
Bayesian Information Criterion (BIC)	40,170		
Consistent AIC (CAIC)	47,170		

Dependent Variable: LNSI

Model: (Intercept), EURONCAPscore5stars, Motorwaystotalroadnet, lntraffic, motorcperthousandinhabitants, buses

a. Information criteria are in smaller-is-better form.

b. The full log likelihood function is displayed and used in computing information criteria.

Omnibus Test^a

Likelihood Ratio Chi-Square	df	Sig.
22,298	5	,000

Dependent Variable: LNSI

Model: (Intercept), EURONCAPscore5stars, Motorwaystotalroadnet, lntraffic, motorcperthousandinhabitants, buses

a. Compares the fitted model against the intercept-only model.

Tests of Model Effects

Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	37,967	1	,000
EURONCAPscore5stars	23,967	1	,000
Motorwaystotalroadnet	6,319	1	,012
lntraffic	2,089	1	,148
motorcperthousandinhabitants	5,840	1	,016
buses	3,239	1	,072

Dependent Variable: LNSI

Model: (Intercept), EURONCAPscore5stars, Motorwaystotalroadnet, lntraffic, motorcperthousandinhabitants, buses

Parameter Estimates

Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	8,662	1,4058	5,907	11,417	37,967	1	,000
EURONCAPscore5stars	-,080	,0163	-,112	-,048	23,967	1	,000
Motorwaystotalroadnet	,154	,0613	,034	,274	6,319	1	,012
lntraffic	,119	,0820	-,042	,279	2,089	1	,148
motorcperthousandinhabitants	,225	,0931	,043	,407	5,840	1	,016
buses	-,756	,4202	-1,580	,067	3,239	1	,072
(Scale)	,144 ^a	,0444	,078	,263			

Dependent Variable: LNSI

Model: (Intercept), EURONCAPscore5stars, Motorwaystotalroadnet, lntraffic, motorcperthousandinhabitants, buses

a. Maximum likelihood estimate.

Πίνακας 5.2 : Σύνοψη για το μοντέλο βαριά τραυματιών ως hospitalized

Σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες, το **LogLikelihood** έχει τιμή 22.298. Η τιμή αυτή ήταν η μικρότερη μεταξύ των δοκιμών που έγιναν συνδυάζοντας όλα τα στοιχεία που είχαν συλλεχθεί γι αυτό και επιλέχθηκε το συγκεκριμένο μοντέλο.

Ο έλεγχος όσον αφορά στον συντελεστή **Wald** ικανοποιείται για όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές, αφού η τιμή του είναι πάνω από 1,7, που είναι το όριο αποδοχής. Επίσης η σημαντικότητα του μοντέλου είναι 0,000 που είναι μικρότερο από 0,05, οπότε το μοντέλο είναι στατιστικά σημαντικό.

5.4.1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα αποτελέσματα του μαθηματικού μοντέλου που αναπτύχθηκε για το σύνολο των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τη Νορβηγία και την Ελβετία και με εξαίρεση το Λουξεμβούργο τη Μάλτα και την Κύπρο, για το έτος 2015, προέκυψε η ακόλουθη μαθηματική σχέση :

$$\text{LN (hospitalized)} = 8.662 - 0.080 * (\text{Euro Ncap score 5 stars}) + 0.154 * \left(\frac{\text{motorways}}{\text{total road network}} \right) + 0.119 * (\text{LN(traffic) }) + 0.225 * \left(\frac{\text{motorcycles}}{\text{thousand population}} \right) - 0.756 * (\text{buses\%})$$

Όπου,

Hospitalized: ο αριθμός των βαριά τραυματιών σε οδικό ατύχημα ανά εκατομμύριο πληθυσμού, μετρημένος με βάση των ανθρώπων που εισήχθησαν σε νοσοκομείο.

Euro Ncap score 5 stars : δείκτης ασφαλείας επιβατικού οχήματος 5 αστέρια (το μέγιστο)

Motorways : το σύνολο των αυτοκινητοδρόμων κάθε χώρας

Total road network: το σύνολο του οδικού συστήματος κάθε χώρας

Traffic: ο όγκος της οδικής κυκλοφορίας σε επιβατοχιλιόμετρα

Motorcycles: ο αριθμός των δικύκλων

Buses% : το ποσοστό των λεωφορείων σε σχέση με το συνολικό αριθμό όλων των οχημάτων

Αυτό το μοντέλο έχει ως εξαρτημένη μεταβλητή το φυσικό λογάριθμο των σοβαρά τραυματισμένων σε οδικά ατυχήματα και έχει ως στόχο να μας δείξει από ποιους **δείκτες επηρεάζεται η συχνότητα των βαριά τραυματισμών σε οδικά ατυχήματα.**

Από τη μαθηματική σχέση προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής του δείκτη ασφαλείας των επιβατικών οχημάτων είναι αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **αύξηση του ποσοστού των επιβατικών οχημάτων με δείκτη ασφαλείας 5 αστέρια έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα.**

Αντίθετα ο συντελεστής της μεταβλητής του ποσοστού των αυτοκινητοδρόμων είναι θετικός, το οποίο σημαίνει ότι **η αύξηση των αυτοκινητοδρόμων σε μία χώρα, συνεπάγεται με αύξηση των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα.** Παρά το γεγονός ότι οι αυτοκινητόδρομοι προσδίδουν μεγαλύτερη ασφάλεια, λόγω των υψηλότερων ταχυτήτων σε περίπτωση ατυχήματος, οι τραυματισμοί είναι πιο σοβαροί.

Θετικός είναι και ο συντελεστής της μεταβλητής του όγκου της οδικής κυκλοφορίας, συμπεραίνοντας ότι **η αύξηση της οδικής κυκλοφορίας σχετίζεται θετικά με την αύξηση των βαριά τραυματιών.**

Επιπλέον, σύμφωνα με το μαθηματικό μοντέλο προέκυψε ότι **η αύξηση του αριθμού των δικύκλων ανά χιλιάδες πληθυσμού οδηγεί σε αύξηση των βαριά τραυματιών.** Η χρήση των δικύκλων ως μέσο μετακίνησης προσέδιδε πάντα επικινδυνότητα. Στην περίπτωση ύπαρξης οδικού ατυχήματος, ο οδηγός

δικύκλου είναι εκτεθειμένος και στην πλειονότητα των περιπτώσεων οι τραυματισμοί είναι πολύ σοβαρότεροι σε σχέση με οδηγό επιβατικού οχήματος, κάτω υπό τις ίδιες συνθήκες σύγκρουσης.

Τέλος, η αύξηση του ποσοστού των λεωφορείων ταυτίζεται με τη μείωση των βαριά τραυματιών σε οδικό ατύχημα. Μία πιθανή εξήγηση είναι το γεγονός ότι τα λεωφορεία ως μέσο έχουν χαμηλές ταχύτητες και σε πολλές χώρες χρησιμοποιούν ειδικές λωρίδες κυκλοφορίας. Συνεπώς ούτε εμπλέκονται συχνά σε οδικά ατυχήματα και εάν εμπλακούν λόγω των χαμηλών ταχυτήτων οι τραυματισμοί δεν είναι μεγάλης σοβαρότητας.

5.4.1.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η ελαστικότητα αποτελεί ένα μέτρο της σχετικής επιρροής μίας ανεξάρτητης μεταβλητής στην αντίστοιχη εξαρτημένη. Η σχέση η οποία δίνει την ελαστικότητα για τα γραμμικά μοντέλα είναι:

$$e_i = (\Delta Y_i / \Delta X_i) * (X_i / Y_i) = \beta_i * (X_i / Y_i)$$

όπου β_i ο συντελεστής της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής, X_i η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής και Y_i η τιμή της εξαρτημένης.

Εφαρμόζοντας την παραπάνω σχέση προέκυψαν οι παρακάτω τιμές:

Ελαστικότητα	Μοντέλο LN(Hospitalized)		
Ανεξαρτητες μεταβλητές	Τιμές συντελεστών	ει* (σχετική επιρροή)	ει (ελαστικότητα)
Σταθερός όρος	8,662		
Euro Ncap Score 5 stars	-0,080	-15,31	-0,751
Αυτοκινητόδρομοι / συνολικό οδικό δίκτυο	0,154	1,25	0,062
Ln(οδικής κυκλοφορίας σε επιβατοχιλιόμετρα)	0,119	3,78	0,185
Δίκτυα / χίλιους κατοίκους	0,225	1,00	0,049
Λεωφορεία %	-0,756	-1,05	-0,052

Πίνακας 5.3 : Τιμή ελαστικότητας ανεξάρτητων μεταβλητών για το μοντέλο hospitalized

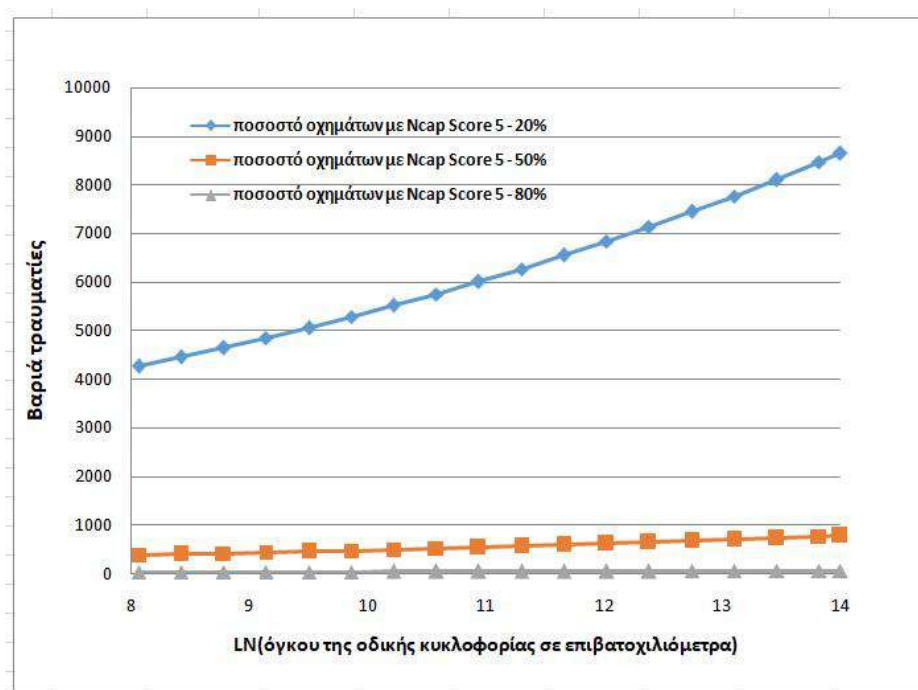
Από τον πίνακα γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι την μεγαλύτερη επιρροή στον αριθμό των βαριά τραυματιών σε οδικό ατύχημα παρουσιάζει ο δείκτης ασφαλείας των επιβατικών οχημάτων (Euro Ncap score) όταν είναι 5 αστέρια, ενώ τη μικρότερη επιρροή την έχει ο λόγος του αριθμού των δικύκλων προς χιλιάδες πληθυσμού. Συγκεκριμένα, **το ποσοστό των οχημάτων που έχουν δείκτη ασφαλείας 5 αστέρια επηρεάζει περίπου 15 φορές περισσότερο τη συχνότητα των βαριά τραυματιών σε οδικό ατύχημα σε σύγκριση με τον αριθμό των δικύκλων ανά χιλιάδες πληθυσμού.**

Επίσης παρατηρείται ότι **ο όγκος της οδικής κυκλοφορίας σε επιβατοχιλιόμετρα επηρεάζει περίπου 4 φορές περισσότερο τη συχνότητα των σοβαρά τραυματιών σε οδικό ατύχημα σε σύγκριση με τον αριθμό των δικύκλων ανά χιλιάδες πληθυσμού.**

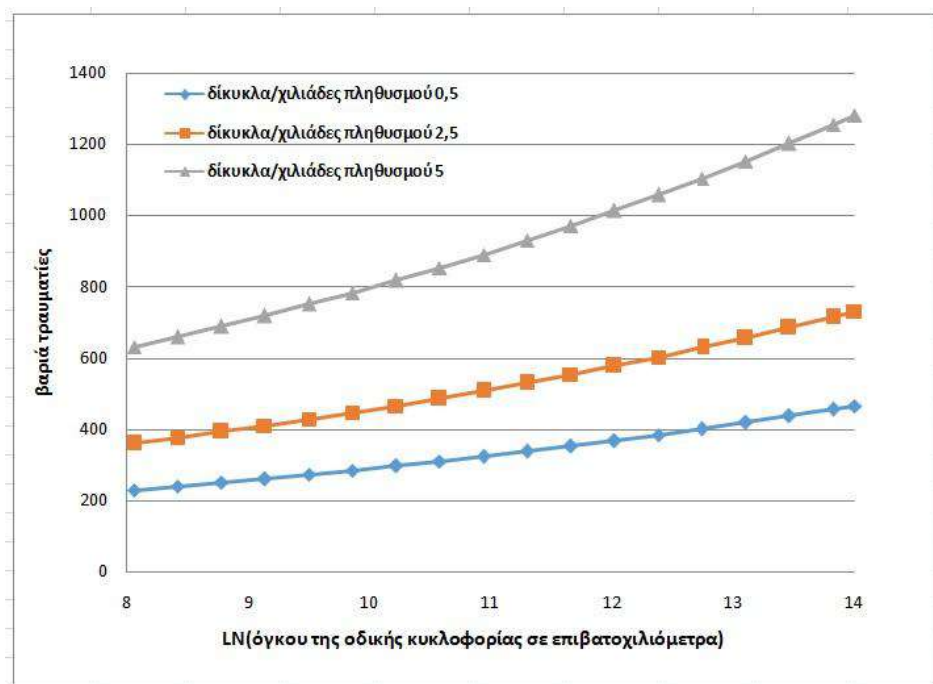
Τέλος από τον πίνακα αντλείται το συμπέρασμα ότι το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων ως προς το σύνολο του οδικού δικτύου και το ποσοστό των λεωφορείων έχουν σχεδόν ίδια επιρροή στον αριθμό των σοβαρά τραυματιών σε οδικό ατύχημα σε σύγκριση με τον αριθμό των δικύκλων ανά χιλιάδες πληθυσμού.

5.4.1.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

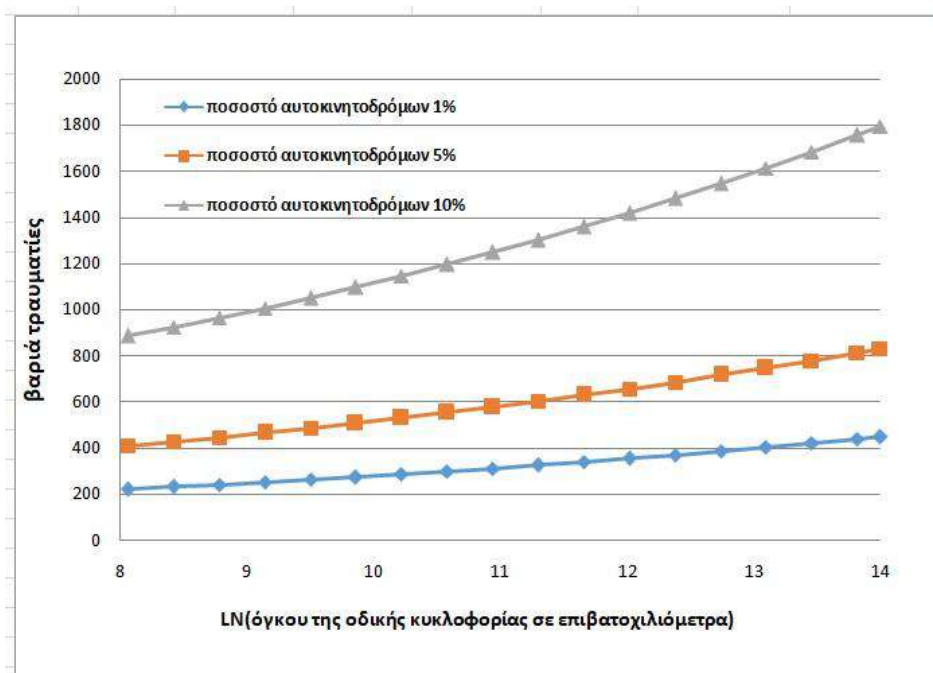
Με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή αναπτύχθηκαν τα **διαγράμματα ευαισθησίας**. Τα συγκεκριμένα διαγράμματα περιγράφουν την ευαισθησία της εξεταζόμενης εξαρτημένης μεταβλητής δηλαδή, του αριθμού των βαριά τραυματιών σε οδικά ατυχήματα, όταν μεταβάλλεται μία εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών και οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές. Οι συνδυασμοί είναι πολλοί και άρα τα διαγράμματα που είναι δυνατόν να προκύψουν, συνεπώς παρατίθενται ενδεικτικά κάποια ενδιαφέροντα αποτελέσματα.



Διάγραμμα 5.1 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του δείκτη Ncap Score 5 στον αριθμό των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα.



Διάγραμμα 5.2 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του αριθμού των δικύκλων ανά χιλιάδες πληθυσμού στον αριθμό των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα.



Διάγραμμα 5.3 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του ποσοστού των αυτοκινητοδρόμων στον αριθμό των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα.

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι δείκτης ασφαλείας Ncar Score 5 αστέρια έχει μεγάλη επιρροή στον αριθμό των βαριά τραυματιών και για μικρά ποσοστά των επιβατικών οχημάτων με δείκτη ασφαλείας 5 αστέρια ο αριθμός των βαριά τραυματιών παρουσιάζει μεγάλη αύξηση.

Επίσης επιρροή στον αριθμό των βαριά τραυματιών παρουσιάζει και ο αριθμός δικύκλων ανά χιλιάδες πληθυσμού και με αύξηση του λόγου αυτού αυξάνεται ο αριθμός των βαριά τραυματιών.

Τέλος παρατηρείται ότι σημαντική επιρροή στην αύξηση του αριθμού των βαριά τραυματιών επιφέρει η αύξηση του ποσοστού των αυτοκινητοδρόμων στο σύνολο του οδικού δικτύου.

5.4.2 ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

5.4.2.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Με σκοπό την **ανάλυση της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων**, επιλέξαμε ως **δείκτη σοβαρότητας τον λόγο των βαριά τραυματιών προς τους θανάτους σε οδικά ατυχήματα. (serious injuries/fatalities)**

Μετά από τη διενέργεια πλήθους δοκιμών με γενικευμένο γραμμικό μοντέλο με διάφορους συνδυασμούς ανεξάρτητων μεταβλητών, αναπτύχθηκε μοντέλο που ικανοποιούσε τους απαιτούμενους στατιστικούς ελέγχους και ταυτόχρονα υπήρχε λογική ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Το μοντέλο υποδεικνύει τη σχέση μεταξύ του **φυσικού λογαρίθμου του λόγου του αριθμού των βαριά τραυματιών προς τον αριθμό των νεκρών από οδικά ατυχήματα (hospitalized/fatalities)**, με τις **ανεξάρτητες μεταβλητές που υπήρχαν και στο προηγούμενο μοντέλο με εξαίρεση του ποσοστού των λεωφορείων.**

Τα αποτελέσματα του μοντέλου φαίνονται παρακάτω :

Continuous Variable Information						
		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Dependent Variable	LN(SIFAT)	21	,6	3,2	1,918	,7121
Covariate	EURO NCAP score 5 stars (%)	21	38,3	66,6	54,929	5,9768
	Motorways/ total road net %	21	,2	5,6	1,654	1,4418
	ln(traffic)	21	8,1	13,5	11,017	1,3749
	motorc per thousand inhabitants	21	,1	4,2	1,176	1,1757

Goodness of Fit ^a			
	Value	df	Value/df
Deviance	5,210	16	,326
Scaled Deviance	21,000	16	
Pearson Chi-Square	5,210	16	,326
Scaled Pearson Chi-Square	21,000	16	
Log Likelihood ^b	-15,162		
Akaike's Information Criterion (AIC)	42,323		
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	48,323		
Bayesian Information Criterion (BIC)	48,591		
Consistent AIC (CAIC)	54,591		

Omnibus Test ^a		
Likelihood Ratio Chi-Square	df	Sig.
13,986	4	,007

Dependent Variable: LN(SIFAT)

Model: (Intercept),

EURONCAPscore5stars,

Motorwaytotalroadnet, Intraffic,

motorcperthousandhabitants

a. Compares the fitted model against the intercept-only model.

Tests of Model Effects

Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	,074	1	,785
EURONCAPscore5stars	3,920	1	,048
Motorwaytotalroadnet	3,947	1	,047
Intraffic	13,376	1	,000
motorcperthousandhabitants	6,086	1	,014

Dependent Variable: LN(SIFAT)

Model: (Intercept), EURONCAPscore5stars, Motorwaytotalroadnet,

Intraffic, motorcperthousandhabitants

Parameter Estimates

Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	-,398	1,4624	-3,265	2,468	,074	1	,785
EURONCAPscore5stars	-,040	,0204	-,080	,000	3,920	1	,048
Motorwaytotalroadnet	,155	,0780	,002	,308	3,947	1	,047
Intraffic	,356	,0975	,165	,547	13,376	1	,000
motorcperthousandhabitants	,301	,1222	,062	,541	6,086	1	,014
(Scale)	,248 ^a	,0766	,136	,454			

Dependent Variable: LN(SIFAT)

Model: (Intercept), EURONCAPscore5stars, Motorwaytotalroadnet, Intraffic, motorcperthousandhabitants

a. Maximum likelihood estimate.

Πίνακας 5.4 : Σύνοψη για το μοντέλο βαριά τραυματιών προς θανάτων σε οδικό ατύχημα

Παρατηρώντας τους πίνακες, προκύπτει πως το μοντέλο που αναπτύχθηκε ικανοποιεί τους απαιτούμενους στατιστικούς ελέγχους. Πιο αναλυτικά το **LogLikelihood** έχει τιμή 13,986 που είναι επαρκώς μικρή. Ο έλεγχος όσον αφορά τον συντελεστή **Wald** ικανοποιείται για όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές, αφού η τιμή του είναι πάνω από 1,7, που είναι το όριο αποδοχής. Ο ίδιος αυτός ο **έλεγχος (Wald)** δεν ικανοποιείται για το σταθερό όρο, διότι έχει τιμή $0,074 < 1,7$. Συνεπώς ο σταθερός όρος δε συμπεριλήφθηκε σε αυτό το μοντέλο. Επίσης η σημαντικότητα του μοντέλου είναι 0,007 που είναι μικρότερο από 0,05, οπότε το μοντέλο είναι στατιστικά σημαντικό.

5.4.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα αποτελέσματα του μαθηματικού μοντέλου που αναπτύχθηκε για το σύνολο των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τη Νορβηγία και την Ελβετία με εξαίρεση το Λουξεμβούργο την Κύπρο και τη Μάλτα, προέκυψε η ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$\text{LN (hospitalized/fatalities)} = -0.040 * (\text{Euro Ncap score 5 stars}) + 0.155 * \left(\frac{\text{motorways}}{\text{total road network}} \right) + 0.356 * (\text{LN(traffic)}) + 0.301 * \left(\frac{\text{motorcycles}}{\text{thousand population}} \right)$$

Όπου,

Hospitalized: ο αριθμός των σοβαρά τραυματιών σε οδικό ατύχημα ανά εκατομμύριο πληθυσμού, μετρημένος με βάση των ανθρώπων που εισήχθησαν σε νοσοκομείο.

Fatalities : ο αριθμός των νεκρών σε οδικά ατυχήματα

Euro Ncap score 5 stars : δείκτης ασφαλείας επιβατικού οχήματος 5 αστέρια (το μέγιστο)

Motorways : το σύνολο των αυτοκινητοδρόμων κάθε χώρας

Totalroadnetwork: το σύνολο του οδικού δικτύου κάθε χώρας

Traffic: ο όγκος της οδικής κυκλοφορίας σε επιβατοχιλιόμετρα

Motorcycles: ο αριθμός των δικύκλων

Από τη μαθηματική σχέση που προέκυψε κατά την ανάπτυξη του στατιστικού μοντέλου, διαπιστώθηκε ότι ο φυσικός λογάριθμος του λόγου των σοβαρά τραυματισμένων προς τους νεκρούς σε οδικό ατύχημα, σχετίζεται με τις παραπάνω ανεξάρτητες μεταβλητές.

Συγκεκριμένα, λόγω του αρνητικού πρόσημου του αριθμητικού συντελεστή της μεταβλητής του δείκτη ασφαλείας επιβατικού οχήματος 5 αστέρια, υπάρχει αρνητική σχέση μεταξύ αυτής της μεταβλητής και της εξαρτημένης. Δηλαδή, η αύξηση τις τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής συνεπάγεται με μείωση της τιμής της εξαρτημένης. Αντίστοιχη επίδραση είχαμε για τη συγκεκριμένη μεταβλητή και ως προς τη συχνότητα των βαριά τραυματιών. **Συνεπώς το ποσοστό των επιβατικών οχημάτων με δείκτη ασφαλείας 5 αστέρια επηρεάζει αρνητικά όχι μόνο τη συχνότητα αλλά και τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.** Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όσο καλύτερα και καινούρια επιβατικά οχήματα χρησιμοποιούνται από τους οδηγούς τόσο λιγότερες πιθανότητες έχουν να τραυματιστούν βαριά σε ένα οδικό ατύχημα.

Αντίστοιχα, τα θετικά πρόσημα των συντελεστών των υπόλοιπων ανεξάρτητων μεταβλητών (ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων σε σχέση με το σύνολο του οδικού δικτύου, ο φυσικός λογάριθμος του όγκου της οδικής κυκλοφορίας και ο αριθμός των δικύκλων ανά χιλιάδες πληθυσμού), υποδεικνύουν θετική σχέση μεταξύ των προαναφερθέντων και της εξαρτημένης μεταβλητής, με συνέπεια **η αύξηση των πρώτων να οδηγεί σε αύξηση του φυσικού λογαρίθμου του λόγου των σοβαρά τραυματισμένων προς τους νεκρούς σε οδικό ατύχημα.**

Η συγκεκριμένη εξαρτημένη μεταβλητή επιλέχθηκε ως ένας **δείκτης σοβαρότητας** των σοβαρά τραυματισμών σε οδικά ατυχήματα. Όσον αφορά στην πιο ουσιαστική ερμηνεία των αποτελεσμάτων του μοντέλου, αρκεί να αναφερθεί πως **οι πιθανές αιτιολογήσεις για την συσχέτιση της σοβαρότητας των σοβαρά τραυματιών σε οδικά ατυχήματα ταυτίζονται με εκείνες που αναλύθηκαν προηγουμένως για το μοντέλο που αφορούσε στη συχνότητα των σοβαρά τραυματιών.** Η δυνατότητα αυτή μας δίνεται από την όμοια συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένων και ανεξάρτητων

μεταβλητών στα δύο μοντέλα. Όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές που έχουμε συνοδεύονται από τα ίδια πρόσημα και στα δύο μαθηματικά μοντέλα. Η μόνη διαφορά είναι ότι σε αυτό το μοντέλο στο οποίο εξετάζουμε τη σοβαρότητα του οδικού ατυχήματος, δε συμπεριλάβαμε και το ποσοστό των λεωφορείων ως ανεξάρτητη μεταβλητή.

5.4.2.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Εφαρμόζοντας τη σχέση που αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο προέκυψαν οι παρακάτω τιμές :

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Μοντέλο LN(hospitalized/νεκρούς)		
	Τιμές συντελεστών	ει* (σχετική επιρροή)	ει (ελαστικότητα)
Σταθερός όρος	-0,398		
Euro Ncap Score 5 stars	-0,040	-6,69	-1,64
Αυτοκινητόδρομοι / συνολικό οδικό δίκτυο	0,155	1,00	0,25
Ln(οδικής κυκλοφορίας σε επιβατοχιλιόμετρα)	0,356	8,38	2,06
Δίκυκλα / χίλιους κατοίκους	0,301	1,29	0,32

Πίνακας 5.5: Τιμές ελαστικότητας ανεξάρτητων μεταβλητών για το μοντέλο hospitalized/νεκρούς

Από τον πίνακα αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι την μεγαλύτερη επιρροή και στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων την έχει ο όγκος κυκλοφορίας στο οδικό δίκτυο, ενώ το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων στο σύνολο του οδικού δικτύου έχει τη μικρότερη επιρροή. Συγκεκριμένα, **ο όγκος της κυκλοφορίας στο οδικό δίκτυο επηρεάζει περίπου 8 φορές περισσότερο τη σοβαρότητα του οδικού ατυχήματος σε σύγκριση με το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων.**

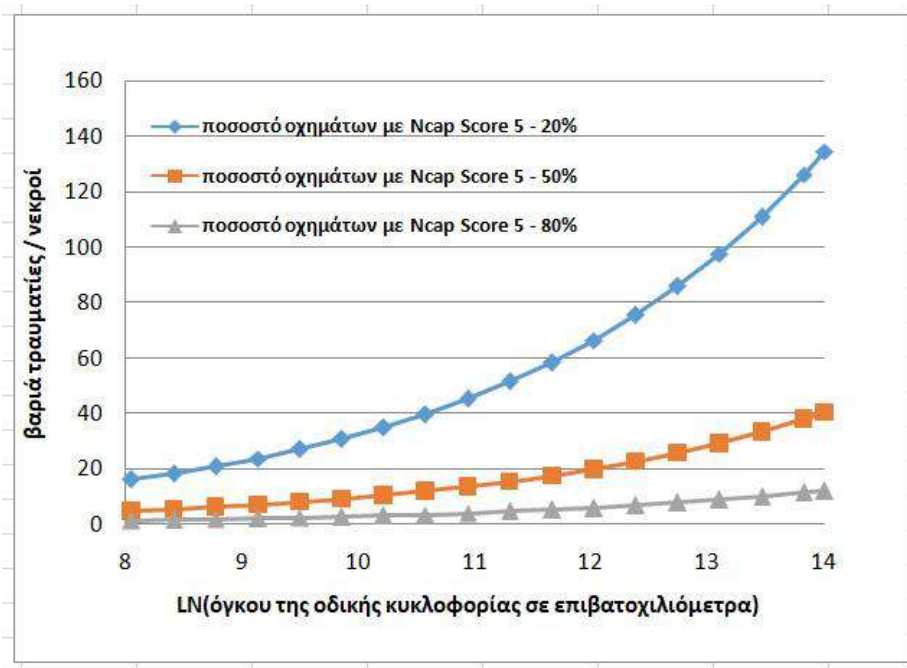
Επιπλέον παρατηρείται ότι μεγάλη επιρροή στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων έχει το ποσοστό των επιβατικών οχημάτων με δείκτη ασφαλείας 5 αστέρια (Euro Ncap Score 5 stars). Συγκεκριμένα αυτός **ο δείκτης (Euro Ncap Score 5 stars) επηρεάζει περίπου 7 φορές περισσότερο τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων σε σύγκριση με το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων.**

Τέλος από τον πίνακα συμπεραίνεται εύκολα ότι ο αριθμός των δίκυκλων ανά χιλιάδες πληθυσμού έχει περίπου την ίδια επιρροή στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων σε σύγκριση με το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων.

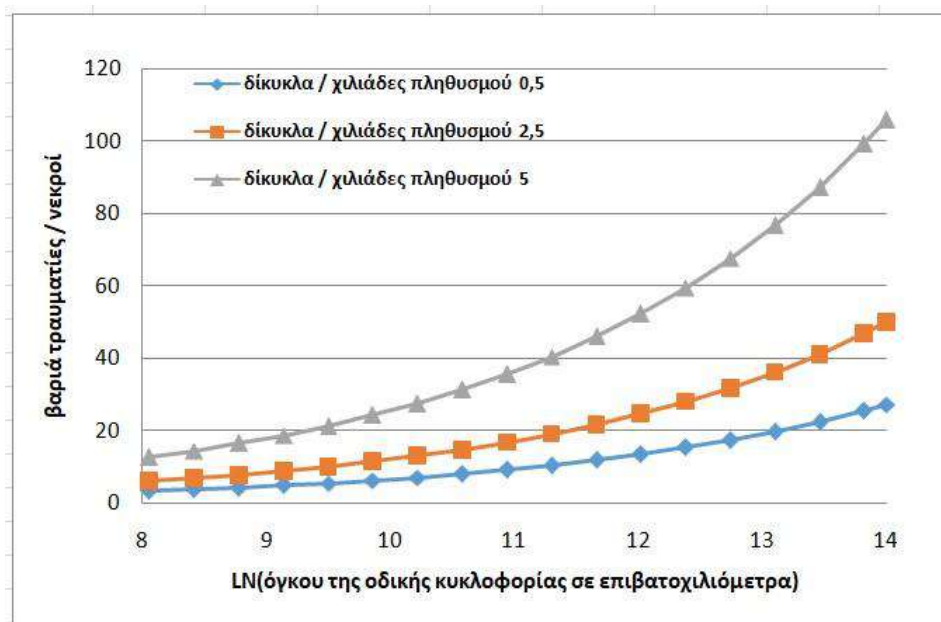
5.4.2.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ένα διαγράμματα ευαισθησίας, που αναπτύχθηκε με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.

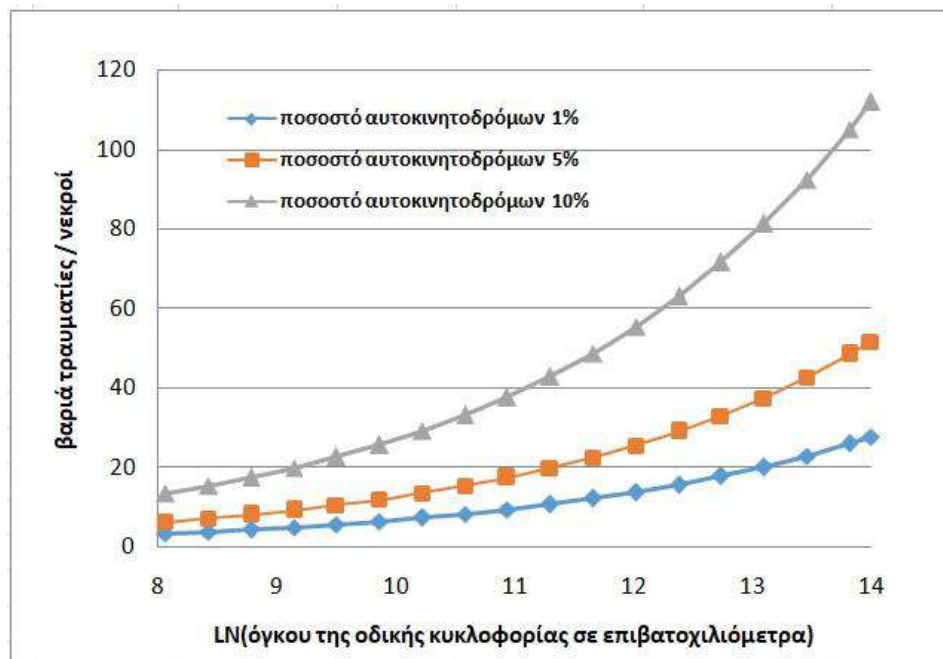
Το διάγραμμα αυτό προκύπτει εάν στην τελική εξίσωση του μοντέλου, για διάφορες τιμές της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής, κρατήσουμε σταθερές τις τιμές των υπόλοιπων ανεξάρτητων μεταβλητών. Συγκεκριμένα, ως σταθερές δόθηκαν οι τυπικές τιμές των μεταβλητών.



Διάγραμμα 5.4 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του δείκτη ασφαλείας επιβατικών οχημάτων (Euro Ncap score 5) στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων



Διάγραμμα 5.5 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του αριθμού των δικύκλων ανά χιλιάδες πληθυσμού στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων



Διάγραμμα 5.6 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του ποσοστού των αυτοκινητοδρόμων στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων

Από το διάγραμμα ευαισθησίας παρατηρείται ότι **για μείωση του ποσοστού των επιβατικών οχημάτων που έχουν δείκτη ασφαλείας 5 αστέρια, αυξάνεται σημαντικά και η σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων**. Συγκεκριμένα για ποσοστό επιβατικών οχημάτων με δείκτη ασφαλείας 5 αστέρια 20% παρατηρείται δυσανάλογα μεγάλη αύξηση στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων σε σύγκριση με ποσοστό επιβατικών οχημάτων με δείκτη ασφαλείας 5 αστέρια 50% και 80%.

Παράλληλα αυξάνεται γίνεται αντιληπτό από το διάγραμμα 5.5 ότι η αύξηση του λόγου του αριθμού των δικύκλων ανά χιλιάδες πληθυσμού συνεπάγεται αύξηση της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων.

Τέλος παρατηρείται ότι μεγάλη επιρροή στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων επιφέρει η μεταβολή του ποσοστού των αυτοκινητοδρόμων στο σύνολο του οδικού δικτύου. Συγκεκριμένα για αύξηση του ποσοστού των αυτοκινητοδρόμων σε 10% αυξάνεται σημαντικά η σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων σε σύγκριση με ποσοστό αυτοκινητοδρόμων 5% και 1%.

5.5 ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΚΛΙΜΑΚΑ MAIS ΓΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΤΟΥ 3. (MAIS3+)

Σε αυτό το σημείο της εργασίας έγινε η **επεξεργασία της δεύτερης βάσης δεδομένων** που δημιουργήσαμε, με σκοπό την εύρεση στατιστικού μοντέλου για τους σοβαρά τραυματίες **από οδικά ατυχήματα σύμφωνα** με τον κοινό ορισμό για όλες τις χώρες, αυτόν της μέγιστης συντετμημένης βαθμολογίας τραυματισμού για κατηγορία μεγαλύτερη του τρία (**MAIS3+**).

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια, για το έτος 2015 είναι η πρώτη φορά που **16 κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης** έδωσαν στοιχεία για τους σοβαρά τραυματίες στα οδικά ατυχήματα με βάση ενός κοινού ορισμού, αυτού της κατάταξης MAIS3+. Κρίθηκε λοιπόν σκόπιμο να

γίνει η προσπάθεια εύρεσης και στατιστικών μοντέλων που να έχουν ως εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των σοβαρά τραυματιών με βάση αυτόν τον ορισμό. **Για λόγους συντομίας η όποια αναφορά στα παρακάτω υποκεφάλαια σε σοβαρά τραυματίες θα είναι σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό, δηλαδή του MAIS3+.**

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, η επεξεργασία αυτή έγινε μόνο για 16 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι χώρες αυτές ήταν Βέλγιο, Τσεχία, Γερμανία, Ισπανία, Γαλλία, Ιταλία, Ιρλανδία, Κύπρος, Ολλανδία, Αυστρία, Πολωνία, Πορτογαλία, Σλοβενία, Φινλανδία, Σουηδία και το Ηνωμένο Βασίλειο.

5.5.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ

5.5.1.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Αφού πραγματοποιήθηκαν αρκετές δοκιμές με διαφορετικό κάθε φορά συνδυασμό μεταβλητών το μοντέλο που προέκυψε στατιστικά αποδεκτό και καλύτερα προσαρμοσμένο στα δεδομένα ήταν αυτό που περιελάμβανε ως εξαρτημένη μεταβλητή το φυσικό λογάριθμο των βαριά τραυματιών (MAIS3+) και ως ανεξάρτητες μεταβλητές το ποσοστό των επιβατικών οχημάτων που έχουν ηλικία πάνω από είκοσι χρόνια, το ποσοστό των γιατρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού, το φυσικό λογάριθμο του κατά κεφαλήν Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος (Α.Ε.Π.), το ποσοστό χρήσης της ζώνης ασφαλείας του συνοδηγού, το ποσοστό των λεωφορείων και το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων ως προς το συνολικό οδικό δίκτυο.

Οι υπόλοιπες μεταβλητές που έχουν ήδη αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια προέκυψαν στατιστικά ασήμαντες και δεν εντάχθηκαν στο τελικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου φαίνονται παρακάτω.

Case Processing Summary

	N	Percent
Included	11	15,9%
Excluded	58	84,1%
Total	69	100,0%

Continuous Variable Information

Dependent Variable	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
LN(MAIS3)	11	4,4	6,1	5,130	,5426
Covariate	11	9,6	10,9	10,440	,4254
Motorways/ total road net %	11	,4	21,4	3,703	6,0432
over20yrstotal%	11	1,8	32,7	9,725	8,7838
Doctors per 1million inhabitants	11	23,3	50,9	36,365	8,5235
buses%	11	,0865242781	,4280830026	,2401873872	,1054561144
Rate of seatbelt use % _Rear seats	11	13,0	99,0	78,364	23,1399

Goodness of Fit^a

	Value	df	Value/df
Deviance	,772	4	,193
Scaled Deviance	11,000	4	
Pearson Chi-Square	,772	4	,193
Scaled Pearson Chi-Square	11,000	4	
Log Likelihood ^b	-.999		
Akaike's Information Criterion (AIC)	17,997		
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	89,997		
Bayesian Information Criterion (BIC)	21,180		
Consistent AIC (CAIC)	29,180		

Dependent Variable: LN(MAIS3)

Omnibus Test^a

Likelihood Ratio Chi-Square	df	Sig.
14,721	6	,023

Dependent Variable: LN(MAIS3)
Model: (Intercept), Rateofseatbeltuse_Rearseats, LNGDP, Motorwaystotalroadnet, over20yrstotal, Doctorsper1millioninhabitants, buses^a

a. Compares the fitted model against the intercept-only model.

Tests of Model Effects

Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	2,374	1	,123
Rateofseatbeltuse_Rearseats	2,327	1	,127
LNGDP	8,611	1	,003
Motorwaystotalroadnet	3,091	1	,079
over20yrstotal	22,206	1	,000
Doctorsper1millioninhabitants	7,980	1	,005
buses	11,808	1	,001

Dependent Variable: LN(MAIS3)
Model: (Intercept), Rateofseatbeltuse_Rearseats, LNGDP, Motorwaystotalroadnet, over20yrstotal, Doctorsper1millioninhabitants, buses

Parameter Estimates

Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	-.7,346	4,7682	-16,692	1,999	2,374	1	,123
Rateofseatbeltuse_Rearseats	-.008	,0052	-.018	,002	2,327	1	,127
LNGDP	1,419	,4835	,471	2,366	8,611	1	,003
Motorwaystotalroadnet	,036	,0207	-.004	,077	3,091	1	,079
over20yrstotal	,088	,0187	,052	,125	22,206	1	,000
Doctorsper1millioninhabitants	-.045	,0160	-.077	-.014	7,980	1	,005
buses	-4,458	1,2972	-7,000	-1,915	11,808	1	,001
(Scale)	,070 ^a	,0299	,030	,162			

Dependent Variable: LN(MAIS3)
Model: (Intercept), Rateofseatbeltuse_Rearseats, LNGDP, Motorwaystotalroadnet, over20yrstotal, Doctorsper1millioninhabitants, buses

a. Maximum likelihood estimate.

Πίνακας 5.6 : Σύνοψη για το μοντέλο των σοβαρά τραυματιών (MAIS3+)

Σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες, το **LogLikelihood** έχει τιμή 14.721. Η τιμή αυτή ήταν η μικρότερη μεταξύ των δοκιμών που έγιναν συνδυάζοντας όλα τα στοιχεία που είχαν συλλεχθεί γι αυτό και επιλέχθηκε το συγκεκριμένο μοντέλο.

Ο έλεγχος όσον αφορά τον συντελεστή **Wald** ικανοποιείται για όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές, αφού η τιμή του είναι πάνω από 1,7, που είναι το όριο αποδοχής. Επίσης η σημαντικότητα του μοντέλου είναι 0,023 που είναι μικρότερο από 0,05, οπότε το μοντέλο είναι στατιστικά σημαντικό.

5.5.1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα αποτελέσματα του μοντέλου που αναπτύχθηκε για τις 16 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προέκυψε η ακόλουθη σχέση :

$$\text{LN(MAIS3+)} = -7,364 + 0.088 * \left(\frac{\text{number of passenger cars more than 20 years old}}{\text{total number of passenger cars}} \right) - 0.045 * (\text{Doctors per million population}) + 1.419 * \text{LN(GDP)} - 0.008 * (\text{rear seatbelt use\%}) - 4,458 * \text{buses\%} + 0.036 * \left(\frac{\text{motorways}}{\text{total road network}} \right)$$

Όπου :

MAIS3+: ο αριθμός των σοβαρά τραυματιών σε οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού

Number of passenger cars more than 20 years old : αριθμός των επιβατικών οχημάτων με ηλικία πάνω από είκοσι έτη

Total number of passenger cars : συνολικός αριθμός επιβατικών οχημάτων

Doctors per million population : γιατροί ανά εκατομμύριο πληθυσμού

LN(GDP) : ο φυσικός λογάριθμος του κατά κεφαλήν Ακαθάριστου εθνικού Προϊόντος (Α.Ε.Π.)

Rear seatbelt use % : ποσοστό χρήσης ζώνης συνοδηγού

Buses % : ποσοστό λεωφορείων

Motorways : σύνολο των αυτοκινητοδρόμων

Total road network : συνολικό οδικό δίκτυο

Από τη μαθητική σχέση προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής του ποσοστού των οχημάτων που έχουν ηλικία περισσότερο από 20 έτη είναι θετικός, το οποίο συνεπάγεται πώς **η αύξηση των οχημάτων ηλικίας πάνω από 20 έτη έχει ως αποτέλεσμα αύξηση της συχνότητας των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα**. Πιθανή εξήγηση αυτού του αποτελέσματος αποτελεί το γεγονός ότι όσο μεγαλύτερη ηλικία έχει ένα επιβατικό όχημα, τόσο λιγότερη ασφάλεια προσφέρει στη χρήση του, επιπλέον ενδέχεται να εμφανίζει πολλές δυσλειτουργίες και σε περίπτωση οδικού ατυχήματος ο χρήστης βρίσκεται περισσότερο εκτεθειμένος.

Αντίθετα, προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής των γιατρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού είναι αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **η αύξηση των γιατρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού οδηγεί σε μείωση της συχνότητας των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα**. Η ύπαρξη αυξημένου ιατρικού προσωπικού σε ένα κράτος είναι πολύ λογικό να βοηθάει στη μείωση των βαριά τραυματιών από οδικά ατυχήματα, διότι συνεπάγεται με άμεση ιατρική περίθαλψη.

Επιπλέον θετικός προκύπτει ο συντελεστής της μεταβλητής του φυσικού λογαρίθμου του κατά κεφαλήν Ακαθάριστου εθνικού Προϊόντος, που σημαίνει ότι η αύξηση στον Α.Ε.Π. σχετίζεται θετικά με την αύξηση της συχνότητας των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα.

Οι συντελεστές των μεταβλητών του ποσοστού χρήσης της ζώνης ασφαλείας όπως επίσης και του ποσοστού χρήσης των λεωφορείων είναι αρνητικοί. Αυτό συνεπάγεται ότι η αύξηση του ποσοστού χρήσης της ζώνης ασφαλείας και των λεωφορείων οδηγούν σε μείωση της συχνότητας των σοβαρά τραυματιών.

Τέλος, η μεταβλητή του ποσοστού των αυτοκινητοδρόμων ως προς το συνολικό οδικό δίκτυο είναι θετική, συνεπώς η αύξηση του ποσοστού των αυτοκινητοδρόμων ως προς το συνολικό οδικό δίκτυο οδηγεί σε αύξηση της συχνότητας των σοβαρών ατυχημάτων.

5.5.2 ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ

5.5.2.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Με σκοπό την ανάλυση της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων, επιλέξαμε και σε αυτό το μοντέλο ως δείκτη σοβαρότητας τον λόγο των βαριά τραυματιών προς τους θανάτους σε οδικά ατυχήματα. (serious injuries/fatalities)

Το μοντέλο υποδεικνύει τη σχέση μεταξύ του φυσικού λογαρίθμου του λόγου του αριθμού των βαριά τραυματιών προς τον αριθμό των νεκρών από οδικά ατυχήματα(MAIS3+/fatalities), με τις ανεξάρτητες μεταβλητές που υπήρχαν και στο προηγούμενο μοντέλο.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω :

Generalized Linear Models

Model Information

Dependent Variable	ln(MAIS/fat)
Probability Distribution	Normal
Link Function	Identity

Case Processing Summary

	N	Percent
Included	11	15,9%
Excluded	58	84,1%
Total	69	100,0%

Continuous Variable Information

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Dependent Variable	11	,6	2,7	1,319	,5467
Covariate	11	1,8	32,7	9,725	8,7838
Doctors per 1million inhabitants	11	23,3	50,9	36,365	8,5235
LN(GDP)	11	9,6	10,9	10,440	,4254
Rate of seatbelt use %	11	13,0	99,0	78,364	23,1399
Rate of seatbelt use %_Rear seats	11	,0865242781	,4280830026	,2401873872	,1054561144
buses%	11	,4	21,4	3,703	6,0432
Motorways/ total road net %	11				

Goodness of Fit^a

	Value	df	Value/df
Deviance	,227	4	,057
Scaled Deviance	11,000	4	
Pearson Chi-Square	,227	4	,057
Scaled Pearson Chi-Square	11,000	4	
Log Likelihood ^b	5,727		
Akaike's Information Criterion (AIC)	4,546		
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	76,546		
Bayesian Information Criterion (BIC)	7,729		
Consistent AIC (CAIC)	15,729		

Dependent Variable: ln(MAIS/fat)

Model: (Intercept), over20yrstotal,

Doctorsper1millioninhabitants,

LN(GDP),

Rateofseatbeltuse_Rearseats, buses, Motorwaystotalroadnet^a

a. Information criteria are in smaller-is-better form.

b. The full log likelihood function is displayed and used in computing information criteria.

Omnibus Test^a

Likelihood Ratio Chi-Square	df	Sig.
28,300	6	,000

Dependent Variable: ln(MAIS/fat)

Model: (Intercept), over20yrstotal,

Doctorsper1millioninhabitants,

LN(GDP),

Rateofseatbeltuse_Rearseats,

Tests of Model Effects

Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	53,442	1	,000
over20yrstotal	82,561	1	,000
Doctorsper1millioninhabitants	39,098	1	,000
LN(GDP)	69,555	1	,000
Rateofseatbeltuse_Rearseats	9,412	1	,002
buses	37,415	1	,000
Motorwaystotalroadnet	16,863	1	,000

Dependent Variable: ln(MAIS/fat)

Model: (Intercept), over20yrstotal, Doctorsper1millioninhabitants,

LN(GDP), Rateofseatbeltuse_Rearseats, buses,

Motorwaystotalroadnet

Parameter Estimates

Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	-18,913	2,5871	-23,983	-13,842	53,442	1	,000
over20yrstotal	,092	,0102	,072	,112	82,561	1	,000
Doctorsper1millioninhabitants	-,054	,0087	-,071	-,037	39,098	1	,000
LN(GDP)	2,188	,2623	1,674	2,702	69,555	1	,000
Rateofseatbeltuse_Rearseats	-,009	,0028	-,014	-,003	9,412	1	,002
buses	-4,305	,7038	-5,685	-2,926	37,415	1	,000
Motorwaystotalroadnet	,046	,0112	,024	,068	16,863	1	,000
(Scale)	,021 ^a	,0088	,009	,049			

Dependent Variable: ln(MAIS/fat)

Model: (Intercept), over20yrstotal, Doctorsper1millioninhabitants, LN(GDP), Rateofseatbeltuse_Rearseats, buses,

Πίνακας 5.7 : Σύνοψη των αποτελεσμάτων για το μοντέλο του δείκτη σοβαρότητας (MAIS3+/Fatalities)

Σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες, το **LogLikelihood** έχει τιμή 28.300. Η τιμή αυτή ήταν η μικρότερη μεταξύ των δοκιμών που έγιναν συνδυάζοντας όλα τα στοιχεία που είχαν συλλεχθεί γι αυτό και επιλέχθηκε το συγκεκριμένο μοντέλο.

Ο έλεγχος όσον αφορά τον συντελεστή **Wald** ικανοποιείται για όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές, αφού η τιμή του είναι πάνω από 1,7, που είναι το όριο αποδοχής. Επίσης η σημαντικότητα του μοντέλου είναι 0,000 που είναι μικρότερο από 0,05, οπότε το μοντέλο είναι στατιστικά σημαντικό.

5.5.2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα του τελικού μοντέλου προκύπτει η ακόλουθη μαθηματική σχέση για τα 16 μέλη κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης :

$$\text{LN(MAIS3+/fatalities)} = -18.913 + 0.092 * \left(\frac{\text{number of passenger cars more than 20 years old}}{\text{total number of passenger cars}} \right) - 0.054 * (\text{Doctors per million population}) + 2.188 * \text{LN(GDP)} - 0.009 * (\text{rear seatbelt use\%}) - 4,305 * \text{buses\%} + 0.046 * \left(\frac{\text{motorways}}{\text{total road network}} \right)$$

Όπου :

MAIS3+ : ο αριθμός των σοβαρά τραυματιών σε οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού

Number of passenger cars more than 20 years old : αριθμός των επιβατικών οχημάτων με ηλικία πάνω από είκοσι έτη

Total number of passenger cars : συνολικός αριθμός επιβατικών οχημάτων

Doctors per million population: γιατροί ανά εκατομμύριο πληθυσμού

LN(GDP) : ο φυσικός λογάριθμος του κατά κεφαλήν Ακαθάριστου εθνικού Προϊόντος (Α.Ε.Π.)

Rear seatbelt use % : ποσοστό χρήσης ζώνης συνοδηγού

Buses % : ποσοστό λεωφορείων

Motorways : σύνολο των αυτοκινητοδρόμων

Total road network : συνολικό οδικό δίκτυο

Από την μαθηματική σχέση που προέκυψε κατά την ανάπτυξη του στατιστικού μοντέλου, διαπιστώθηκε ότι ο φυσικός λογάριθμος των σοβαρά τραυματιών προς τους θανάτους στα οδικά ατυχήματα συσχετίζεται με τις παραπάνω ανεξάρτητες μεταβλητές. Συγκεκριμένα, λόγω του θετικού πρόσημου των αριθμητικών συντελεστών των μεταβλητών του ποσοστού των επιβατικών οχημάτων με ηλικία πάνω από είκοσι έτη, του φυσικού λογαρίθμου του Α.Ε.Π. και του ποσοστού των αυτοκινητοδρόμων ως προς το συνολικό οδικό δίκτυο υπάρχει θετική σχέση μεταξύ των προαναφερθεισών και της εξαρτημένης μεταβλητής. Δηλαδή, η αύξηση της τιμής των ανεξάρτητων αυτών μεταβλητών συνεπάγεται την αύξηση της τιμής της εξαρτημένης.

Αντίστοιχα, το αρνητικό πρόσημο των συντελεστών των γιατρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού, του ποσοστού χρήσης της ζώνης ασφαλείας του συνοδηγού και του ποσοστού των λεωφορείων υποδεικνύουν αρνητική σχέση ανάμεσα σε ανεξάρτητες και εξαρτημένη μεταβλητή, με συνέπεια η πιθανή αύξηση των πρώτων να οδηγεί σε μείωση της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων.

5.5.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ MAIS3+

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή που περιέχεται στη μαθηματική σχέση του μοντέλου της μεταβολής των νεκρών στα οδικά ατυχήματα εκφράζεται ποσοτικά μέσω του μεγέθους της σχετικής επιρροής.

Η ελαστικότητα, για γραμμικά μοντέλα, δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$e_i = (\Delta Y_i / \Delta X_i) * (X_i / Y_i) = \beta_i * (X_i / Y_i)$$

Εφαρμόζοντας αυτή τη σχέση προέκυψαν οι παρακάτω τιμές :

Ανεξαρτητες μεταβλητές	Μοντέλο LN(MAIS3)		
	Τιμές συντελεστών	ει* (σχετική επιρροή)	ει (ελαστικότητα)
Σταθερός όρος	-7,346		
Επιβατικά οχήματα ηλικίας πάνω από 20 έτη %	0,088	8,27	0,17
Ιατροί ανά εκατομμύριο πληθυσμού	-0,045	-15,45	-0,32
LN(A.E.Π.)	1,419	142,73	2,92
Χρήση ζώνης ασφαλείας συνοδηγού %	-0,008	-5,77	-0,12
Λεωφορεία %	-4,458	-11,26	-0,23
αυτοκινητόδρομοι / συνολικό οδικό δίκτυο	0,036	1	0,02

Πίνακας 5.8 : Τιμές ελαστικότητας ανεξάρτητων μεταβλητών για το μοντέλο MAIS3+

Ανεξαρτητες μεταβλητές	Μοντέλο LN(MAIS3/fat)		
	Τιμές συντελεστών	ει* (σχετική επιρροή)	ει (ελαστικότητα)
Σταθερός όρος	-18,913		
Επιβατικά οχήματα ηλικίας πάνω από 20 έτη %	0,092	7,32	0,85
Ιατροί ανά εκατομμύριο πληθυσμού	-0,054	-14,23	-1,65
LN(A.E.Π.)	2,188	177,00	20,54
Χρήση ζώνης ασφαλείας συνοδηγού %	-0,009	-5,05	-0,59
Λεωφορεία %	-4,305	-9,27	-1,08
αυτοκινητόδρομοι / συνολικό οδικό δίκτυο	0,046	1	0,12

Πίνακας 5.9: Τιμές ελαστικότητας ανεξάρτητων μεταβλητών για το μοντέλο MAIS3+/fatalities

Από τον πίνακα αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι την μεγαλύτερη επιρροή τόσο στη συχνότητα των σοβαρά τραυματιών όσο και σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων την έχει η τιμή του Α.Ε.Π. , ενώ το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων στο σύνολο του οδικού δικτύου έχει τη μικρότερη επιρροή. Συγκεκριμένα, **ο φυσικός λογάριθμος του Α.Ε.Π., επηρεάζει περίπου 143 φορές περισσότερο τη συχνότητα των βαριά τραυματιών σε οδικό ατύχημα και 177 φορές περισσότερο τη σοβαρότητα του οδικού ατυχήματος σε σύγκριση με το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων.**

Επιπλέον παρατηρείται ότι μεγάλη επιρροή τόσο στη συχνότητα των σοβαρά τραυματιών σε οδικό ατύχημα όσο και στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων έχει ο αριθμός των ιατρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού. Συγκεκριμένα, **ο αριθμός των ιατρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού επηρεάζει περίπου 15 φορές περισσότερο τη συχνότητα των βαριά τραυματιών σε οδικό ατύχημα και 14 φορές περισσότερο τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων σε σύγκριση με το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων.**

Από τον πίνακα συμπεραίνεται επίσης εύκολα, ότι το ποσοστό των λεωφορείων επηρεάζει τον αριθμό των βαριά τραυματιών σε οδικό ατύχημα περίπου 11 φορές περισσότερο και τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων περίπου 9 φορές περισσότερο σε σύγκριση με το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων.

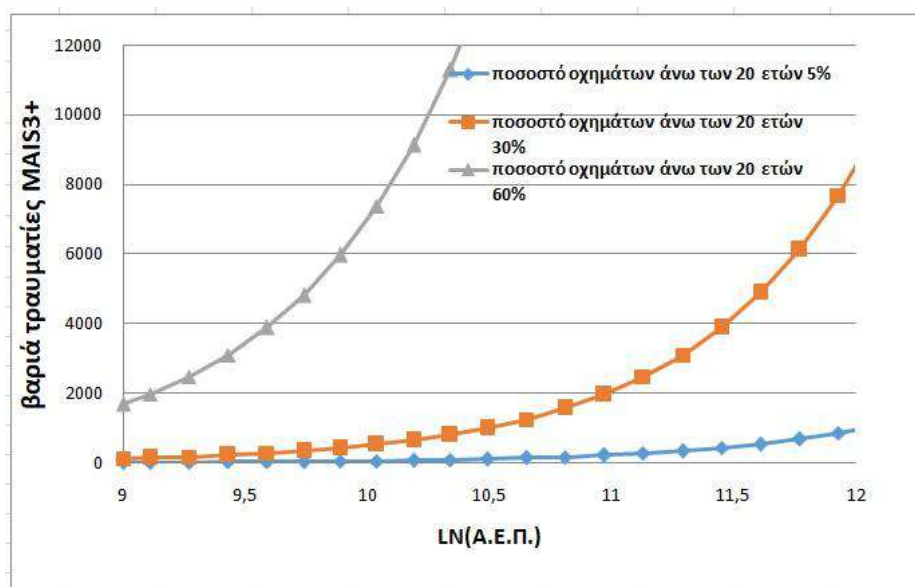
Αξίζει να σημειωθεί επιπρόσθετα ότι το ποσοστό των επιβατικών οχημάτων ηλικίας μεγαλύτερη από 20 έτη επηρεάζει τη συχνότητα των βαριά τραυματιών σε οδικό ατύχημα και τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων περίπου 8 και 7 φορές περισσότερο αντίστοιχα, σε σύγκριση με το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων.

Τέλος **μεγάλη επιρροή** τόσο στη συχνότητα των βαριά τραυματιών σε οδικά ατυχήματα όσο και στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων σε σύγκριση με το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων στο συνολικό οδικό δίκτυο, φαίνεται να **παρουσιάζει και το ποσοστό χρήσης της ζώνης ασφαλείας του συνοδηγού**.

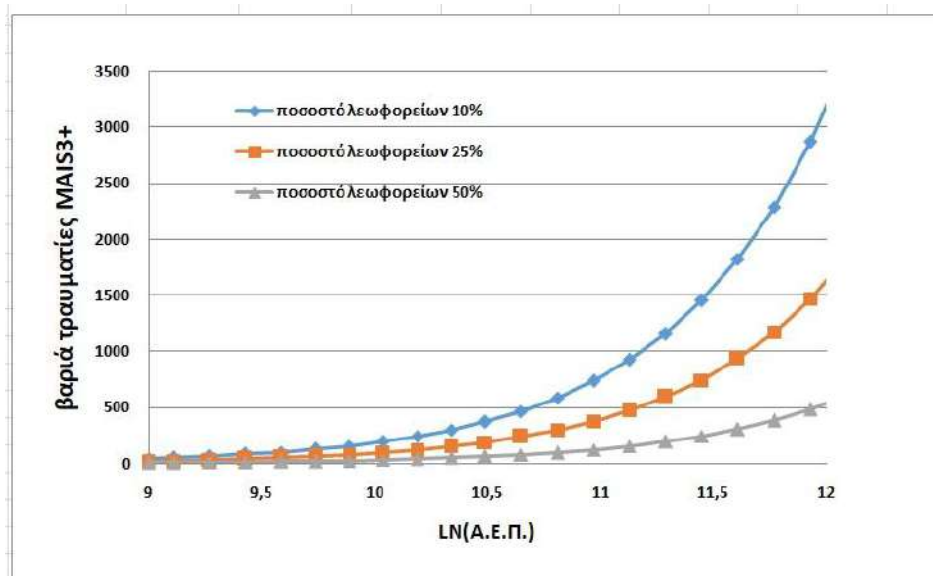
5.5.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΣΟΒΑΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ MAIS3+

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται ορισμένα **διαγράμματα ευαισθησίας**, που αναπτύχθηκαν με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη.

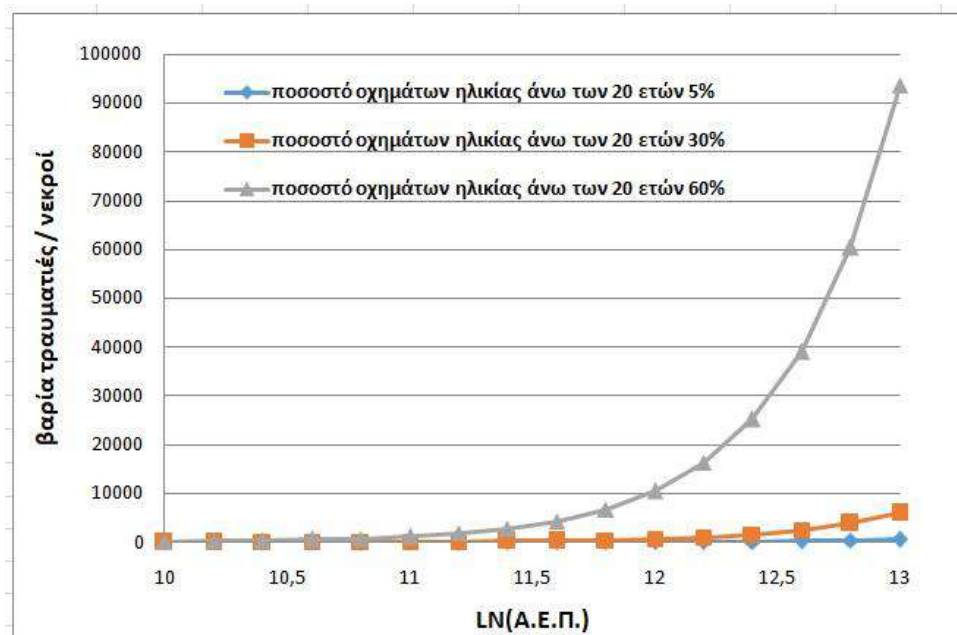
Τα διαγράμματα αυτά προκύπτουν εάν στην τελική εξίσωση του μοντέλου, για διάφορες τιμές της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής, κρατήσουμε σταθερές τις τιμές των υπόλοιπων ανεξάρτητων μεταβλητών. Συγκεκριμένα, ως σταθερές δόθηκαν οι τυπικές τιμές των μεταβλητών.



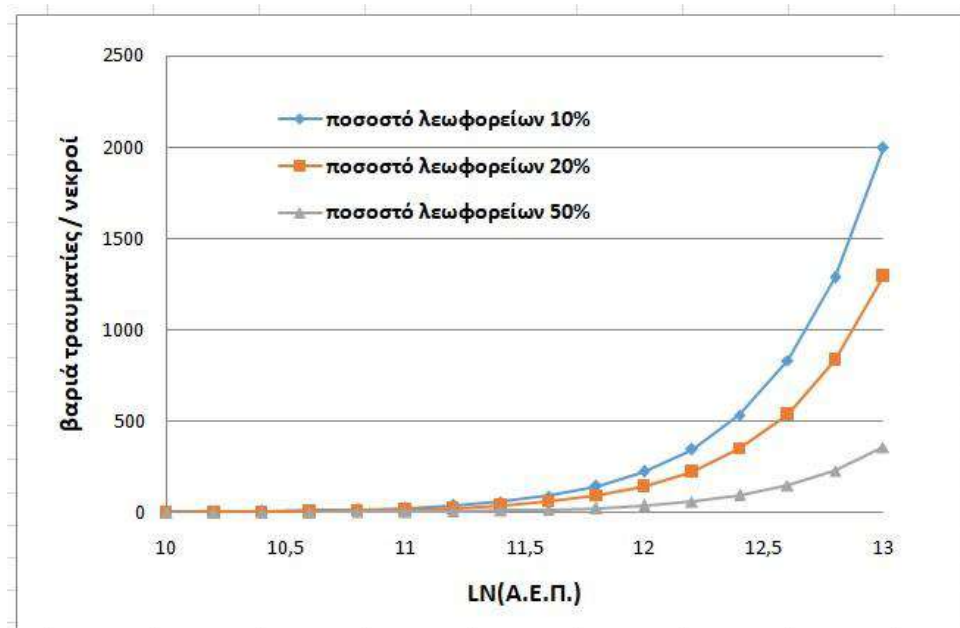
Διάγραμμα 5.7 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του ποσοστού των επιβατικών οχημάτων με ηλικία μεγαλύτερη των 20 ετών στον αριθμό των βαριά τραυματιών.



Διάγραμμα 5.8 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του ποσοστού των λεωφορείων στον αριθμό των βαριά τραυματιών.



Διάγραμμα 5.9 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του ποσοστού των επιβατικών οχημάτων με ηλικία μεγαλύτερη των 20 ετών στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.



Διάγραμμα 5.10 : Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του ποσοστού των λεωφορείων στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει ότι μεγάλη επιρροή στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων και στον αριθμό των βαριά τραυματιών παρουσιάζει η μεταβολή του ποσοστού των επιβατικών οχημάτων με ηλικία άνω των 20 ετών. Συγκεκριμένα **για μεγάλη αύξηση στο ποσοστό των επιβατικών οχημάτων με ηλικία μεγαλύτερη των 20 ετών παρατηρείται ιδιαίτερα μεγάλη αύξηση τόσο στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων όσο και στον αριθμό των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα.**

Επίσης από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι μεγάλη επιρροή στις εξαρτημένες μεταβλητές και των δύο στατιστικών μοντέλων επιφέρει η αύξηση του ποσοστού των λεωφορείων. Συγκεκριμένα **για αύξηση του ποσοστού των λεωφορείων στο 50% παρατηρείται μεγάλη μείωση του αριθμού των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα και της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων.**

5.6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥΣ ΟΡΙΣΜΟΥΣ ΓΙΑ ΒΑΡΙΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΕΣ ΣΕ ΟΔΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

Από τα δύο ζεύγη μοντέλων που προέκυψαν για την ανάλυση της συχνότητας των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα και της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων, παρατηρούμε ότι ανάλογα με τον τρόπο που ορίζουμε τους βαριά τραυματίες στα οδικά ατυχήματα (με βάση τους ανθρώπους που εισήχθησαν σε νοσοκομείο ή με βάση της κλίμακας ατυχημάτων MAIS3+) οι δύο αυτοί δείκτες επηρεάζονται από διαφορετικές μεταβλητές.

Όταν τους σοβαρά τραυματίες τους ορίζουμε με βάση τον αριθμό των ατόμων που εισήχθησαν σε νοσοκομείο μεγαλύτερη επιρροή στη συχνότητα των βαριά τραυματιών έχει το ποσοστό των επιβατικών οχημάτων με δείκτη ασφαλείας 5 αστέρια και τη μικρότερη την έχει το ποσοστό των δικύκλων ανά εκατομμύριο πληθυσμού, ενώ στη σοβαρότητα των ατυχημάτων μεγαλύτερη επιρροή έχει ο όγκος της οδικής κυκλοφορίας σε επιβατοχιλιόμετρα και μικρότερη το ποσοστό των

αυτοκινητοδρόμων στο συνολικό οδικό δίκτυο. Από την άλλη πλευρά όταν αναλύουμε τους βαριά τραυματίες με βάση την κατάταξη ατυχημάτων MAIS, πρωτεύοντα ρόλο και στη συχνότητα και στη σοβαρότητα των ατυχημάτων έχει το Α.Ε.Π και μικρότερη επιρροή έχει και στα δύο το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων στο συνολικό οδικό δίκτυο.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι να διερευνηθούν οι **οικονομικοί, κοινωνικοί και συγκοινωνιακοί δείκτες επιρροής των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα στα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης**.

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, ακολούθησε η **βιβλιογραφική αναζήτηση** ερευνών συναφών με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και παγκοσμίως.

Ακολούθως πραγματοποιήθηκε η συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων από **βάσεις δεδομένων διάφορων οργανισμών**: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, World Bank, European Environmental Agency, EUROSTAT, IRF, IRTAD και αναπτύχθηκε η σχετική βάση δεδομένων. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν αφορούσαν κοινωνικά, οικονομικά και συγκοινωνιακά χαρακτηριστικά των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το έτος 2015.

Τη συλλογή των δεδομένων ακολούθησε η κατάλληλη επεξεργασία τους προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη μεθοδολογία και να πραγματοποιηθεί η εισαγωγή τους στο ειδικό στατιστικό λογισμικό. Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το Γενικευμένο Γραμμικό Μοντέλο. **Αναπτύχθηκαν συνολικά τέσσερα στατιστικά μοντέλα**, δύο που εκφράζουν τη συχνότητα των βαριά τραυματιών και δύο που εκφράζουν τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων, τα οποία ανά ζεύγη είχαν τις ίδιες μεταβλητές. Πιο συγκεκριμένα αναπτύχθηκαν δύο μοντέλα για όλα τα κράτη της Ευρωπαϊκής ένωσης έχοντας ως δεδομένο για τους βαριά τραυματίες τον αριθμό των ατόμων που εισήχθησαν σε νοσοκομείο και δύο μοντέλα για 16 κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχοντας τον αριθμό των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα με βάση τη συντετμημένη βαθμολογία τραυματισμού MAIS, όπου «βαριά τραυματίας» ορίζεται ένας τραυματίας με τραυματισμούς επιπέδου τρία ή περισσότερο (MAIS3+).

Στα μοντέλα που αφορούν στη συχνότητα των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα χρησιμοποιήθηκε ως εξαρτημένη μεταβλητή ο φυσικός λογάριθμος των βαριά τραυματιών, ενώ στα μοντέλα για τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων χρησιμοποιήθηκε ως εξαρτημένη μεταβλητή και **δείκτη της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων** ο φυσικός λογάριθμος του αριθμού των βαριά τραυματιών διαιρεμένος με τον αριθμό των θανάτων στα οδικά ατυχήματα. Ως ανεξάρτητες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν σε όλες τις περιπτώσεις οικονομικοί, συγκοινωνιακοί και κοινωνικοί δείκτες.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η **τελική επιλογή των μοντέλων**, έγινε μετά από πολλές δοκιμές συνδυασμών ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών, και τελικώς επιλέχθηκαν οι στατιστικά σημαντικές μεταβλητές. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα αποτελέσματα των τελικών μοντέλων.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Βαριά τραυματίες - Hospitalized - All Countries					
	LN(Hospitalized)			LN(Hospitalized/Fatalities)		
	log Likelihood	sig.		log Likelihood	sig.	
	22,298	0,000		13,986	0,007	
	Bi	Wald	ei*	Bi	Wald	ei*
Σταθερός όρος	8,662	37,967				
Euro Ncap score 5 stars	-0,08	23,967	-15,31	-0,040	3,92	-6,69
Αυτοκινητόδρομοι / συνολικό οδικό δίκτυο	0,154	6,319	1,25	0,155	3,947	1
LN (όγκος οδικής κυκλοφορίας σε επιβατοχιλιόμετρα)	0,119	2,089	3,78	0,356	13,376	8,38
Δίκυκλα / χιλιάδες πληθυσμού	0,225	5,84	1	0,301	6,086	1,29
Λεωφορεία %	-0,756	3,239	-1,05			

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Βαριά τραυματίες - Mais3+ - 16 Countries					
	LN(Mais3+)			LN(Mais3+/Fatalities)		
	log Likelihood	sig.		log Likelihood	sig.	
	14,721	0,023		28,300	0,000	
	Bi	Wald	ei*	Bi	Wald	ei*
Σταθερός όρος	-7,346	2,374		-18,913	53,442	
Αυτοκινητόδρομοι / συνολικό οδικό δίκτυο	0,036	3,091	1	0,046	16,863	1
Λεωφορεία %	-4,458	11,808	-11,26	-4,305	37,415	-9,27
Επιβατικά οχήματα ηλικίας πάνω από 20 έτη %	0,088	22,206	8,27	0,092	82,561	7,32
Ιατροί ανά εκατομμύριο πληθυσμού	-0,045	7,98	-15,45	-0,054	39,096	-14,23
LN(Α.Ε.Π.)	1,419	8,611	142,73	2,188	69,555	177
Χρήση ζώνης ασφαλείας συνοδηγού %	-0,008	2,327	-5,77	-0,009	9,412	-5,05

Πίνακας 6.1 : Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλων

6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας συνδέονται άμεσα με τον στόχο της έρευνας, όπως αυτός περιγράφηκε στο πρώτο κεφάλαιο. Τα σημαντικότερα εκ των συμπερασμάτων, που προέκυψαν, αναλύονται παρακάτω :

1. Από τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν διαπιστώθηκε ότι **η αύξηση του ποσοστού των επιβατικών οχημάτων με δείκτη ασφαλείας πέντε αστέρια (Euro Ncap Score 5 stars) σχετίζεται με μείωση τόσο των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα όσο και της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων**. Ένα επιβατικό όχημα με δείκτη ασφαλείας 5 αστέρια έχει πολύ καλό εξοπλισμό ασφαλείας, σύστημα προστασίας από οδικό ατύχημα και εγκατεστημένη τεχνολογία αποφυγής οδικού ατυχήματος. Επομένως ένα καλύτερα εξοπλισμένο και καινούριας τεχνολογίας επιβατικό όχημα, συμβάλει στη μείωση των σοβαρά τραυματιών και της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων.
2. Και από τα δύο μοντέλα που αναπτύχθηκαν για τη συχνότητα των σοβαρά τραυματιών από οδικά ατυχήματα, διαπιστώθηκε ότι **το ποσοστό των λεωφορείων στο σύνολο των οχημάτων οδηγεί μείωση των βαριά τραυματιών**. Τα λεωφορεία θεωρούνται ασφαλή μέσα μετακίνησης, διότι όχι μόνο διατηρούν σχετικά χαμηλές ταχύτητες αλλά και σε πολλές χώρες υπάρχουν ειδικές λωρίδες μόνο για τα λεωφορεία, με συνέπεια να μην εμπλέκονται με άλλα οχήματα.
3. Διαπιστώθηκε ακόμη **θετική συσχέτιση του Α.Ε.Π. όχι μόνο με την αύξηση της συχνότητας των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα αλλά και με τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων**. Ενδεχομένως τα πιο πλούσια κράτη έχουν καλύτερη οδική υποδομή και καλύτερα οχήματα που ενδεχομένως ευνοούν τις υψηλότερες ταχύτητες και συνεπώς την αυξημένη σοβαρότητα τραυματισμού των οδηγών, επιβατών και πεζών σε περίπτωση ατυχήματος.
4. Από την επεξεργασία του μοντέλου της συχνότητας των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα προέκυψε ότι **το ποσοστό χρήσης της ζώνης ασφαλείας του συνοδηγού έχει σημαντική επιρροή στην μείωση του αριθμού των βαριά τραυματιών**, συμπέρασμα λογικό δεδομένου ότι η χρήση ζώνης ασφαλείας είναι ο ευκολότερος και αποτελεσματικότερος τρόπος για την αποφυγή τραυματισμού σε περίπτωση σύγκρουσης.
5. Παρατηρήθηκε επίσης ότι **η αύξηση του ποσοστού των επιβατικών οχημάτων με ηλικία μεγαλύτερη από 20 έτη οδηγεί σε αύξηση τόσο στον αριθμό των σοβαρά τραυματιών σε οδικά ατυχήματα όσο και της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων**. Τα μεγάλης ηλικίας επιβατικά οχήματα, μπορούν να εμφανίσουν πολλές δυσλειτουργίες κατά την οδήγηση και δεν έχουν εξελιγμένα συστήματα ενεργητικής και παθητικής ασφαλείας με ενδεχόμενη συνέπεια να καθιστούν τον χρήστη της οδού περισσότερο εκτεθειμένο στη περίπτωση ατυχήματος.
6. Κατά την επεξεργασία των στοιχείων, διαπιστώθηκε ότι **η ύπαρξη αυξημένου ποσοστού ιατρών ανά πληθυσμό οδηγεί σε μείωση των σοβαρά τραυματιών**, ενδεχομένως λόγω της πιο αποτελεσματικής παροχής άμεσης ιατρικής περίθαλψης στους εμπλεκόμενους σε οδικό ατύχημα.
7. Και από τα τέσσερα μαθηματικά μοντέλα καθώς και από την επεξεργασία των δεδομένων τους και την προβολή τους σε διαγράμματα διαπιστώθηκε ότι **η αύξηση του ποσοστού των αυτοκινητοδρόμων στο σύνολο του οδικού δικτύου οδηγεί σε αύξηση της σοβαρότητας των**

οδικών ατυχημάτων. Μία πιθανή εξήγηση αυτού του συμπεράσματος είναι ότι στους αυτοκινητοδρόμους αναπτύσσονται μεγάλες ταχύτητες και στην περίπτωση οδικού ατυχήματος οι τραυματισμοί είναι πιο σοβαροί.

8. Από τα στατιστικά μοντέλα διαπιστώθηκε ότι **η αύξηση του αριθμού των δικύκλων ανά εκατομμύριο πληθυσμού συμβάλλει στην αύξηση των σοβαρά τραυματιών σε οδικό ατύχημα.** Το γεγονός αυτό ενδεχομένως οφείλεται στο ότι ο δικυκλιστής είναι εκτεθειμένος και τραυματίζεται και ευκολότερα και σοβαρότερα, ειδικά εάν δεν φοράει κράνος.
9. Αξίζει να σημειωθεί ότι από την εφαρμογή των στατιστικών μοντέλων και την προβολή των αποτελεσμάτων τους σε διαγράμματα, παρατηρήθηκε ότι **όλες οι μεταβλητές που επηρεάζουν τον αριθμό των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα εμφανίζουν παρόμοια επιρροή και στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων.**
10. Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί παγκοσμίως αναφορικά με τη σύνδεση των ατυχημάτων με κοινωνικούς, οικονομικούς και συγκοινωνιακούς, εστίαζαν στη μελέτη είτε των θανάτων σε οδικά ατυχήματα είτε στη μελέτη παραγόντων που επιδρούν στη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάστηκε για **πρώτη φορά η μελέτη μακροσκοπικών παραγόντων που επηρεάζουν τους σοβαρά τραυματίες σε οδικά ατυχήματα,** με ιδιαίτερα χρήσιμα αποτελέσματα για εκείνους που παίρνουν τις αποφάσεις για τις πολιτικές, τα προγράμματα και τα μέτρα μείωσης των οδικών ατυχημάτων και της σοβαρότητάς τους.

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με βάση τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη σύνθεση των αποτελεσμάτων, αλλά και σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία, είναι δυνατό να διατυπωθούν οι συνολικές προτάσεις της Διπλωματικής Εργασίας, όπως αυτές συνοψίζονται παρακάτω.

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, είναι φανερό ότι τα **επιβατικά οχήματα καινούριας τεχνολογίας** διαθέτουν εξελιγμένα συστήματα αποφυγής οδικών ατυχημάτων και εξοπλισμό ασφαλείας και συμβάλλουν θετικά στην οδική ασφάλεια. Συνεπώς προτείνεται η χρήση καινούριων επιβατικών οχημάτων καθώς και η περαιτέρω έρευνα για ακόμα περισσότερο εξέλιξη των συστημάτων ασφαλείας των επιβατικών οχημάτων.

Παράλληλα θα ήταν συνετή η **απόσυρση των επιβατικών οχημάτων μεγαλύτερων από μία συγκεκριμένη ηλικία.** Σε περίπτωση οδικού ατυχήματος τα συγκεκριμένα οχήματα δε διαθέτουν ούτε συστήματα ενεργητικής ασφάλειας για την αποφυγή των ατυχημάτων, ούτε συστήματα παθητικής ασφάλειας για τη μείωση της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων.

Μεγάλης σημασίας θα ήταν επίσης οι διάφοροι κρατικοί φορείς να επένδυαν στην **αύξηση του ποσοστού των λεωφορείων** και στην προώθηση τους ως μέσο μετακίνησης των πολιτών. Τα λεωφορεία συμβάλλουν θετικά στη μείωση των σοβαρά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα και συγχρόνως η αύξηση χρήσης τους οδηγεί σε μείωση του όγκου της οδικής κυκλοφορίας, η οποία έχει μεγάλη επιρροή στην αύξηση της σοβαρότητας των οδικών ατυχημάτων.

Καθοριστικό μέτρο, για τη μείωση του αριθμού των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα αποτελεί η **μείωση του αριθμού των δικύκλων** και συνεπώς των μετακινήσεων των πολιτών με τα μέσα αυτά.

Είναι απαραίτητο να περιοριστεί ο αριθμός των μοτοσυκλετιστών, διότι αποτελούν εκτεθειμένους στον κίνδυνο χρήστες του δικτύου. Για τον λόγο αυτό, είναι επιτακτική η ανάγκη να δοθεί προτεραιότητα στη δημιουργία ενός ασφαλούς οδικού περιβάλλοντος και να δοθούν κίνητρα για επιλογή εναλλακτικών μέσων μετακίνησης.

Τέλος εξίσου σημαντική είναι η διοργάνωση καμπανιών οδικής ασφάλειας για τη **σωστή εκπαίδευση των χρηστών της οδού στα θέματα της χρήσης ζώνης ασφαλείας και της χρήσης κράνους**. Η χρήση κράνους δύναται να μειώσει τον κίνδυνο για βαριά τραυματισμό μετά από οδικό ατύχημα αλλά και τον κίνδυνο θανάτου προστατεύοντας σε μεγάλο βαθμό τους δικυκλιστές. Παράλληλα η χρήση ζώνης ασφαλείας αποτελεί τον ευκολότερο και φθηνότερο τρόπος για την αποφυγή τραυματισμού σε περίπτωση σύγκρουσης.

6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η διερεύνηση των οικονομικών, κοινωνικών και συγκοινωνιακών δεικτών που επηρεάζουν τους σοβαρά τραυματίες στα οδικά ατυχήματα στα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η διεξαγωγή παρόμοιας έρευνας **σε άλλα κράτη** με ποικίλα κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά, θα συνείσφερε στην επιβεβαίωση ή διόρθωση των αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης εργασίας. Επιπλέον, η συγκριτική μελέτη των συμπερασμάτων αρκετών ερευνών με το ίδιο αντικείμενο μπορεί να συμβάλει στην εξεύρεση λύσεων, που να εφαρμόζονται κατάλληλα ανάλογα με την περίπτωση και τα χαρακτηριστικά της κάθε χώρας.

Ακόμα θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η διερεύνηση της συσχέτισης των ίδιων οικονομικών, κοινωνικών και συγκοινωνιακών δεικτών με τον αριθμό των βαριά τραυματιών στα οδικά ατυχήματα, με χρήση άλλων στατιστικών μεθόδων με σκοπό να δούμε εάν θα συμβάδισαν τα αποτελέσματα των δύο περιπτώσεων.

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη πως η εργασία αυτή επεξεργάστηκε στοιχεία μόνο του έτους 2015, θα είχε ενδιαφέρον να πραγματοποιηθεί η **αντίστοιχη μελέτη μετά από λίγα χρόνια**, όπου θα έχουμε πλέον συγκρίσιμα στοιχεία για τους σοβαρά τραυματίες από οδικά ατυχήματα και για περισσότερες χώρες αλλά και για περισσότερα έτη, ώστε να επαληθευτεί η ισχύς των αποτελεσμάτων, αλλά και να έχουμε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα δεδομένου ότι θα έχουμε μεγαλύτερο δείγμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. European commission, 2016, Road safety in the European Union, <http://ec.europa.eu/roadsafety>
2. WHO- World Health Organization www.who.int/en
3. ΕΛ. ΣΤΑΤ. – Ελληνική Στατιστική Αρχή <http://www.statistics.gr>
4. Φραντζεσκάκης Ι., Γκόλιας Ι., “Οδική ασφάλεια”, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1994
5. World Bank - <http://www.worldbank.org/>
6. World Health Organization - <http://www.who.int/>
7. Wagenaar A.C., “Effects of macroeconomic conditions on the incidence of motor vehicle accidents”, Accident analysis and Prevention, (VOL:16, Issue:3 pp191205), 1984
8. Jacobs G. D., Cutting C. A., “Further research on accident rates in developing countries”, Accident analysis and Prevention, (18(2) pp 119-127), 1986
9. Söderlund N., Zwi A.B. “Traffic-related mortality in industrialized and less developed countries”, Bulletin of the World Health Organization, 1995
10. Lassarre S. “Analysis of progress in road safety in ten European countries”, Accident Analysis and Prevention, 33, pp. 743-751, 2001
11. Προφυλλίδης Β., Μποτζώρης Γ., 2005. “Ανάλυση και μοντελοποίηση των παραμέτρων οδικής Ασφάλειας” 3 ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Πάτρα, 2005.
12. Yannis G., Antoniou C., Papadimitriou E., Katsochis D. “When may road fatalities start to decrease?” Journal of Safety Research, 42(1), pp.1725, 2011
13. The Royal Society for the Prevention of Accidents “Social factors in road safety” Policy paper, United Kingdom, 2012
14. Shankar V. Mannering F., “Statistical analysis of accidents severity on rural freeways”, Accident Analysis and Prevention, Volume 28, Issue 3, May 1996
15. C. J. O’Donnell, D. H. Connor, “Predicting the severity of motor vehicle accident injuries using models of ordered multiple choice”, Accident Analysis and Prevention, Volume 28, Issue 6, November 1996
16. Mohamed Abdel-Aty, Analysis of driver injury severity levels at multiple locations using ordered probit models”, Journal of Safety Research, Volume 34, Issue 5, 2003

17. Mergia, Eustace, Chimba, Qumiyeh, "Exploring factors contributing to injury severity at freeway merging and diverging locations in Ohio", *Accident Analysis and Prevention* 55, 2013
18. Milton, Shankar, Mannering, "Highway accident severities and the mixed logit model : An exploratory empirical analysis", *Accident Analysis and Prevention* 40, 2008
19. H. Manner, L. Wünsch-Ziegler, "Analysing the severity of accidents on the German Autobahn", *Accident Analysis and Prevention* 57, 2013
20. S. Hyodo, T. Todoroki, "An analysis of risk factors for rear-ender accident on urban expressway considering accident severity", *Transportation Research Procedia* 34, 2018
21. Yannis G., Theofilatos A., Pispiringos G., "Investigation of road accident severity per vehicle type", *Transportation Research Procedia* 25, 2017