



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ, ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΤΗΣ ΚΡΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

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

Αθήνα, Ιούλιος 2018

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.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου για όλη τη στήριξη που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Ιούλιος 2018
Δημήτριος Νικολάου

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ, ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΤΗΣ ΚΡΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Νικολάου Δημήτριος
Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΣΥΝΟΨΗ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι να διερευνηθούν οι οικονομικοί, κοινωνικοί και συγκοινωνιακοί δείκτες επιρροής της οδικής ασφάλειας στην περίοδο της κρίσης στην Ευρώπη. Για την ανάλυση αναπτύχθηκε μία βάση δεδομένων που περιελάμβανε στοιχεία για τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI), τις αυτοκτονίες, τα διανυόμενα επιβατοχιλιόμετρα και τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα για τα κράτη της Ευρώπης τη χρονική περίοδο 2006-2015. Εφαρμόστηκαν Γραμμικά Μικτά Μοντέλα τόσο για το σύνολο των κρατών όσο και για τις ομάδες κρατών που επιλέχθηκαν (χαμηλή οικονομική επίδοση, μεγάλες χώρες, υψηλή οικονομική επίδοση). Τα αποτελέσματα οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) έχει την μεγαλύτερη επιρροή και διαπιστώθηκε ότι η αύξηση του συσχετίζεται με τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Επιπλέον, η εξέλιξη της οικονομίας επιδρά στην εξέλιξη των οδικών ατυχημάτων περισσότερο από τους κοινωνικούς και τους συγκοινωνιακούς δείκτες. Μετά την οικονομική κρίση η επίδραση της οικονομίας είναι ακόμα μεγαλύτερη. Όσον αφορά στα διανυόμενα επιβατοχιλιόμετρα, παρατηρείται αύξηση της σχετικής επιρροής στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα την περίοδο μετά την οικονομική κρίση.

Λέξεις κλειδιά: οδικά ατυχήματα, δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης, επιβατοχιλιόμετρα, οικονομική κρίση, Γραμμικό Μικτό Μοντέλο

IMPACT OF ECONOMIC, SOCIAL AND TRANSPORT INDICATORS ON ROAD SAFETY DURING THE CRISIS PERIOD IN EUROPE

Nikolaou Dimitrios
Supervisor: George Yannis, Professor, NTUA

ABSTRACT

The objective of this Diploma Thesis is to investigate the impact of economic, social and transport indicators on road safety during the crisis period in Europe. For this analysis a database containing Human Development Index (HDI), suicides, passenger-kilometers and road fatalities for European states for 2006-2015 was developed. Linear Mixed Models were developed and applied for all European states tested and also for the different group of states that were selected (low economic performance, largest countries, high economic performance). The results led to the conclusion that Human Development Index has the most important impact and its increase leads to road fatalities decrease. Moreover, the evolution of the economy affects the development of road accidents more than social and transport indicators. After the economic crisis, the impact of the economy is even higher. Concerning passenger-kilometers there is an increase in the relative impact on the number of road fatalities after the economic crisis.

Key-words: road fatalities, Human Development Index, passenger-kilometers, economic crisis, Linear Mixed Models

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι να διερευνηθούν οι **οικονομικοί, κοινωνικοί και συγκοινωνιακοί δείκτες επιρροής της οδικής ασφάλειας στην περίοδο της κρίσης στην Ευρώπη** με τη χρήση στατιστικών μοντέλων.

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 διάφορων οργανισμών, όπως World Bank, UNDP, WHO, EUROSTAT, IRF και αναπτύχθηκε η σχετική βάση δεδομένων.

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 την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το Γραμμικό Μικτό Μοντέλο. **Αναπτύχθηκαν συνολικά οκτώ στατιστικά μοντέλα με τις ίδιες μεταβλητές** και πιο συγκεκριμένα τέσσερα για την πενταετία 2006-2010 και τέσσερα για την πενταετία 2011-2015, για να μελετηθεί αν υπήρχε κάποια διαφοροποίηση στην επιρροή των μεταβλητών στην οδική ασφάλεια μετά το πέρας της κρίσης. Για κάθε πενταετία το ένα αφορούσε το σύνολο των κρατών της Ευρώπης και τα υπόλοιπα τρία τα κράτη με χαμηλή οικονομική επίδοση, τις μεγάλες χώρες και τα κράτη με υψηλή οικονομική επίδοση. Σε όλα τα μοντέλα επιλέχθηκε ως εξαρτημένη μεταβλητή ο λογάριθμος του αριθμού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα ανά 100.000 πληθυσμού και ως ανεξάρτητες μεταβλητές ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης, οι αυτοκτονίες ανά 100.000 πληθυσμού και τα επιβατοχιλιόμετρα.

Πρέπει να επισημανθεί ότι η διαδικασία ανάπτυξης των μοντέλων τόσο για το σύνολο των κρατών όσο και για κάθε ομάδα ξεχωριστά, έγινε μετά από αρκετές δοκιμές για διάφορους συνδυασμούς ανεξάρτητων μεταβλητών. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα αποτελέσματα των τελικών μοντέλων.

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν αποτελέσματα άμεσα συνδεδεμένα με τον κύριο στόχο που είχε τεθεί αρχικά. Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Διαπιστώθηκε ότι η **αύξηση του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) συσχετίζεται με τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**. Πρόκειται για έναν δείκτη που υποδεικνύει την οικονομική ανάπτυξη ενός κράτους και τη συνήθως συνεπαγόμενη υψηλότερη κουλτούρα οδικής ασφάλειας, επομένως οι σχέσεις που προέκυψαν είναι σύμφωνες με τη διεθνή βιβλιογραφία.
2. Για το σύνολο των κρατών, την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση και των μεγάλων χωρών, βρέθηκε ότι η **αύξηση των διανυόμενων επιβατοχιλιομέτρων συσχετίζεται θετικά με την αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**. Σημαίνει δηλαδή αύξηση της έκθεσης σε κίνδυνο των χρηστών της οδού και κατά συνέπεια υπάρχει υψηλότερος κίνδυνος τραυματισμού (θανάσιμου ή μη) σε ατύχημα.
3. Σε αντίθεση με τις άλλες ομάδες των κρατών, αλλά και το σύνολό τους **για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση παρατηρείται αρνητική συσχέτιση μεταξύ των επιβατοχιλιομέτρων και του αριθμού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα**. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι μετά από ένα σημείο οικονομικής ανάπτυξης, αλλά και αύξησης του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων, οι παράγοντες που συμβάλλουν στη διαμόρφωση κατάλληλης οδικής παιδείας και οι συνθήκες για την επίτευξη υψηλού επιπέδου οδικής ασφάλειας να έχουν εξασφαλιστεί, με αποτέλεσμα η αύξηση της κινητικότητας να μην συνεπάγεται απαραίτητα αύξηση της έκθεσης σε κίνδυνο ατυχήματος.
4. Σχετικά με τον αριθμό των αυτοκτονιών, προέκυψε ότι **η αύξηση των αυτοκτονιών συσχετίζεται θετικά με τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**. Το φαινόμενο αυτό είναι αρκετά σύνθετο και χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση.
5. Από τα διαγράμματα ευαισθησίας διαπιστώνεται ότι **ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) έχει μεγαλύτερη επιρροή στην ομάδα των μεγάλων χωρών συγκριτικά με τις άλλες ομάδες κρατών**. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στις περισσότερες ανισότητες που υπάρχουν στις χώρες αυτές, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερο περιθώριο βελτίωσης της οικονομικής κατάστασης

σημαντικού μέρους του πληθυσμού το οποίο στη συνέχεια αντικατοπτρίζεται και στα αποτελέσματα της οδικής ασφάλειας.

6. **Ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) έχει τη μικρότερη επιρροή στα κράτη με χαμηλή οικονομική επίδοση.** Σημειώνεται ότι κατά κύριο λόγο τα κράτη με χαμηλή οικονομική επίδοση είναι επίσης και τα κράτη με τη χαμηλότερη επίδοση στην οδική ασφάλεια. Οι χαμηλές επιδόσεις των κρατών αυτών στην οδική ασφάλεια μπορεί να οφείλονται και σε άλλους παράγοντες πέραν των οικονομικών όπως για παράδειγμα έλλειμμα παιδείας, σωστής εκπαίδευσης των οδηγών, λιγότερο αυστηρής αστυνόμευσης, κτλ. Επομένως, η βελτίωση του οικονομικού επιπέδου πιθανώς να μην επαρκεί στον ίδιο βαθμό με τα άλλα κράτη για την επίτευξη της βελτίωσης της οδικής ασφάλειας, αλλά θα πρέπει να συνδυαστεί παράλληλα και με μια άλλη σειρά μέτρων.
7. Η επιρροή των αυτοκτονιών δεν φαίνεται να παρουσιάζει πολύ μεγάλη διαφορά μεταξύ των διαφορετικών ομάδων κρατών. Παρ' όλα αυτά φαίνεται ότι **η επίδοση της οδικής ασφάλειας στα κράτη με υψηλή οικονομική απόδοση επηρεάζεται λίγο περισσότερο από αλλαγές στις κοινωνικές συνθήκες σε σχέση με τα υπόλοιπα κράτη.** Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι τα κράτη αυτά έχουν καλύτερες υποδομές ή ασφαλέστερα οχήματα και επομένως ο ανθρώπινος παράγοντας και οι συνθήκες που τον επηρεάζουν να επιδρούν περισσότερο στην εξέλιξη της οδικής ασφάλειας.
8. **Η εξέλιξη της οικονομίας** επιδρά στην εξέλιξη των οδικών ατυχημάτων περισσότερο από τους κοινωνικούς και τους συγκοινωνιακούς δείκτες. Μετά την οικονομική κρίση η επίδραση της οικονομίας είναι ακόμα μεγαλύτερη (2,5 φορές μεγαλύτερη).
9. Για τα διανυόμενα **επιβατοχιλιόμετρα** παρατηρείται **αύξηση της σχετικής επιρροής** στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα την περίοδο **μετά την οικονομική κρίση** (1,5 φορά μεγαλύτερη). Η οικονομία της Ευρώπης ανακάμπτει, οι μετακινήσεις και ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνονται, οπότε και η επιρροή των επιβατοχιλιομέτρων στα οδικά ατυχήματα είναι μεγαλύτερη.
10. Ανάμεσα στις δύο χρονικές περιόδους, φαίνεται να υπάρχει **μεγαλύτερη μεταβολή της επιρροής του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) στα οδικά ατυχήματα στα κράτη με χαμηλή οικονομική επίδοση**, και μάλιστα η επιρροή αυτή είναι μεγαλύτερη κατά την περίοδο 2011-2015. Δεδομένου ότι η οικονομική κρίση

επηρέασε περισσότερο αυτά τα κράτη και τα αποτελέσματά της ήταν περισσότερο εμφανή, πιθανώς οι οικονομικές μεταβολές να καθορίζουν σε μεγαλύτερο βαθμό την επίδοση της οδικής ασφάλειας τα μετέπειτα χρόνια. Δηλαδή, όσο πιο πολύ ένα κράτος πληγεί από την οικονομική κρίση τόσο πιο εμφανή είναι τα αποτελέσματα της ανάκαμψης της οικονομίας στην οδική ασφάλεια σε βάθος χρόνου.

11. Η μέθοδος του **Γραμμικού Μικτού Μοντέλου** είναι κατάλληλη για την ανάλυση της επιρροής οικονομικών, κοινωνικών και συγκοινωνιακών δεικτών στην οδική ασφάλεια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	7
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	10
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	11
1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	13
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	15
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
2.2 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ	15
2.3 ΣΥΝΟΨΗ-ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	22
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	25
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	25
3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ	25
3.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ- ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ	27
3.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ	27
3.4.1 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ.....	27
3.4.2 ΚΑΤΑΝΟΜΗ POISSON	28
3.4.3 ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΔΙΩΝΥΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	28
3.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ.....	29
3.5.1 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ	29
3.5.2 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ.....	31
3.5.3 ΓΕΝΙΚΟ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	32
3.6 ΑΥΤΟΣΥΣΧΕΤΙΣΗ.....	33
3.7 ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΙΚΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ	34
3.8 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	37
4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	41
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	41
4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	41
4.2.1 ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	41
4.2.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΗΚΑΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥΣ	43
4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	43

4.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ	48
5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	51
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	51
5.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	51
5.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ SPSS ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΜΙΚΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	53
5.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΜΙΚΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	56
5.5 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2011-2015.....	57
5.5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	57
5.5.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	59
5.6 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2011-2015	61
5.6.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	61
5.6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	62
5.7 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΤΩΝ ΜΕΓΑΛΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2011-2015.....	63
5.7.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	63
5.7.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	64
5.8 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΜΕ ΥΨΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2011-2015.....	65
5.8.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	65
5.8.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	67
5.9 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2006-2010.....	67
5.9.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	67
5.9.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	69
5.10 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2006-2010	71
5.10.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	71
5.10.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	72
5.11 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΤΩΝ ΜΕΓΑΛΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2006-2010.....	73
5.11.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	73
5.11.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	75

5.12 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΜΕ ΥΨΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2006-2010.....	75
5.12.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	75
5.12.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	77
5.13 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	77
5.13.1 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ 2006-2010 ΚΑΙ 2011-2015 ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ	80
5.14 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	80
5.14.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΥΟ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΔΩΝ	84
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	85
6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	85
6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	87
6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	89
6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	89
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	91

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1 Εξέλιξη αριθμού νεκρών στα οδικά ατυχήματα την περίοδο 2007-2016 στις χώρες της Ε.Ε., την Νορβηγία, την Ελβετία και την Ισλανδία (ΠΗΓΗ: EC CARE database, 2018)	8
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2 Αριθμός νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού για το έτος 2017 (ΠΗΓΗ: European Commission, 2018).....	10
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.3 Σχηματική απεικόνιση σταδίων Διπλωματικής Εργασίας ..	13
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1 Διαχρονική εξέλιξη του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης HDI και του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα	45
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2 Διαχρονική εξέλιξη των αυτοκτονιών και του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα	46
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3 Διαχρονική εξέλιξη των επιβατοχιλιομέτρων και του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα	47
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1 Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα 2006-2010	81
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2 Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα 2011-2015	81
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3 Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του δείκτη των αυτοκτονιών στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα 2011-2015	82
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.4 Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του δείκτη των επιβατοχιλιομέτρων στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα 2006-2010	83
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.5 Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του δείκτη των επιβατοχιλιομέτρων στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα 2011-2015	83

ΠΙΝΑΚΕΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Απόλυτος αριθμός νεκρών στα οδικά ατυχήματα για τη χρονική περίοδο 2007-2016 (ΠΗΓΗ: EC CARE database, 2018)	9
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 Βάση δεδομένων.....	44
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 Περιγραφικές συναρτήσεις για το σύνολο των κρατών	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3 Περιγραφικές συναρτήσεις για κάθε κράτος (εικόνα 1 από 4) .	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4 Περιγραφικές συναρτήσεις για κάθε κράτος (εικόνα 2 από 4) .	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5 Περιγραφικές συναρτήσεις για κάθε κράτος (εικόνα 3 από 4) .	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6 Περιγραφικές συναρτήσεις για κάθε κράτος (εικόνα 4 από 4) .	50
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2011-2015.....	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2011-2015.....	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2011-2015.....	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2011-2015.....	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2011-2015.....	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2011-2015.....	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2011-2015.....	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2011-2015.....	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2011-2015	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2011-2015.....	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2011-2015.....	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.12 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2011-2015.....	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.13 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2011-2015.....	65
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.14 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2011-2015	65

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.15 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2011-2015	66
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.16 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2011-2015	66
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.17 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2006-2010	67
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.18 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2006-2010	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.19 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2006-2010	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.20 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2006-2010	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.21 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2006-2010	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.22 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2006-2010	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.23 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2006-2010	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.24 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2006-2010	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.25 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2006-2010	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.26 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2006-2010	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.27 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2006-2010	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.28 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2006-2010	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.29 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2006-2010	75
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.30 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2006-2010	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.31 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2006-2010	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.32 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2006-2010	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1 Συγκεντρωτικός Πίνακας μοντέλων	86

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

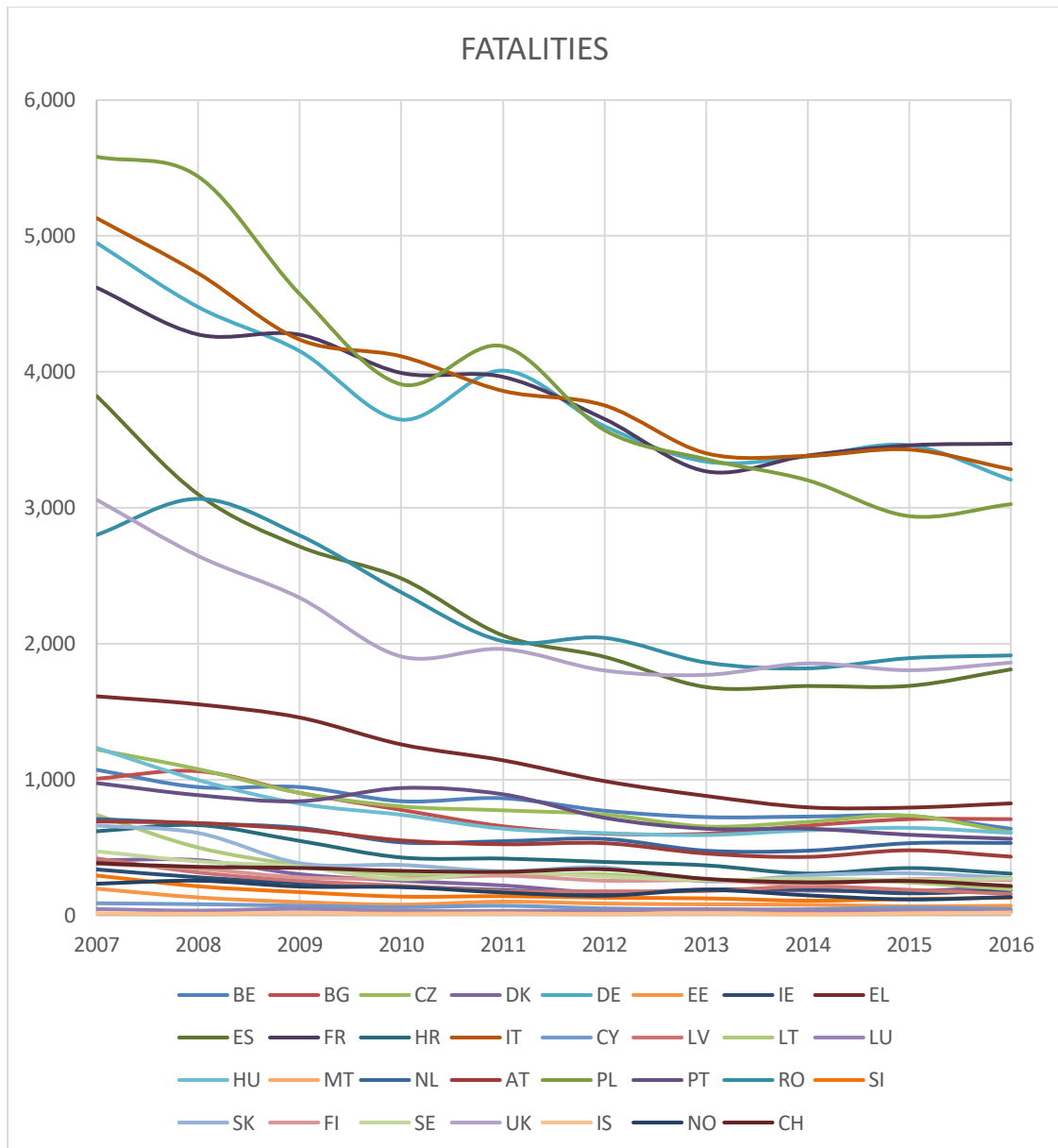
Στη σύγχρονη κοινωνία οι **οδικές μεταφορές** αποτελούν αναπόσπαστο μέρος των δραστηριοτήτων του ανθρώπου. Η συμβολή τους στην ανάπτυξη και στην πρόοδο της κοινωνίας είναι αδιαμφισβήτητη. Ωστόσο, ο σύγχρονος τρόπος ζωής ο οποίος οδηγεί σε διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για μετακινήσεις, έχει ως αποτέλεσμα 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.

Εκτιμάται ότι περίπου 1,25 εκατομμύρια άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους σε οδικά ατυχήματα κάθε χρόνο παγκοσμίως, ενώ 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 3% του Α.Ε.Π.. Αξιοσημείωτο είναι ότι το 90% των θανάτων από ατυχήματα συμβαίνουν σε χώρες χαμηλού ή μεσαίου εισοδήματος. (WHO, 2015)

Στην **Ευρωπαϊκή Ένωση ο ετήσιος αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα ανέρχεται στους 25.500** (European Commission, 2017) και στην **Ελλάδα 740** (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2018). Η κρισιμότητα των οδικών ατυχημάτων έχει καταστήσει αναγκαίες τις συντονισμένες προσπάθειες για βελτίωση της οδικής ασφάλειας τόσο σε εθνικό όσο και σε τοπικό επίπεδο.

Η διαχρονική εξέλιξη του απόλυτου αριθμού των νεκρών από οδικά ατυχήματα για τις 28 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και της Νορβηγίας, της Ελβετίας και της Ισλανδίας κατά την χρονική περίοδο 2007-2016 παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.



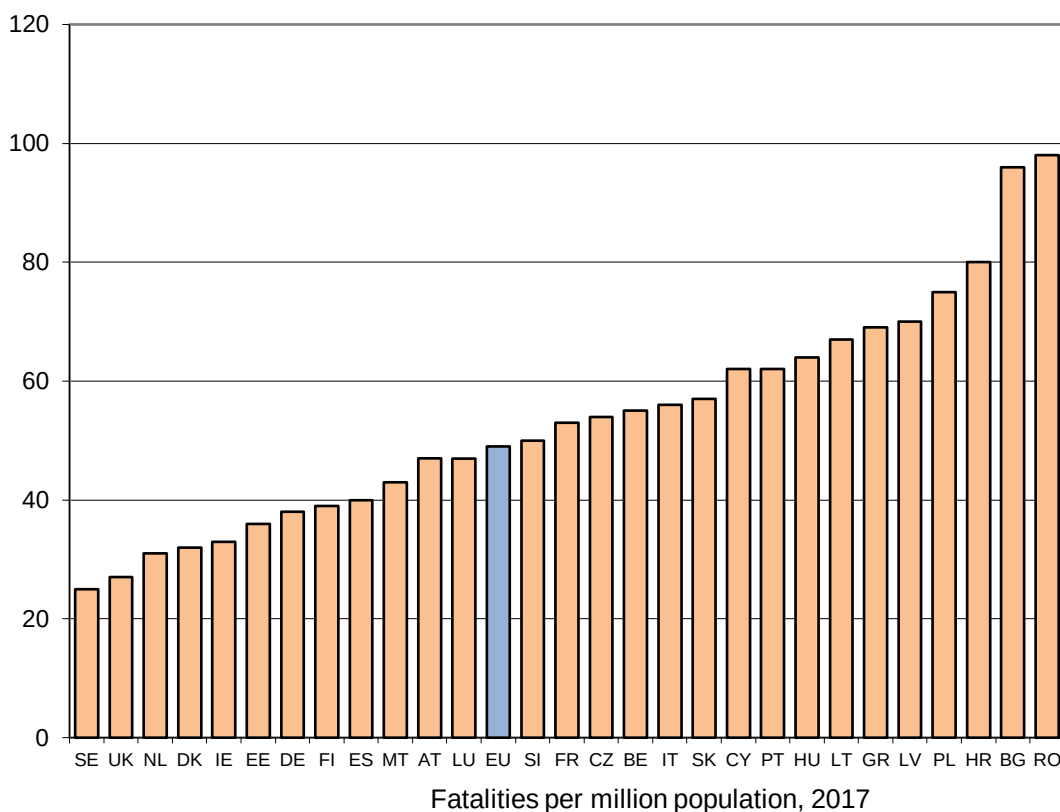
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1 Εξέλιξη αριθμού νεκρών στα οδικά ατυχήματα την περίοδο 2007-2016 στις χώρες της Ε.Ε., την Νορβηγία, την Ελβετία και την Ισλανδία (ΠΗΓΗ: EC CARE Database, 2018)

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο απόλυτος αριθμός των νεκρών για την περίοδο 2007-2016 στις χώρες της Ε.Ε. καθώς και στην Ελβετία, στην Νορβηγία και στην Ισλανδία. Εύκολα μπορεί να διαπιστωθεί ότι στις χώρες αυτές επικρατεί μια γενική τάση μείωσης των νεκρών από οδικά ατυχήματα.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BE	1.071	944	944	840	862	770	723	727	732	637
BG	1.006	1.061	901	776	656	601	601	661	708	708
CZ	1.221	1.076	901	802	773	742	654	688	734	611
DK	406	406	303	255	220	167	191	182	178	211
DE	4.949	4.477	4.152	3.648	4.009	3.600	3.339	3.377	3.459	3.206
EE	196	132	98	79	101	87	81	78	67	71
IE	338	280	238	212	186	162	188	193	162	186
EL	1.612	1.553	1.456	1.258	1.141	988	879	795	793	824
ES	3.822	3.098	2.714	2.479	2.060	1.902	1.680	1.688	1.689	1.810
FR	4.620	4.275	4.273	3.992	3.963	3.653	3.268	3.384	3.459	3.471
HR	619	664	548	426	418	393	368	308	348	307
IT	5.131	4.725	4.237	4.114	3.860	3.753	3.401	3.381	3.428	3.283
CY	89	82	71	60	71	51	44	45	57	46
LV	419	316	254	218	179	177	179	212	188	158
LT	740	499	370	299	296	302	256	267	242	192
LU	46	35	48	32	33	34	45	35	36	32
HU	1.232	996	822	740	638	605	591	626	644	607
MT	12	9	15	13	16	9	17	10	11	23
NL	709	677	644	537	546	562	476	476	531	533
AT	691	679	633	552	523	531	455	430	479	432
PL	5.583	5.437	4.572	3.908	4.189	3.571	3.357	3.202	2.938	3.026
PT	974	885	840	937	891	718	637	638	593	563
RO	2.800	3.065	2.796	2.377	2.018	2.042	1.861	1.818	1.893	1.913
SI	293	214	171	138	141	130	125	108	120	130
SK	661	606	384	371	325	352	251	295	310	275
FI	380	344	279	272	292	255	258	229	266	258
SE	471	397	358	266	319	285	260	270	259	270
UK	3.059	2.645	2.337	1.905	1.960	1.802	1.770	1.854	1.804	1.860
EU	43.150	39.577	35.359	31.506	30.686	28.244	25.955	25.977	26.128	25.643
IS	15	12	17	8	12	9	15	4	16	18
NO	233	255	212	208	168	145	187	147	117	135
CH	384	357	349	327	320	339	269	243	253	216

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Απόλυτος αριθμός νεκρών στα οδικά ατυχήματα για τη χρονική περίοδο 2007-2016 (ΠΗΓΗ: EC CARE database, 2018)

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). Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι νεκροί ανά εκατομμύριο πληθυσμού.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2 Αριθμός νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού για το έτος 2017 (ΠΗΓΗ: European Commission, 2018)

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 ποσοστό ανεργίας, οι αυτοκτονίες, ο βαθμός ικανοποίησης από τη ζωή, το ποσοστό των αυτοκινητοδρόμων, τα συνολικά οχηματοχιλιόμετρα και τα επιβατοχιλιόμετρα 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

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι να διερευνηθούν οι **οικονομικοί, κοινωνικοί και συγκοινωνιακοί δείκτες επιρροής της οδικής ασφάλειας στην περίοδο της κρίσης στην Ευρώπη** με τη χρήση στατιστικών μοντέλων.

Επιχειρείται να συνδεθεί ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στις χώρες της Ευρώπης με οικονομικούς, κοινωνικούς και συγκοινωνιακούς δείκτες. Ως οικονομικός δείκτης επιλέχθηκε ο **δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI)**, ο οποίος καθορίζεται από το προσδόκιμο ζωής, το επίπεδο μόρφωσης και την ποιότητα ζωής σε μια χώρα. Ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης συμπεριλαμβάνει το Α.Ε.Π. και χρησιμοποιείται για να μετρηθεί η

επίδραση των οικονομικών πολιτικών στην ποιότητα ζωής. Ως κοινωνικός δείκτης επιλέχθηκε ο **αριθμός των αυτοκτονιών** και ως συγκοινωνιακός δείκτης τα **διανυόμενα επιβατοχιλιόμετρα**.

Ανάμεσα στα Ευρωπαϊκά κράτη παρατηρούνται διαφοροποιήσεις σε οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο καθώς και σε πολιτικές οδικής ασφάλειας. Επιλέχθηκε κατά συνέπεια η υποδιαίρεση της Ευρώπης σε τρεις διαφορετικές ομάδες κρατών με παρόμοια χαρακτηριστικά της οικονομίας και της οδικής ασφάλειας. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τα κράτη με υψηλή οικονομική επίδοση (high economic performance), η δεύτερη ομάδα τα μεγάλα κράτη (largest countries) και η τρίτη ομάδα τα κράτη με χαμηλή οικονομική επίδοση (low economic performance), όπως αυτές προέκυψαν από σχετική στατιστική ανάλυση παλινδρόμησης (Μίχου, 2018).

Πιο αναλυτικά, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία περιγράφονται μαθηματικά μοντέλα για το σύνολο των κρατών της Ευρώπης, καθώς και για κάθε ομάδα κρατών ξεχωριστά. Στο μαθηματικό μοντέλο του συνόλου των κρατών διερευνάται επίσης η επίδραση της κάθε ομάδας χωρών σε συγκριτικό επίπεδο. Συνεπώς επιδιώκεται μέσω των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας να κατανοηθεί ο τρόπος με τον οποίο ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης, οι αυτοκτονίες και τα επιβατοχιλιόμετρα επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα, καθώς και να γίνει μια συγκριτική αξιολόγηση των ομάδων των κρατών.

Επισημαίνεται ότι ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων και των νεκρών σε κάθε χώρα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από άλλους παράγοντες όπως οι καιρικές συνθήκες, η οδηγική συμπεριφορά κτλ.

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 τον προσδιορισμό του θέματος και του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας πραγματοποιήθηκε ευρεία **βιβλιογραφική ανασκόπηση** τόσο σε ελληνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Αναζητήθηκαν δηλαδή παρεμφερείς έρευνες και επιστημονικά άρθρα με θέμα σχετικό με εκείνο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Μέσω των ερευνών αυτών καταβλήθηκε προσπάθεια απόκτησης σχετικής εμπειρίας στην επεξεργασία τέτοιων θεμάτων, καθώς επίσης οι γνώσεις που αντλήθηκαν από αυτές συνέβαλλαν στην επιλογή μεθόδου συλλογής και επεξεργασίας στοιχείων.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η **συλλογή των στοιχείων** που απαιτούνταν για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν ήταν για κάθε κράτος μέλος της Ε.Ε., την Νορβηγία και την

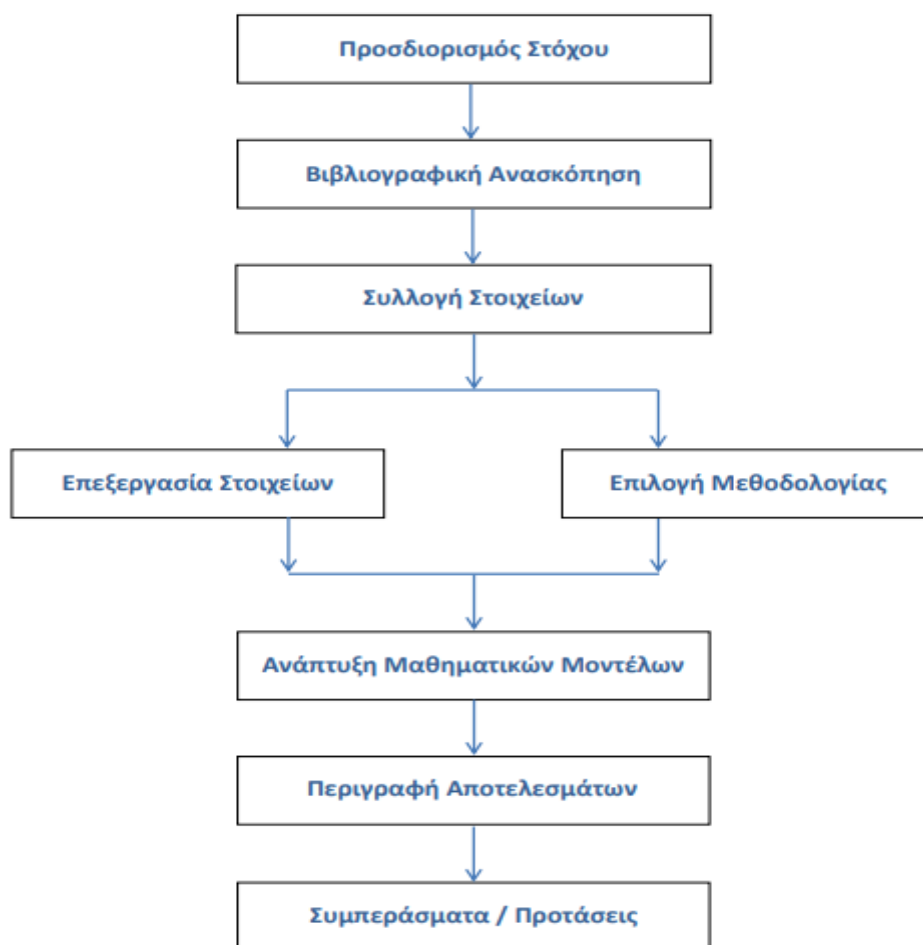
Ελβετία για τη χρονική περίοδο 2006-2015, ο πληθυσμός, ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης, οι αυτοκτονίες και τα διανυόμενα επιβατοχιλιόμετρα. Τα στοιχεία αυτά αντλήθηκαν από τις βάσεις δεδομένων της παγκόσμιας τράπεζας (World Bank) για τον πληθυσμό, του προγράμματος ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (UNDP) για τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης, του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD) για τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, του παγκόσμιου οργανισμού υγείας (WHO) για τις αυτοκτονίες και της διεθνούς ομοσπονδίας οδών (IRF) για τα διανυόμενα επιβατοχιλιόμετρα.

Στο επόμενο στάδιο τα συλλεχθέντα στοιχεία **επεξεργάστηκαν κατάλληλα** και έπειτα ταξινομήθηκαν σε μία ενιαία βάση δεδομένων προκειμένου να είναι έτοιμα για το στάδιο της στατιστικής ανάλυσης με τη χρήση ειδικού στατιστικού λογισμικού.

Αρχικά χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Το σύνολο των κρατών χωρίστηκε σε τρεις ομάδες και πιο συγκεκριμένα σε αυτές με χαμηλή οικονομική επίδοση (low economic performance), σε αυτές με υψηλή οικονομική επίδοση (high economic performance) και σε μεγάλες χώρες (largest countries). Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η επίδραση του κάθε κράτους της κάθε ομάδας κρατών στα τελικά μοντέλα επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί το Μικτό Γραμμικό Μοντέλο καθώς θα συνυπολογίζει την αλληλεπίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών. Στη φάση αυτή συσχετίστηκαν η μεταβολή του λογαρίθμου του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά 100.000 πληθυσμού (ως εξαρτημένη μεταβλητή) με τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης, τον αριθμό των αυτοκτονιών ανά 100.000 πληθυσμού και τα επιβατοχιλιόμετρα, καθώς και με το κράτος ή την ομάδα κρατών.

Μετά το πέρας της παραπάνω διαδικασίας, προέκυψαν οχτώ εξισώσεις. Οι τέσσερις αφορούσαν την πενταετία 2006-2010 και πιο συγκεκριμένα η μία το σύνολο των κρατών και οι υπόλοιπες τρεις κάθε ομάδα κρατών. Ανάλογη διαδικασία έγινε και για τις υπόλοιπες τέσσερις εξισώσεις οι οποίες αφορούσαν την πενταετία 2011-2015. Χρησιμοποιήθηκαν δύο πενταετίες προκειμένου να μελετηθεί αν υπήρχε κάποια διαφοροποίηση στην επιρροή των μεταβλητών στην οδική ασφάλεια μετά το πέρας της κρίσης. 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, καθώς και για τη σύγκριση μεταξύ των χωρών της Ευρώπης. Με τον τρόπο αυτό, προέκυψαν πληροφορίες για το υπό εξέταση ζήτημα και διατυπώθηκαν αξιόλογες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σχηματικά τα στάδια εκτέλεσης της Διπλωματικής Εργασίας.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.3 Σχηματική απεικόνιση σταδίων 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. 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 την επιρροή οικονομικών, κοινωνικών και συγκοινωνιακών δεικτών στην οδική ασφάλεια. 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, παρουσιάζεται και αναλύεται η επιλεγείσα μεθοδολογία, ενώ δίνεται και ιδιαίτερη έμφαση στις μαθηματικές και στατιστικές θεωρίες στις οποίες αυτή βασίζεται.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των διαδικασιών της **συλλογής και επεξεργασίας στοιχείων**, στα οποία στηρίχθηκε η Διπλωματική Εργασία. Αρχικά παρουσιάζονται οι πηγές των στοιχείων και τα βασικά τους χαρακτηριστικά. 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. 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

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 (τουλάχιστον στην Ελλάδα), 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. Wagennar διερεύνησε το 1983 τις επιπτώσεις των μακροοικονομικών συνθηκών στη συχνότητα οδικών ατυχημάτων. Επέλεξε να χρησιμοποιήσει ως δείκτη των οικονομικών συνθηκών το ποσοστό ανεργίας. Επιπλέον, διερευνήθηκε και η ενδεχόμενη επιρροή των διανυόμενων οχηματοχιλιομέτρων.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το ολοκληρωμένο υπόδειγμα αυτοσυσχέτισης-κυλιόμενων μέσων όρων (ARIMA) και η διαδικασία μοντελοποίησης της δυναμικής παλινδρόμησης χρονοσειρών (dynamic regression time series modeling procedures). Για την κατασκευή των δυναμικών μοντέλων των χρονοσειρών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Box & Jenkins.

Οι μεταβλητές έχουν μετρηθεί σε μηνιαία βάση από τον Ιανουάριο του 1972 μέχρι και το Δεκέμβριο του 1982. Ως εξαρτημένη μεταβλητή χρησιμοποιήθηκε ο αριθμός των οδηγών που εμπλέκονταν σε οδικά ατυχήματα στο Michigan

και στα οποία υπήρχε τουλάχιστον ένας τραυματισμός. Ως ανεξάρτητη μεταβλητή χρησιμοποιήθηκε το ποσοστό του εργατικού δυναμικού του Michigan που είναι άνεργο, δηλαδή το ποσοστό αυτών που δεν εργάζονται και αναζητούν ενεργά εργασία. Τέλος, η μεταβλητή των διανυόμενων οχηματοχιλιομέτρων εντάχθηκε στη μελέτη για να αξιολογηθεί η ενδεχόμενη παρεμβαίνουσα επίδραση μεταξύ ανεργίας και συμμετοχής σε ατύχημα. Υπολογίστηκε σε μηνιαία βάση, βασιζόμενη τόσο στη μέτρηση της κυκλοφορίας όσο και στα δεδομένα πωλήσεων των καυσίμων.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν ότι η **αύξηση 1% του ποσοστού της ανεργίας** συνδέεται με μία **μείωση 316 οδηγών** που εμπλέκονται σε οδικά ατυχήματα με τουλάχιστον έναν τραυματισμό **τον ίδιο μήνα** της μεταβολής της ανεργίας και με **αύξηση κατά 237 οδηγούς** που εμπλέκονται σε τέτοιου είδους ατυχήματα **τον επόμενο μήνα**.

Επίσης, προέκυψε ότι μία **αύξηση κατά 1 δις του αριθμού των διανυόμενων χιλιομέτρων** σχετίζεται με μία **αύξηση κατά 949 οδηγούς** που εμπλέκονται σε ατύχημα **τον επόμενο μήνα** και **κατά 869 οδηγούς** επιπλέον **τον δεύτερο μήνα** μετά την μεταβολή της διανυθείσας απόστασης. Αντίθετα, δεν υπάρχει σημαντική σχέση μεταξύ ανεργίας και των διανυόμενων χιλιομέτρων.

Δεδομένου ότι η ανεργία και τα οχηματοχιλιόμετρα είναι ανεξάρτητες μεταβλητές μεταξύ τους, συμπεριλήφθηκαν σε ένα συνδυασμένο μοντέλο για να αξιολογηθεί η επίδρασή τους στην εξαρτημένη μεταβλητή, την εμπλοκή σε ατύχημα. Προέκυψε ότι η καθαρή εκτιμώμενη επίδραση της **αύξησης κατά 1% της ανεργίας** είναι μια **μηνιαία μείωση της εμπλοκής σε ατύχημα με έναν τουλάχιστον τραυματισμό κατά 52 οδηγούς**. Τα εκτιμώμενα οχηματοχιλιόμετρα έχουν ανεξάρτητη επίδραση στην εμπλοκή σε ατύχημα τέτοια ώστε **αύξηση κατά 1 δις χιλιομέτρα κάθε μήνα** έχει ως αποτέλεσμα να εμπλέκονται σε ατύχημα **2007 περισσότεροι οδηγοί τους επόμενους δύο μήνες**.

Τέλος, η χρονική υστέρηση που προέκυψε από τη συσχέτιση του ποσοστού ανεργίας και του αριθμού των εμπλεκόμενων σε ατύχημα οδηγών εξηγήθηκε με δύο τρόπους. Πρώτον, το αυξημένο άγχος που προκαλείται λόγω της απώλειας της εργασίας μπορεί να είναι εντονότερο τον επόμενο μήνα σε αυτούς που έχουν βρει νέα εργασία όσο και σε αυτούς που παραμένουν άνεργοι. Το αυξημένο στρες συνδέεται με πιο επιθετική οδήγηση και άρα με αύξηση της πιθανότητας εμπλοκής σε ατύχημα. Δεύτερον, η μεταβολή του ποσοστού ανεργίας μπορεί να επηρεάσει ψυχολογικά το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού τον επόμενο μήνα, όταν η μεταβολή αυτή θα διαδοθεί μέσω των ΜΜΕ.

Το 1986 οι Jacobs και Cutting πραγματοποίησαν διατμηματική-συγχρονική μελέτη για να εξετάσουν τη σχέση ανάμεσα στα ποσοστά νεκρών σε οδικά ατυχήματα και κάποια οικονομικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά σε επιλεγμένες αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτά τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν εκτός από το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π., τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων, την πυκνότητα του οδικού δικτύου, την πυκνότητα οχημάτων ανά χιλιόμετρο οδικού δικτύου, τον πληθυσμό ανά γιατρό και τον πληθυσμό ανά νοσοκομειακή κλίνη. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι **τα ποσοστά νεκρών σε οδικά ατυχήματα δε σχετίζονται μόνο με το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. αλλά και με την πυκνότητα οχημάτων και τον πληθυσμό ανά νοσοκομειακή κλίνη.**

Το 1991 εκπονήθηκε μελέτη από τους D.Reinfurt, J.R.Stewart και N.L.Weaver στην οποία διερευνάται η επιρροή της οικονομίας στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, στις αυτοκτονίες και στις ανθρωποκτονίες. Για τις ανάγκες της μελέτης αυτής χρησιμοποιήθηκε αρχικά ένα απλό μοντέλο παλινδρόμησης τόσο για το σύνολο του πληθυσμού όσο και για ορισμένες υποομάδες ανάλογα με το φύλο και την ηλικία. Ακολούθως αναπτύχθηκαν δύο μοντέλα χρονοσειρών (ARIMA και ανάλυση δομικών χρονοσειρών) τα οποία δούλεψαν με και χωρίς τους οικονομικούς δείκτες, προκειμένου να διαπιστωθεί η σχετική τους ικανότητα να προβλέψουν τους επακόλουθους αριθμούς νεκρών στα οδικά ατυχήματα.

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:

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

y_t	ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα
u_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 μια 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.**

Μία έρευνα που αφορούσε επίσης στις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. πραγματοποιήθηκε από τον M. Koornstra (2002). Στην έρευνα αυτή συσχετίζεται το Α.Ε.Π. συγκεκριμένων χωρών με τους καταγεγραμμένους σε αυτές θανάτους και τραυματισμούς από οδικά ατυχήματα. Για την επεξεργασία των μοντέλων χρησιμοποιήθηκαν εκθετικά μοντέλα με ανεξάρτητη μεταβλητή το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. και εξαρτημένη είτε τον αριθμό των νεκρών είτε των τραυματιών, εκ των οποίων προέκυψαν ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, **όσο υψηλότερο είναι το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π., τόσο υψηλότερος είναι ο δείκτης ιδιοκτησίας οχημάτων της χώρας**, ενώ η αναλογία νεκρών ανά όχημα τείνει να μειωθεί με την πάροδο του χρόνου και την παράλληλη αύξηση του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π.

Το 2005 με την έρευνα των E.Korits και M.Cropper διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ του κινδύνου οδικού ατυχήματος και του κατά κεφαλήν εισοδήματος. Η σχέση αυτή χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη των θανάτων σε οδικά ατυχήματα ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή. Υπολογίστηκαν εξισώσεις για τον ρυθμό θανάτων σε οδικά ατυχήματα, τα οχήματα ανά πληθυσμό και τους θανάτους ανά όχημα με βάση στοιχεία πινάκων που περιείχαν για 88 χώρες δεδομένα από το 1963 έως το 1999. Οι φυσικοί λογάριθμοι του αριθμού των νεκρών ανά πληθυσμό, των οχημάτων ανά πληθυσμό και του αριθμού των νεκρών ανά οχήματα εκφράστηκαν ως συνάρτηση του λογαρίθμου του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. Γραμμικά και μη γραμμικά μοντέλα αναπτύχθηκαν για να προβλέψουν τους νεκρούς σε οδικά ατυχήματα και το απόθεμα των αυτοκινούμενων οχημάτων για το 2020. **Το κατά κεφαλήν εισόδημα στο**

οποίο αρχίζει να μειώνεται ο κίνδυνος οδικού ατυχήματος είναι 8600\$. Αυτό το σημείο καμπής καθοδηγείται από τον ρυθμό της μείωσης των νεκρών ανά οχήματα όταν το εισόδημα αυξάνεται και όσον αφορά τα οχήματα ανά πληθυσμό, καθώς αυξάνονται με το εισόδημα σε μειούμενο ρυθμό, δεν μειώνονται με την οικονομική ανάπτυξη.

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

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

όπου Y ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά 1000 οχήματα, με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,770$, που δηλώνει ότι το μοντέλο περιγράφει ικανοποιητικά τα δεδομένα. Βάσει του μοντέλου αυτού οι ερευνητές οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι **οι συνέπειες των τροχαίων ατυχημάτων σε διάφορες χώρες είναι αντιστρόφως ανάλογες προς το επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης μιας χώρας.**

Το 2006 διεξήχθη μια έρευνα από τους Γ.Γιαννή και Α.Τσουμάνη με σκοπό την διερεύνηση της συσχέτισης βασικών μακροσκοπικών παραμέτρων οδικής ασφάλειας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε ανάλυση χρονοσειρών στοιχείων δημογραφικών, κυκλοφοριακών και ατυχημάτων, για 25 κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, για τη χρονική περίοδο 1970-2003. Αναπτύχθηκαν γραμμικά και μη γραμμικά πρότυπα παλινδρόμησης, από τα οποία προέκυψε και ποσοτικοποιήθηκε η επιρροή κάθε μεταβλητής στον αριθμό και στους δείκτες των ατυχημάτων. Τα αποτελέσματα οδηγούν σε δύο βασικά συμπεράσματα. Πρώτον, ότι ο λόγος του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των οχημάτων μειώνεται με την αύξηση του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό και δεύτερον ότι **η καμπύλη της διαχρονικής εξέλιξης των θανάτων στα οδικά ατυχήματα παρουσιάζει διαφορετική κλίση, καταρχήν αύξουσα, στη συνέχεια σταθερή και τελικώς φθίνουσα, ανάλογα με την τιμή του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό.**

Άλλη μία ελληνική έρευνα που αφορά στις ευρωπαϊκές χώρες και στη σύγκρισή τους πραγματοποιήθηκε το 2010 από τους Γ.Γιαννή, Κ.Αντωνίου, Ε.Παπαδημητρίου, Δ.Κατσώχη. Προτάθηκε ένα απλό και αξιόπιστο μοντέλο πολλαπλού συστήματος, το οποίο επιτρέπει τον προσδιορισμό της αλλαγής της κλίσης της καμπύλης του προσωπικού κινδύνου και αντίστοιχου οριακού

σημείου για κάθε χώρα, δηλαδή **τον προσδιορισμό του σημείου μετά το οποίο οι νεκροί στα οδικά ατυχήματα αρχίζουν να μειώνονται.**

Ελέγχθηκαν οι τάσεις των νεκρών στα οδικά ατυχήματα σε αρκετές χώρες της Ε.Ε. συσχετιζόμενες με τη χρονική εξέλιξη κοινωνικοοικονομικών δεικτών, και συγκεκριμένα του στόλου των οχημάτων και του πληθυσμού (μέσω του ποσοστού μηχανοκίνησης) σε επίπεδο χώρας. Ουσιαστικά ο στόχος ήταν να επιτραπεί η ταυτόχρονη εκτίμηση μοντέλων παλινδρόμησης με άγνωστα οριακά σημεία κατά τρόπο που να παρέχονται εκτιμήσεις τόσο για τις θέσεις των οριακών σημείων όσο και για τις κλίσεις. Η στατιστική προσέγγιση υλοποιήθηκε μέσω του λογισμικού R για στατιστικούς υπολογισμούς.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν ήταν ότι ο αριθμός και η θέση των οριακών σημείων κάθε χώρας καθώς και η κλίση των συνδεόμενων τάσεων ποικίλουν από χώρα σε χώρα, γεγονός που δείχνει τα διαφορετικά μοντέλα εξέλιξης της οδικής ασφάλειας. Επιπλέον, ορισμένες χώρες παρουσίασαν οριακά σημεία σε ένα στενό εύρος τιμών του ποσοστού μηχανοκίνησης, υπονοώντας ίσως παρόμοιες κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες ή και παρόμοια νοοτροπία οδικής ασφάλειας. Τέλος, αυτές οι περιοχές ήταν διαφορετικές για ορισμένες υποομάδες χωρών, παρέχοντας μια ένδειξη ότι κάποιες ομαδοποιήσεις μπορεί να ήταν υπό την έννοια ενός γεωγραφικού και κοινωνικοοικονομικού πλαισίου.

Το 2011 πραγματοποιήθηκε μία έρευνα από τους Γ.Γιαννή, Κ.Αντωνίου και Ε.Παπαδημητρίου σχετική με τις **μεθόδους στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων των νεκρών στα οδικά ατυχήματα** και επεδίωξε να παράσχει ένα φειδωλό μοντέλο για τη σύνδεση του επιπέδου μηχανοκίνησης με τα μειούμενα ποσοστά θνησιμότητας που παρατηρούνται στις χώρες της Ε.Ε. κατά τη διάρκεια των τελευταίων τριών δεκαετιών.

Συγκεκριμένα προτάθηκε μια μακροσκοπική ανάλυση της οδικής ασφάλειας σε επίπεδο χωρών, μέσω της εφαρμογής **μη γραμμικών μοντέλων**, τα οποία συσχέτιζαν νεκρούς σε οδικά ατυχήματα και οχήματα για το χρονικό διάστημα 1970-2002. Δεδομένης της φύσης των χρονοσειρών των δεδομένων της οδικής ασφάλειας, αυτά τα μοντέλα οδηγούσαν σε αυτοσυσχέτιση των υπολοίπων, παραβιάζοντας έτσι μία από τις υποθέσεις της γραμμικής παλινδρόμησης. Επιπλέον, θεωρήθηκαν **αυτοπαλίνδρομες μορφές των μοντέλων**, οι οποίες ξεπερνούσαν αυτούς τους περιορισμούς και παρείχαν καλύτερες δυνατότητες πρόβλεψης.

Το μοντέλο που αποδείχθηκε ότι ήταν το πιο αποτελεσματικό ήταν το αυτοπαλίνδρομο λογαριθμικά μετασχηματισμένο μοντέλο, η χρήση του οποίου επέτρεψε το διαχωρισμό των χωρών ως προς τις καλύτερες και τις χειρότερες επιδόσεις. Θα μπορούσαν επίσης να αποδειχθούν χρήσιμα στην

απόκτηση εικόνας για την τρέχουσα και μελλοντική τάση της οδικής ασφάλειας των λιγότερο ανεπτυγμένων χωρών.

Μία ακόμα ελληνική έρευνα που αφορούσε την επιρροή της ετήσιας μεταβολής του Α.Ε.Π. στα οδικά ατυχήματα πραγματοποιήθηκε από τους Γ.Γιαννή, Ε.Παπαδημητρίου και Κ.Φώλλα (2013). Για την ανάλυση αναπτύχθηκε βάση δεδομένων που περιλάμβανε στοιχεία για το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. και τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα για 27 κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη χρονική περίοδο 1975-2011. Στην έρευνα αυτή χρησιμοποιήθηκαν μικτά γραμμικά μοντέλα. Τα αποτελέσματα οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η **ετήσια αύξηση του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. οδηγεί σε αύξηση της ετήσιας μεταβολής του αριθμού των νεκρών**, ενώ η **ετήσια μείωση του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. οδηγεί σε μείωση της ετήσιας μεταβολής του αριθμού των νεκρών**. Επιπλέον, στην ομάδα των βορειοδυτικών κρατών της Ε.Ε. διαπιστώθηκε ότι υπάρχει χρονική υστέρηση ενός έτους στην επιρροή της μείωσης του Α.Ε.Π. στα οδικά ατυχήματα.

Το 2017 οι S.Kandrychyn και Y.Razvodovsky ασχολήθηκαν με τη σχέση ανάμεσα στα οδικά ατυχήματα και τις αυτοκτονίες στην Ευρώπη. Χρησιμοποίησαν από την επίσημη βάση δεδομένων του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας(WHO) στοιχεία για τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα και το κατά κεφαλήν ακαθάριστο εθνικό εισόδημα για 40 χώρες της Ευρώπης. Το σύνολο των χωρών χωρίστηκε σε 22 ανατολικές χώρες και σε 18 δυτικές. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι **ο αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα σχετίζεται θετικά με τις αυτοκτονίες και αρνητικά με το ακαθάριστο εθνικό εισόδημα**. Ταυτόχρονα, οι αυτοκτονίες δεν παρουσιάζουν σημαντική συσχέτιση με το ακαθάριστο εθνικό εισόδημα. Αντίθετα, στις δυτικές χώρες οι νεκροί από οδικά ατυχήματα σχετίζονται αρνητικά με το ακαθάριστο εθνικό εισόδημα. Στην ίδια ομάδα χωρών όμως παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση των αυτοκτονιών με το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν.

Μία ακόμα έρευνα πραγματοποιήθηκε το 2017 από τους F.Wegman, R.Allsop, Κ.Αντωνίου, R.Bergel-Hayat, R.Elvik, S.Lassare, D.Lloyd και W.Winjen. Αντικείμενο της έρευνας αυτής αποτέλεσε η **επιρροή της οικονομικής ύφεσης (2008-2010) στα οδικά ατυχήματα** στις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. Για την πραγματοποίηση της έρευνας αυτής επανεξετάστηκαν παλαιότερες έρευνες που αφορούσαν τη σχέση μεταξύ οικονομικών υφέσεων και των αλλαγών που επέφεραν αυτές στα οδικά ατυχήματα. Με βάση αυτές προτάθηκε ένα απλό διάγραμμα που δείχνει τη σχέση μεταξύ των αλλαγών του επαγγελματικού κύκλου και τις αλλαγές στον αριθμό των οδικών ατυχημάτων. Αυτό το απλό μοντέλο ελέγχθηκε εμπειρικά από διάφορες αναλύσεις και στατιστικά των οδικών ατυχημάτων για τη Μεγάλη Βρετανία και τη Σουηδία. Η μείωση του Α.Ε.Π. και η αύξηση της ανεργίας επιφέρει μείωση

στον αριθμό των οδικών ατυχημάτων. Η οικονομική ύφεση δείχνει να συσχετίζεται με λιγότερη οδήγηση όσον αφορά νέους ηλικιακά οδηγούς, λιγότερη οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ και οδήγηση με χαμηλότερη ταχύτητα. Παρόλα αυτά δεν είναι ξεκάθαρο αν οι αλλαγές αυτές εξηγούν πλήρως την μείωση των οδικών ατυχημάτων. Από την έρευνα αυτή προέκυψε επίσης ότι ο αριθμός των οχηματοχιλιομέτρων δεν μεταβλήθηκε σημαντικά λόγω της οικονομικής ύφεσης.

Τέλος, το 2018 οι Xin Li, Liyu Wu και Xianfeng Yang ερεύνησαν την επιρροή κοινωνικών και οικονομικών μεταβλητών στην οδική ασφάλεια του Hong Kong. Χρησιμοποίησαν συνδυασμό των μεθόδων autoregressive distributed lag (ARDL) και vector error correction model (VECM) για να προσδιορίσουν τη σχέση ανάμεσα στα οδικά ατυχήματα και στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη. Συμπεριλήφθηκαν η αύξηση του Α.Ε.Π., η αύξηση του πληθυσμού, η επέκταση των οδικών υποδομών και η αύξηση της ιδιοκτησίας οχήματος. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η **αύξηση του πληθυσμού και η αύξηση της ιδιοκτησίας οχήματος οδηγεί σε αύξηση των οδικών ατυχημάτων. Αντίθετα, η επέκταση των οδικών υποδομών επιφέρει μείωση των οδικών ατυχημάτων.**

2.3 ΣΥΝΟΨΗ-ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που έγινε για τις ανάγκες της Διπλωματικής Εργασίας. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση των ερευνών με σκοπό τη διερεύνηση της επιρροής των οικονομικών, κοινωνικών και συγκοινωνιακών παραγόντων στην οδική ασφάλεια μιας χώρας ή περιοχής.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η **οικονομική ύφεση του 1982** και η σημαντική πτώση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα που παρατηρήθηκε, οδήγησε αρκετούς μελετητές στις Η.Π.Α. να διερευνήσουν το φαινόμενο. Είναι χαρακτηριστικό ότι στις περισσότερες μελέτες σαν οικονομικός παράγοντας χρησιμοποιήθηκε η **απασχόληση**. Η μεταβλητή αυτή αντικατοπτρίζει τόσο την οικονομική κατάσταση μιας χώρας σε μια συγκεκριμένη περίοδο, όσο και την ψυχολογική κατάσταση των οδηγών και άρα τη συμπεριφορά τους στην οδήγηση. Αποδείχθηκε ότι όταν τα ποσοστά ανεργίας αυξάνονται, μειώνεται ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων και μάλιστα επηρεάζονται και τα ατυχήματα του επόμενου μήνα.

Σε άλλες έρευνες χρησιμοποιήθηκε ως οικονομικός παράγοντας το **Α.Ε.Π.** με σημαντικό συμπέρασμα ότι όσο πιο αναπτυγμένη είναι μία χώρα, τόσο μικρότερος συγκριτικά είναι ο αριθμός των νεκρών. Ένα ακόμα ενδιαφέρον συμπέρασμα που προκύπτει από άλλη έρευνα είναι ότι η ετήσια αύξηση του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. οδηγεί σε αύξηση της ετήσιας μεταβολής του αριθμού

των νεκρών, ενώ η ετήσια μείωση του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. οδηγεί σε μείωση της ετήσιας μεταβολής του αριθμού των νεκρών.

Σε μεταγενέστερες έρευνες διερευνήθηκε **η επιρροή της οικονομικής ύφεσης** στα οδικά ατυχήματα. Προέκυψε ότι η μείωση του Α.Ε.Π. και η αύξηση της ανεργίας επιφέρει μείωση στον αριθμό των οδικών ατυχημάτων. Η οικονομική ύφεση δείχνει να συσχετίζεται με λιγότερη οδήγηση όσον αφορά νέους ηλικιακά οδηγούς, λιγότερη οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ και οδήγηση με χαμηλότερη ταχύτητα. Ο αριθμός των οχηματοχιλιόμετρων να μην παρουσιάζει ιδιαίτερη μεταβολή λόγω της οικονομικής ύφεσης.

Επιπλέον αναζητήθηκαν έρευνες που συσχέτιζαν **κυκλοφοριακά και κοινωνικοοικονομικά** στοιχεία με την οδική ασφάλεια για χώρες της Ευρώπης και για το Hong Kong. Σε ότι αφορά τα οδικά συστήματα της Ευρώπης προέκυψε ότι μπορούν να απορροφήσουν ετήσια αύξηση της κυκλοφορίας της τάξης του 6% κατά μέσο όρο, διατηρώντας παράλληλα σταθερό αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Επίσης ο αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα σχετίζεται θετικά με τις αυτοκτονίες και αρνητικά με το ακαθάριστο εθνικό εισόδημα. Από την έρευνα που έγινε στο Hong Kong προέκυψε ότι η αύξηση του πληθυσμού και η αύξηση της ιδιοκτησίας οχήματος οδηγεί σε αύξηση των οδικών ατυχημάτων ενώ η επέκταση των οδικών υποδομών επιφέρει μείωση των οδικών ατυχημάτων.

Όσον αφορά στα **μαθηματικά μοντέλα**, χρησιμοποιήθηκαν τόσο απλά μοντέλα παλινδρόμησης, γραμμικά και μη γραμμικά, όσο και στατιστικές μέθοδοι χρονοσειρών όπως η ARIMA.

Ως συνέπεια των παραπάνω προέκυψε η ανάγκη για τη διερεύνηση της επιρροής οικονομικών, κοινωνικών και συγκοινωνιακών δεικτών, όπως ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI), τα ποσοστά αυτοκτονιών και τα επιβατοχιλιόμετρα, στην οδική ασφάλεια στην περίοδο της κρίσης στην Ευρώπη. Επιλέχθηκε να γίνει χρήση μαθηματικού Γραμμικού Μικτού Μοντέλου. Θεωρήθηκε σκόπιμο να μελετηθούν και να αναπτυχθούν μοντέλα για τις χώρες της Ευρώπης τόσο στο σύνολο τους όσο και σε ομάδες χωρών.

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, γίνεται μια σύντομη περιγραφή βασικών εννοιών της στατιστικής. Στη συνέχεια παρατίθενται οι βασικότερες στατιστικές κατανομές που χρησιμοποιούνται στην οδική ασφάλεια, αλλά και σε πλήθος άλλων εφαρμογών. Έπειτα πραγματοποιείται μια λεπτομερής ανάλυση του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει την επιρροή του δείκτη ανθρωπίνης ανάπτυξης, των αυτοκτονιών και των επιβατοχιλιομέτρων, στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Στο τελευταίο υποκεφάλαιο παρουσιάζονται οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι και τα κριτήρια αποδοχής του μοντέλου.

3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

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

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

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

- **Ποιοτικές μεταβλητές** (qualitative variables). Εάν οι μεταβλητές των οποίων οι δυνατές τιμές είναι κατηγορίες διαφορετικές μεταξύ τους. Η χρήση αριθμών για την παράσταση των τιμών μιας τέτοιας μεταβλητής είναι καθαρά συμβολική και δεν έχει την έννοια της μέτρησης.
- **Ποσοτικές μεταβλητές** (quantitative variables). Είναι οι μεταβλητές με τιμές αριθμούς, που όμως έχουν τη σημασία της μέτρησης. Οι ποσοτικές μεταβλητές διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες τις διακριτές και τις συνεχείς. Σε μία διακριτή μεταβλητή η μικρότερη μη μηδενική διαφορά που μπορούν να έχουν δύο τιμές είναι σταθερή ποσότητα. Αντίθετα σε μία συνεχή μεταβλητή δύο τιμές μπορούν να διαφέρουν κατά οποιαδήποτε μικρή ποσότητα. Στην

πράξη, συνεχής θεωρείται μια μεταβλητή όταν μπορεί να πάρει όλες τις τιμές σε ένα διάστημα, διαφορετικά θεωρείται διακριτή.

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

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

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

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

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

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

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

Για την περίπτωση συμμετρικά κατανεμημένου δείγματος. Σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα προκύπτει ότι το διάστημα:

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

Συνδιακύμανση (covariance of two variables): Αποτελεί ένα μέτρο της σχέσης μεταξύ δύο περιοχών δεδομένων.

$$Cov(X, Y) = \left[\frac{1}{n-1} \right] \sum_{i=1}^n [(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]$$

Μέτρα αξιοπιστίας:

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

3.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ- ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ

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

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

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

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

$$r(X, Y) = \frac{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]}{\left[(\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2)^{1/2} (\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2)^{1/2} \right]}$$

3.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ

Όπως είναι γνωστό από τη θεωρία της στατιστικής για να μελετηθούν τα διάφορα στατιστικά μεγέθη πρέπει να είναι γνωστή η **μορφή της κατανομής** που ακολουθούν. Παρακάτω παρατίθενται οι σημαντικότερες στατιστικές κατανομές που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση οδικών ατυχημάτων.

3.4.1 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Από τις σημαντικές κατανομές πιθανότητας η οποία αφορά σε συνεχείς μεταβλητές είναι η κανονική κατανομή ή κατανομή του Gauss. Μια συνεχής τυχαία μεταβλητή X θεωρείται ότι ακολουθεί την κανονική κατανομή με παραμέτρους μ , σ ($-\infty < \mu < +\infty$, $\sigma > 0$), και γράφεται $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, όταν έχει συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας την:

$$F(x) = \left(\frac{1}{(2\pi\sigma)^{1/2}} \right) e^{[-(x-\mu)^2/2\sigma^2]}$$

όπου μ και σ είναι σταθερές ίσες με την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση αντίστοιχα.

3.4.2 ΚΑΤΑΝΟΜΗ POISSON

Είναι γνωστό ότι η πιο κατάλληλη κατανομή για την περιγραφή τελείως τυχαίων διακριτών γεγονότων είναι η κατανομή Poisson. Μια τυχαία μεταβλητή X (όπως π.χ. το πλήθος των ατυχημάτων ή των νεκρών στα οδικά ατυχήματα) θεωρείται ότι ακολουθεί κατανομή Poisson με παράμετρο λ ($\lambda > 0$), και γράφεται $X \sim P(\lambda)$, όταν έχει συνάρτηση μάζας πιθανότητας την:

$$F(x) = \frac{\mu^x * e^{-\mu}}{x!}$$

όπου $x=0, 1, 2, 3, \dots$ και $x! = x*(x-1)*\dots*2*1$

Η μέση τιμή και η διασπορά κατά Poisson είναι $E\{x\} = \mu$ και $\sigma^2\{x\} = \mu$ και είναι ίσες μεταξύ τους.

Η κατανομή Poisson αφορά στον αριθμό των “συμβάντων” σε ορισμένο χρονικό ή χωρικό διάστημα. Γενικά, ο αριθμός X των συμβάντων σε χρονικό (ή χωρικό) διάστημα t ακολουθεί την κατανομή Poisson αν (α) ο ρυθμός λ , έστω των συμβάντων είναι χρονικά σταθερός και (β) οι αριθμοί των συμβάντων σε ξένα διαστήματα αποτελούν ανεξάρτητα ενδεχόμενα (Κοκολάκης και Σπηλιώτης, 1999).

Η κατανομή Poisson είναι η κατάλληλη για την ανάπτυξη μοντέλων που αφορούν φαινόμενα που εμφανίζονται σπάνια και των οποίων οι εμφανίσεις είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, δηλαδή η εμφάνιση του φαινομένου μια φορά δεν επηρεάζει την επόμενη.

Ο αριθμός των παθόντων είναι μια μεταβλητή, η οποία παρουσιάζει όμοιες ιδιότητες με την μεταβλητή του αριθμού των ατυχημάτων και γενικά υποστηρίζεται ότι τα οδικά ατυχήματα ακολουθούν συνήθως κατανομή Poisson (Chapman 1971, Zahavi 1962) ή κανονική κατανομή (Hojati 2011).

3.4.3 ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΔΙΩΝΥΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Μία άλλη πολύ σημαντική κατανομή που χρησιμοποιείται στην οδική ασφάλεια είναι η αρνητική διωνυμική κατανομή. Η χρήση της κατανομής αυτής ενδείκνυται για περιπτώσεις όπου η διακύμανση των στοιχείων του δείγματος

είναι μεγαλύτερη από τον μέσο όρο. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί σε φαινόμενα που παρουσιάζουν περιοδικές μεταβολές (όπως για παράδειγμα αριθμός αφίξεων οχημάτων που αφορούν σε μικρά χρονικά διαστήματα (π.χ. 10 sec) σε κάποιο σημείο μετά από φωτεινό σηματοδότη).

Μια τυχαία μεταβλητή X θεωρείται ότι ακολουθεί την αρνητική διωνυμική κατανομή με παραμέτρους k, p (k : θετικός ακέραιος, $0 < p < 1$), και γράφεται $X \sim NB(k, p)$, όταν έχει συνάρτηση μάζας πιθανότητας:

$$P(X) = \binom{X + K - 1}{X} p^K (1 - p)^X$$

όπου $X=0, 1, 2, \dots$

Μια συνήθης πρακτική στον **έλεγχο στατιστικών υποθέσεων**, είναι ο **υπολογισμός της τιμής της πιθανότητας p** (probability value ή p -value). Η πιθανότητα p είναι το μικρότερο επίπεδο σημαντικότητας α που οδηγεί στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της εναλλακτικής H_1 . Είναι μια σημαντική τιμή, διότι ποσοτικοποιεί τη στατιστική απόδειξη που υποστηρίζει την εναλλακτική υπόθεση. Γενικά, όσο πιο μικρή είναι η τιμή της πιθανότητας p , τόσο περισσότερες είναι οι αποδείξεις για την απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της εναλλακτικής H_1 . Εάν η τιμή p είναι μικρότερη ή ίση του επιπέδου σημαντικότητας α , τότε η μηδενική υπόθεση H_0 απορρίπτεται.

3.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

3.5.1 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

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

Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μια στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ

των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Επισημαίνεται η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές ή διακριτό μέγεθος.

Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές μέγεθος και ακολουθεί την κανονική κατανομή, μία από τις πλέον διαδεδομένες στατιστικές τεχνικές είναι η γραμμική παλινδρόμηση. Η απλούστερη μορφή γραμμικής παλινδρόμησης είναι η **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (simple linear regression).

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

$$y_i = \alpha + \beta * x_i + \varepsilon_i$$

Το πρόβλημα της γραμμικής παλινδρόμησης είναι η εύρεση των παραμέτρων α και β που εκφράζουν καλύτερα τη γραμμική εξάρτηση της Y από τη X . Κάθε ζεύγος τιμών (α , β) καθορίζει μια διαφορετική γραμμική σχέση που εκφράζεται γεωμετρικά από ευθεία γραμμή και οι δύο παράμετροι ορίζονται ως εξής:

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

Ο όρος ε_i ονομάζεται **σφάλμα παλινδρόμησης** (regression error). Στην πράξη ο γραμμικός προσδιορισμός που επιτυγχάνεται μέσω της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης μπορεί μόνο να προσεγγίσει την πραγματική μαθηματική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών X και Y . Έτσι, είναι απαραίτητο να συμπεριληφθεί στο μοντέλο ο όρος του σφάλματος ε_i . Αυτό γίνεται τόσο για να αντιπροσωπευθούν στο μοντέλο τυχόν παραληφθείσες μεταβλητές, όσο και για να ληφθεί υπόψη κάθε σφάλμα προσέγγισης που σχετίζεται με τη γραμμική συναρτησιακή μορφή (Σταθόπουλος και Καρλαύτης, 2008). Το ε_i μπορεί συχνά να αναφέρεται και ως σφάλμα, απόκλιση, υπόλοιπο κλπ.

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

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 * x_{1i} + \beta_2 * x_{2i} + \beta_3 * x_{3i} + \dots + \beta_k * x_{ki} + \varepsilon_i$$

Γενικά το πρόβλημα και η εκτίμηση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης δεν διαφέρει ουσιαστικά από εκείνο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Ένα καινούριο στοιχείο στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι ότι πριν προχωρήσει κανείς στην εκτίμηση των παραμέτρων πρέπει να ελέγξει εάν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο. Εκείνο που απαιτείται να εξασφαλιστεί είναι η μηδενική συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών ($\rho(x_i, x_j) \rightarrow 0$, για κάθε $i \neq j$).

Στη γραμμική παλινδρόμηση οι παράμετροι εκτιμώνται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, δηλαδή οι συντελεστές υπολογίζονται έτσι ώστε το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών των παρατηρούμενων και των υπολογιζόμενων να είναι το ελάχιστο.

Προκειμένου το μοντέλο να μπορεί να προσεγγίσει την επιρροή των ανεξαρτήτων μεταβλητών στην εξαρτημένη με όσο το δυνατόν πιο ορθό και αξιόπιστο τρόπο, θα πρέπει να πληρούνται (και φυσικά να γίνεται έλεγχος κάθε φορά) οι παρακάτω τέσσερις προϋποθέσεις:

1. Η υπόθεση της **γραμμικότητας**, που δηλώνει ότι η σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών X και Y είναι κατά προσέγγιση γραμμική.
2. Η υπόθεση της **ανεξαρτησίας**, που δηλώνει ότι τα υπόλοιπα (σφάλματα, αποκλίσεις) για διαφορετικές παρατηρήσεις πρέπει να είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.
3. Η υπόθεση της **κανονικότητας**, που δηλώνει ότι η απόκλιση πρέπει να είναι (προσεγγιστικά) κανονικά κατανεμημένη.
4. Η υπόθεση της **ίσης διακύμανσης**, που δηλώνει ότι η διακύμανση των σφαλμάτων πρέπει να παραμένει στο ίδιο εύρος για όλες τις παρατηρήσεις.

3.5.2 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

Μέσω της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης** (lognormal regression) δίνεται η δυνατότητα ανάπτυξης ενός μοντέλου που συσχετίζει δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Η σχέση που συνδέει την εξαρτημένη με τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι γραμμική. Στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση οι συντελεστές των μεταβλητών του μοντέλου είναι οι συντελεστές της γραμμικής παλινδρόμησης. Υπολογίζονται από την ανάλυση της παλινδρόμησης με βάση την αρχή των ελαχίστων τετραγώνων.

Η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση βασίζεται στην υπόθεση ότι τα στοιχεία που περιέχονται στη βάση δεδομένων είναι μη αρνητικά, ο φυσικός λογάριθμος της ανεξάρτητης μεταβλητής ακολουθεί την κανονική κατανομή και ο αριθμητικός μέσος είναι σχετικά μεγάλος. Η μαθηματική σχέση που περιγράφει τη μέθοδο αυτή είναι η εξής:

$$\log y_i = \beta_0 + \beta_{1i} * x_{1i} + \beta_{2i} * x_{2i} + \dots + \beta_{ki} * x_{ki} + \varepsilon_i$$

όπου y είναι η εξαρτημένη μεταβλητή, $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ οι συντελεστές μερικής παλινδρόμησης, $x_{1i}, \dots, x_{ki}$ οι εξαρτημένες μεταβλητές και ε_i το σφάλμα παλινδρόμησης.

3.5.3 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 μετρίεται η εξαρτημένη μεταβλητή.

Από μαθηματική σκοπιά δεν υπάρχει διάκριση μεταξύ των δύο τύπων μεταβλητών. Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να γραφτεί σε μορφή πίνακα ως 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 $\beta = [x_1, x_2, \dots, x_j]$ είναι πίνακας παραμέτρων, όπου x_j είναι ένα διάνυσμα στήλη με παραμέτρους για τους παράγοντες j .

Επιπλέον, ε 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 μια 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)**.

3.6 ΑΥΤΟΣΥΣΧΕΤΙΣΗ

Μία από τις υποθέσεις των παραπάνω μαθηματικών μοντέλων είναι η **υπόθεση της ανεξαρτησίας των υπολοίπων**. Με άλλα λόγια, τα υπόλοιπα (σφάλματα) για διαφορετικές παρατηρήσεις πρέπει να είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Η υπόθεση αυτή ουσιαστικά σημαίνει ότι οι διαφορές τιμές του σφάλματος ε δεν συσχετίζονται. Δηλαδή το σφάλμα της περιόδου t δε συσχετίζεται με το σφάλμα μιας οποιασδήποτε άλλης περιόδου s . Εάν αυτή η υπόθεση δεν ικανοποιείται, τότε έχουμε το φαινόμενο **της αυτοσυσχέτισης (autocorrelation) ή αυτοπαλινδρόμησης (autoregression)**. Η αυτοσυσχέτιση είναι συνηθισμένο φαινόμενο όταν χρησιμοποιούνται στοιχεία χρονοσειρών.

Το σφάλμα ε της εξίσωσης, ουσιαστικά παριστάνει την επίδραση όλων των παραγόντων που δεν μπορούν να περιληφθούν στην εξεταζόμενη σχέση. Συχνά όμως, η επίδραση πολλών από αυτούς τους παράγοντες μπορεί να μην εξαντλείται στην τρέχουσα περίοδο, αλλά να διαχέεται και σε μελλοντικές περιόδους. Στην περίπτωση αυτή, οι διαδοχικές τιμές του σφάλματος θα συσχετίζονται. Η αυτοσυσχέτιση μπορεί επίσης να οφείλεται στην παράλειψη ερμηνευτικών (ανεξάρτητων μεταβλητών), στην εσφαλμένη εξειδίκευση της μαθηματικής μορφής του υποδείγματος καθώς και σε πολλούς άλλους λόγους (Χρήστου, 2002).

Η σχέση εξάρτησης, εάν υπάρχει, ανάμεσα στις διαδοχικές τιμές του σφάλματος μπορεί να πάρει διάφορες μορφές. Εάν η τιμή του σφάλματος στην περίοδο t εξαρτάται από την τιμή του στην περίοδο $t - 1$, δηλαδή:

$$\varepsilon_t = \rho\varepsilon_{t-1} + u_t$$

όπου u_t μια τυχαία ερμηνευτική μεταβλητή και ρ μια παράμετρος, τότε έχουμε **αυτοσυσχέτιση πρώτης τάξεως** ή πρώτου βαθμού (first-order correlation) ή αυτοπαλινδρομο σχήμα πρώτου βαθμού (first-order autoregressive scheme),

που συμβολίζεται ως **AR(1)**. Ο συντελεστής ρ ονομάζεται συντελεστής αυτοσυσχέτισης πρώτης τάξεως.

Εάν η τιμή του σφάλματος στην περίοδο t εξαρτάται όχι μόνο από την τιμή του στην περίοδο $t - 1$ αλλά και από την τιμή του στην περίοδο $t - 2$, δηλαδή:

$$\varepsilon_t = \rho_1 \varepsilon_{t-1} + \rho_2 \varepsilon_{t-2} + u_t$$

τότε έχουμε αυτοσυσχέτιση δεύτερης τάξης ή AR(2) κ.ο.κ.

Οι εκτιμητές (συντελεστές) που προκύπτουν από τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων όταν το υπόδειγμα χαρακτηρίζεται από αυτοσυσχέτιση εξακολουθούν να είναι γραμμικοί, αμερόληπτοι και συνεπείς. Το πρόβλημα που δημιουργείται αναφέρεται κυρίως στις εκτιμήσεις των διακυμάνσεων τους και την αποτελεσματικότητά τους. Οι διακυμάνσεις είναι μεροληπτικές και οι εκτιμητές δεν είναι αποτελεσματικοί. **Συνεπώς δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές που έχουν υπολογισθεί από τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.**

3.7 ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΙΚΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Το **Γραμμικό Μικτό Μοντέλο** (Linear Mixed Model) επεκτείνει το γενικό γραμμικό μοντέλο, έτσι ώστε να επιτρέπεται οι όροι σφάλματος (error terms) και οι τυχαίες επιδράσεις (random effects) να εμφανίζουν συσχέτιση και μη σταθερή μεταβλητότητα. Παρέχει, επομένως, τη δυνατότητα να διαμορφώσει όχι μόνο τη μέση τιμή της μεταβλητής απόκρισης, αλλά και τη δομή συνδιακύμανσής του.

Επίσης στο γραμμικό μικτό μοντέλο οι **παράγοντες (factors)** και οι **συμμεταβλητές (covariates)** θεωρείται ότι **έχουν γραμμική σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή.**

Οι **κατηγορικές μεταβλητές (categorical predictors)** μπορούν να επιλεγθούν ως **παράγοντες** στο μοντέλο. Πρόκειται για μια ανεξάρτητη μεταβλητή που ορίζει μια ομάδα περιπτώσεων. Κάθε τιμή του παράγοντα μπορεί να έχει μια διαφορετική γραμμική επίδραση στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής.

Οι παράγοντες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- **Παράγοντες σταθερών επιδράσεων (Fixed-effects factors).** Γενικά θεωρούνται οι μεταβλητές των οποίων οι τιμές που ενδιαφέρουν παρουσιάζονται όλες στον πίνακα δεδομένων.
- **Παράγοντες τυχαίων επιδράσεων (Random-effects factors).** Πρόκειται για τις μεταβλητές των οποίων οι τιμές στον πίνακα

δεδομένων μπορούν να θεωρηθούν ως ένα τυχαίο δείγμα ενός μεγαλύτερου πληθυσμού τιμών.

Η διάκριση των μεταβλητών συχνά καθορίζεται από τον τρόπο εργασίας του πειράματος, δηλαδή από το αν ενδιαφέρει τον μελετητή η διαφορά μεταξύ συγκεκριμένων τιμών του παράγοντα ή γενικά το πόσο μεγάλες μπορούν να είναι οι διαφορές αυτών των τιμών. Ορισμένα χρήσιμα ερωτήματα για την διάκριση των μεταβλητών είναι τα ακόλουθα:

- *Ο αριθμός των τιμών είναι μικρός ή μεγάλος, σχεδόν άπειρος;*
 - ν μικρός → σταθερής επίδρασης
 - ν μεγάλος →πιθανόν τυχαίας επίδρασης
- *Είναι οι τιμές επαναλαμβανόμενες;*
 - ν ναι → σταθερής επίδρασης
 - ν όχι →πιθανόν τυχαίας επίδρασης
- *Πρέπει να βγουν συμπεράσματα για τις τιμές που δεν συμπεριλαμβάνονται στο δείγμα;*
 - ν ναι → σταθερής επίδρασης
 - ν όχι →πιθανόν τυχαίας επίδρασης
- *Οι τιμές του παράγοντα καθορίζονται με ένα μη τυχαίο τρόπο;*
 - ν ναι → σταθερής επίδρασης
 - ν όχι →πιθανόν τυχαίας επίδρασης

Συμμεταβλητές ορίζονται οι συνεχείς μεταβλητές (scale predictors), όπως για παράδειγμα το εισόδημα μετρούμενο σε χιλιάδες δολάρια ή η ηλικία σε χρόνια. Σε συνδυασμούς με τις τιμές των παραγόντων, οι τιμές των συμμεταβλητών θεωρείται ότι είναι γραμμικά συσχετισμένες με τις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής.

Επιπλέον, το γραμμικό μικτό μοντέλο επιτρέπει **τον προσδιορισμό των αλληλεπιδράσεων των παραγόντων**, γεγονός που σημαίνει ότι κάθε συνδυασμός των τιμών των παραγόντων έχει διαφορετική γραμμική επίδραση στην εξαρτημένη μεταβλητή. Είναι επίσης δυνατός **ο προσδιορισμός των αλληλεπιδράσεων των παραγόντων και των συμμεταβλητών**, εάν

υπάρχει η πεποίθηση ότι η γραμμική σχέση μεταξύ της συµµεταβλητής και της εξαρτηµένης µεταβλητής αλλάζει ανάλογα µε τις τιµές του παράγοντα.

Τέλος, µε τη διαδικασία του γραµµικού µικτού µοντέλου, όταν περιλαµβάνονται **µεταβλητές επαναλαµβανόµενων επιδράσεων** (repeated effects variables), επιτρέπεται **ο προσδιορισµός της δοµής της συνδιακύµανσης των σφαλµάτων**. Για να συµβεί αυτό θα πρέπει να προσδιοριστούν τα ακόλουθα:

- Μεταβλητές επαναλαµβανόµενων επιδράσεων ορίζονται οι µεταβλητές των οποίων οι τιµές στον πίνακα δεδοµένων µπορούν να θεωρηθούν ως δείκτες πολλαπλών παρατηρήσεων ενός µόνο υποκειµένου (subject).
- **Οι µεταβλητές-υποκείµενα** ορίζουν τα µεμονωµένα υποκείµενα των επαναλαµβανόµενων µετρήσεων. Οι όροι σφάλματος κάθε µεμονωµένου υποκειµένου είναι ανεξάρτητοι από αυτούς των άλλων µεμονωµένων υποκειµένων.
- **Η δοµή της συνδιακύµανσης (covariance structure)** προσδιορίζει τη σχέση µεταξύ των τιµών µιας µεταβλητής επαναλαµβανόµενων επιδράσεων.

Η µαθηµατική σχέση που περιγράφει τη µέθοδο σε µορφή πίνακα είναι:

$$y = Xb + Zu + e$$

όπου:

y είναι ένα $n \times 1$ διάνυσµα n παρατηρούµενων αρχείων

b είναι ένα $p \times 1$ διάνυσµα p τιµών των µεταβλητών σταθερών επιδράσεων

u είναι ένα $q \times 1$ διάνυσµα q τιµών των µεταβλητών τυχαίων επιδράσεων

e είναι ένα $n \times 1$ διάνυσµα των τυχαίων υπολοίπων

X είναι ένας πίνακας συντελεστών (design matrix) της τάξης $n \times p$, ο οποίος συσχετίζει τα αρχεία του y µε τις µεταβλητές του b

Z είναι ένας πίνακας συντελεστών (design matrix) της τάξης $n \times q$, ο οποίος συσχετίζει τα αρχεία του y µε τις µεταβλητές του u .

Από την παραπάνω εξίσωση προκύπτει γιατί το µοντέλο καλείται µικτό, δεδοµένου ότι περιλαµβάνει τόσο τις σταθερές όσο και τις τυχαίες επιδράσεις. Μιας και δεν προσδιορίζονται άµεσα, οι αλληλεπιδράσεις µεταξύ των σταθερών επιδράσεων θεωρούνται σταθερές, οι αλληλεπιδράσεις µεταξύ

τυχαίων επιδράσεων θεωρούνται τυχαίες και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των σταθερών και τυχαίων επιδράσεων θεωρούνται τυχαίες.

Το μικτό μοντέλο μπορεί να μειωθεί και να γίνει ένα μοντέλο σταθερών επιδράσεων (fixed effects model) μη συμπεριλαμβάνοντας τον όρο Z_i ή ένα μοντέλο τυχαίων επιδράσεων (random effects model) στο οποίο δεν τοποθετούνται οι σταθερές επιδράσεις εκτός από το γενικό μέσο όρο, δηλαδή $X_b = 1$.

3.8 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

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

Όσον αφορά τους **συντελεστές της εξίσωσης**, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα λογικής ερμηνείας των προσήμων τους. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντίθετα, αρνητικό πρόσημο συνεπάγεται μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Η τιμή του συντελεστή θα πρέπει και αυτή να ερμηνεύεται λογικά δεδομένου ότι, αύξηση της μεταβλητής (x_i) κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β_i μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά τότε αναφερόμαστε στην ελαστικότητα (elasticity).

Η **ελαστικότητα** αντικατοπτρίζει την ευαισθησία μιας εξαρτημένης μεταβλητής Y στη μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί 1% μεταβολή της ανεξάρτητης.

Η ελαστικότητα για γραμμικά μοντέλα δίνεται από την παρακάτω σχέση:

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

Για τη **στατιστική εμπιστοσύνη του μοντέλου** χρησιμοποιείται η **μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας**. Για να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια πρέπει ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας $L = -2 \text{ Restricted Log Likelihood}$ να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος και γενικά προτιμώνται τα μοντέλα με τον μικρότερο λογάριθμο συνάρτησης πιθανοφάνειας L . Μοντέλα που περιέχουν πολλές μεταβλητές είναι περισσότερο σύνθετα και απαιτείται ένας κανόνας που να αποφασίζει αν η μείωση του L αξίζει την αυξημένη

πολυπλοκότητα. Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιείται το κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας (Likelihood Ratio Test – LRT).

Σύμφωνα με το κριτήριο του λόγου πιθανοφάνειας αν η διαφορά:

$$LRT = -2 * (L(b) - L(0))$$

όπου $L(b) = L$ (μοντέλου με p μεταβλητές) και $L(0) = L$ (μοντέλου χωρίς τις p μεταβλητές), είναι μεγαλύτερη από την τιμή του κριτηρίου χ^2 για p βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, τότε το μοντέλο είναι στατιστικά προτιμότερο από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές και γίνεται αποδεκτό.

Οι **έλεγχοι των σταθερών επιδράσεων** (tests of fixed effects) γίνονται με τα **F-tests** για κάθε μία από τις σταθερές επιδράσεις που ορίζονται στο μοντέλο. Πρόκειται για έναν έλεγχο τύπου ANOVA. Προκειμένου να γίνει αποδεκτό ότι οι μεταβλητές συμβάλλουν σημαντικά στο μοντέλο θα πρέπει η τιμή σημαντικότητας (significance value) να είναι **$sig \leq 0,05$** . Αυτό σημαίνει ότι η μεταβλητή είναι στατιστικά σημαντική για το 95% τουλάχιστον των περιπτώσεων.

Ο **έλεγχος των συντελεστών των μεταβλητών των σταθερών επιδράσεων** γίνεται με το t-test. Ο συντελεστής t εκφράζεται με τη σχέση:

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

όπου $s.e$: τυπικό σφάλμα (standard error)

Βάσει της ανωτέρω σχέσης, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα τόσο αυξάνεται ο συντελεστής t_{stat} και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t , τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Προκειμένου ο συντελεστής και άρα η μεταβλητή να γίνει αποδεκτή, θα πρέπει και εδώ να ισχύει **$sig \leq 0,05$** .

Πρέπει να σημειωθεί ότι από τη στιγμή που υπάρχει σταθερός όρος, η **τελευταία τιμή των κατηγορικών μεταβλητών** θεωρείται περιττή και **χρησιμοποιείται ως επίπεδο αναφοράς** για τη σύγκριση αυτής με τις άλλες τιμές των κατηγορικών μεταβλητών. Με το t-test λοιπόν καθορίζεται αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Το ίδιο συμβαίνει και με τις αλληλεπιδράσεις των κατηγορικών μεταβλητών με τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές.

Τέλος, στον **πίνακα των παραμέτρων συνδιακύμανσης** (covariance parameters) εμφανίζονται οι παράμετροι που προσδιορίζουν τη διακύμανση της τυχαίας επίδρασης και τη διακύμανση των υπολοίπων (residuals). Στην

περίπτωση, που η δομή συνδιακύμανσης για την επαναλαμβανόμενη μεταβλητή έχει οριστεί ως AR(1) θα πρέπει να προσδιοριστούν η διακύμανση σ^2 (ARI diagonal) της κάθε τιμής της μεταβλητής και η συσχέτιση ρ^2 (ARI rho) μεταξύ δύο συνεχόμενων τιμών της.

Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι οι εκτιμήσεις των παραμέτρων των fixed effects είναι εκτιμήσεις των μέσων παραμέτρων, ενώ οι εκτιμήσεις των παραμέτρων συνδιακύμανσης είναι εκτιμήσεις της διασποράς τους. Για παράδειγμα, αν ο σταθερός όρος οριστεί ως random effect η τιμή που θα προκύψει από τον πίνακα των fixed effects, θα δηλώνει το μέσο σταθερό όρο, ενώ η τιμή που θα προκύψει από τον πίνακα των παραμέτρων συνδιακύμανσης θα δηλώνει την διασπορά σ^2 . Αυτό σημαίνει ότι κάθε μεμονωμένη τιμή της μεταβλητής έχει το δικό της σταθερό όρο που κινείται χαμηλότερα και υψηλότερα από τον μέσο σταθερό όρο και την τυπική απόκλιση σ ακολουθώντας την κανονική κατανομή.

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία οι ανεξάρτητες μεταβλητές, καθώς και ο σταθερός όρος έχουν οριστεί ως σταθερές επιδράσεις και επομένως στον πίνακα αυτόν ελέγχεται **η διακύμανση των υπολοίπων με το κριτήριο Wald Z**. Η εκτίμηση της διακύμανσης των υπολοίπων, με τυπική απόκλιση σ αντιπροσωπεύει τη μεταβλητότητα των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής γύρω από τις επιμέρους γραμμές παλινδρόμησης για κάθε κατηγορία

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία έχει ως σκοπό να διερευνηθούν οι οικονομικοί, κοινωνικοί και συγκοινωνιακοί δείκτες επιρροής της οδικής ασφάλειας στην περίοδο της κρίσης στην Ευρώπη. Πιο συγκεκριμένα αφορά στην ανάπτυξη μοντέλων που θα προσδιορίζουν τη συσχέτιση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα με τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης, τις αυτοκτονίες και τα διανυόμενα επιβατοχιλιόμετρα. Έπειτα από την βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών που ήταν συναφείς με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας, αλλά και την ανάλυση του θεωρητικού υπόβαθρου, ακολούθησε η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων και η κατάλληλη επεξεργασία τους.

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η **διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων** της Διπλωματικής Εργασίας, ώστε να δοθεί μια πλήρης εικόνα για την ποιότητα και την αξιοπιστία τους. Γίνεται επίσης αναφορά στα προβλήματα τα οποία προέκυψαν κατά τη συλλογή τους και τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίστηκαν. Στο υποκεφάλαιο της επεξεργασίας των στοιχείων παρουσιάζεται η μέθοδος κωδικοποίησης και εισαγωγής τους στον υπολογιστή, όπως επίσης και η αρχική επεξεργασία που υπέστησαν στο Excel.

4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας απαιτήθηκε η συλλογή στοιχείων που αφορούσαν στις χώρες της Ευρώπης και πιο συγκεκριμένα τα 28 κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στη Νορβηγία και στην Ελβετία. Σε αυτά τα στοιχεία περιλαμβάνονταν ο πληθυσμός, ο αριθμός των νεκρών σε οδικά ατυχήματα, ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης, ο αριθμός των αυτοκτονιών και τα επιβατοχιλιόμετρα. Η συλλογή έγινε από διάφορες **βάσεις διεθνών οργανισμών** στις οποίες γίνεται λεπτομερής αναφορά στη συνέχεια.

4.2.1 ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η βάση που χρησιμοποιήθηκε για τη συμπλήρωση του αριθμού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα ήταν η βάση δεδομένων του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (**Ο.Ο.Σ.Α/ OECD**). Ο Ο.Ο.Σ.Α είναι διεθνής οργανισμός εκείνων των αναπτυγμένων χωρών που υποστηρίζουν τις αρχές της αντιπροσωπευτικής δημοκρατίας και της οικονομίας της ελεύθερης αγοράς. Υπάρχουν αυτήν την στιγμή 35 πλήρη μέλη και η έδρα του είναι στο Παρίσι. Η βάση δεδομένων του περιλαμβάνει στοιχεία σχετικά με οικονομικούς και δημογραφικούς δείκτες των χωρών, περιβαλλοντικούς

ρύπους, την υγεία, την εκπαίδευση, την ενέργεια, τα μεταφορικά συστήματα, καθώς και στοιχεία για τα οδικά ατυχήματα.

Μια άλλη βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε είναι αυτή 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.

Για τη συμπλήρωση του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) αξιοποιήθηκε η βάση δεδομένων του **Προγράμματος Ανάπτυξης Ηνωμένων Εθνών (UNDP)**. Το UNDP υποστηρίζει την αλλαγή και συνδέει τις χώρες με τη γνώση, την εμπειρία και τους πόρους που θα βοηθήσουν τους ανθρώπους να χτίσουν μια καλύτερη ζωή. Παρέχει συμβουλές εμπειρογνομόνων, κατάρτιση και επιχορηγήσεις προς τις αναπτυσσόμενες χώρες, με έμφαση στη βοήθεια προς τις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες. Το UNDP επικεντρώνεται στη μείωση της φτώχειας, στο HIV/ AIDS, στη δημοκρατική διακυβέρνηση, την ενέργεια και το περιβάλλον, την κοινωνική ανάπτυξη, την πρόληψη των κρίσεων και την ανάκαμψη. Ο UNDP ενθαρρύνει επίσης την προστασία των ανθρωπίνων δικαιωμάτων και τη χειραφέτηση των γυναικών σε όλα τα προγράμματα του.

Όσον αφορά στις αυτοκτονίες χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων του **Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ/ WHO)**. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας είναι αυτόνομος διεθνής διακρατικός οργανισμός που αποτελεί εξειδικευμένη υπηρεσία του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) και ασχολείται με τη διεθνή δημόσια υγεία. Οι τρέχουσες προτεραιότητές του περιλαμβάνουν την αντιμετώπιση των μεταδοτικών ασθενειών κυρίως του AIDS (HIV), του ιού της Έμπολα, της ελονοσίας και της φυματίωσης, τον περιορισμό των επιπτώσεων των μη μεταδοτικών ασθενειών, η σεξουαλική υγεία και η αναπαραγωγή, η ανάπτυξη και η γήρανση, η υγιεινή διατροφή και η ασφάλεια των τροφίμων.

Σε ορισμένα έτη για τα οποία δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία συμπληρώθηκαν τα δεδομένα από την **EUROSTAT**. Η EUROSTAT είναι η στατιστική υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στις βάσεις της είναι δυνατή η εύρεση στοιχείων σχετικά με διάφορους τομείς δραστηριοτήτων, όπως επιστημονικούς, οικονομικούς, κοινωνικούς, αναπτυξιακούς και μεταφορών.

Τέλος, σχετικά με την αναζήτηση των επιβατοχιλιομέτρων για κάθε χώρα αξιοποιήθηκε η βάση δεδομένων της διεθνούς 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. Αυτές οι ομάδες εργασίας είναι μια διεθνής πλατφόρμα που χρησιμεύει για να συγκεντρώσει εμπειρογνώμονες του τομέα οδικών μεταφορών σε ένα συγκεκριμένο θέμα. Οι ομάδες λειτουργούν για τη διάδοση γνώσεων και βέλτιστων πρακτικών.

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

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

Κατά τη συλλογή των δεδομένων το μοναδικό πρόβλημα που παρουσιάστηκε ήταν σε κάποιες περιπτώσεις η **μη διαθεσιμότητα** όλων των απαιτούμενων στοιχείων. Πιο συγκεκριμένα, τα στοιχεία για τα επιβατοχιλιόμετρα για την χώρα της Κύπρου και της Ιρλανδίας δεν ήταν διαθέσιμα. Για το λόγο αυτό, οι δύο αυτές χώρες δεν συμπεριλήφθηκαν στα μοντέλα, χωρίς να επηρεάσει την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων στα οποία κατέληξε η Διπλωματική Εργασία.

4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για την επεξεργασία των στοιχείων απαιτήθηκε σε πρώτη φάση η δημιουργία μιας ενιαίας βάσης δεδομένων με τη χρήση του προγράμματος Excel. Η βάση αυτή περιείχε για κάθε κράτος και έτος τα αντίστοιχα δεδομένα, δηλαδή τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, τον πληθυσμό, τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης, τις αυτοκτονίες, τα επιβατοχιλιόμετρα καθώς επίσης και άλλους δείκτες. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ενδεικτικά η μορφή με την οποία εισήχθησαν τα διάφορα στοιχεία στη βάση δεδομένων.

Country	Year	HDI	Suicides(who)	Population	Suicides(rate per100.000pop)	Road Fatalities(30days)	LN(F/P*10^5)	BioP-km	sqrtBioP-km
Belgium	2006	0,871	1935	10.547.958	18,34	1.069	2,32	126,48	11,25
Belgium	2007	0,874	1857	10.625.700	17,48	1.067	2,31	129,27	11,37
Belgium	2008	0,876	2001	10.709.973	18,68	944	2,18	131,89	11,48
Belgium	2009	0,878	2013	10.796.493	18,64	943	2,17	132,19	11,50
Belgium	2010	0,884	2013	10.895.586	18,48	841	2,04	132,77	11,52
Belgium	2011	0,886	2088	11.047.744	18,90	852	2,05	140,65	11,86
Belgium	2012	0,889	2026	11.128.246	18,21	770	1,93	141,45	11,89
Belgium	2013	0,890	1895	11.182.817	16,95	724	1,87	134,88	11,61
Belgium	2014	0,895		11.209.057	17,14	727	1,87	137,92	11,74
Belgium	2015	0,896		11.274.196	16,65	732	1,87	136,45	11,68
Bulgaria	2006	0,755	977	7.601.022	12,85	1.043	2,62	12,94	3,60
Bulgaria	2007	0,761	902	7.545.338	11,95	1.006	2,59	13,57	3,68
Bulgaria	2008	0,768	939	7.492.561	12,53	1.061	2,65	13,89	3,73
Bulgaria	2009	0,770	868	7.444.443	11,66	901	2,49	10,45	3,23
Bulgaria	2010	0,775	859	7.395.599	11,62	776	2,35	10,61	3,26
Bulgaria	2011	0,778	763	7.348.328	10,38	657	2,19	10,84	3,29
Bulgaria	2012	0,781	872	7.305.888	11,94	601	2,11	10,48	3,24
Bulgaria	2013	0,787	721	7.265.115	9,92	601	2,11	10,32	3,21
Bulgaria	2014	0,792		7.223.938	10,02	660	2,21	11,45	3,38
Bulgaria	2015	0,794		7.177.991	9,54	708	2,29	12,26	3,50
Czech Republic	2006	0,851	1400	10.238.905	13,67	1.063	2,34	85,65	9,25
Czech Republic	2007	0,856	1379	10.298.828	13,39	1.222	2,47	87,66	9,36
Czech Republic	2008	0,858	1379	10.384.603	13,28	1.076	2,34	88,47	9,41
Czech Republic	2009	0,859	1464	10.443.936	14,02	901	2,15	88,35	9,40
Czech Republic	2010	0,861	1502	10.474.410	14,34	802	2,04	79,94	8,94
Czech Republic	2011	0,864	1590	10.496.088	15,15	773	2,00	80,30	8,96
Czech Republic	2012	0,865	1658	10.510.785	15,77	742	1,95	89,09	9,44
Czech Republic	2013	0,871	1577	10.514.272	15,00	654	1,83	89,95	9,48
Czech Republic	2014	0,875	1489	10.525.347	14,15	688	1,88	92,54	9,62
Czech Republic	2015	0,878	1387	10.546.059	13,15	738	1,95	95,80	9,79

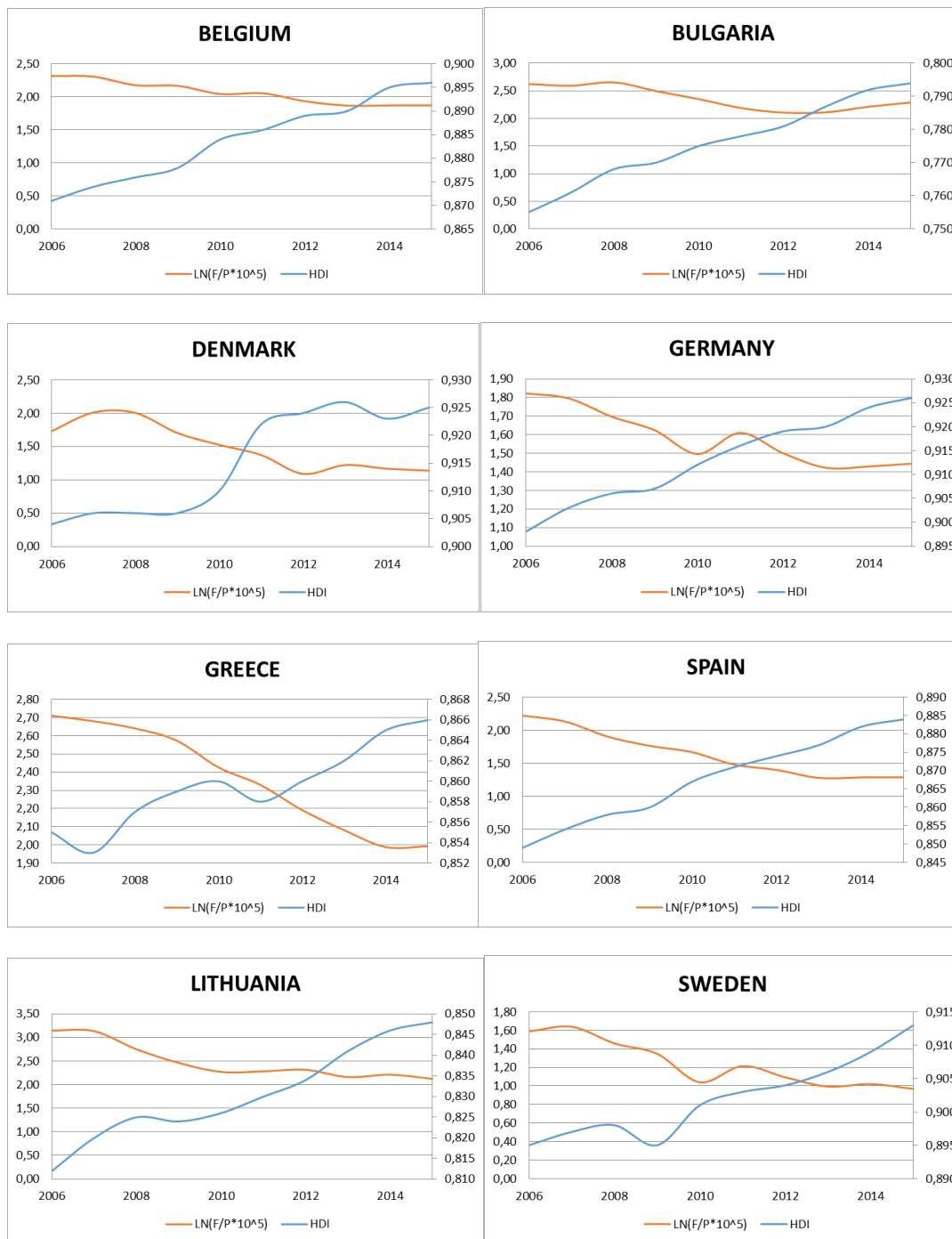
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 Βάση δεδομένων

Στον παραπάνω πίνακα απεικονίζεται ο τρόπος με τον οποίο δημιουργήθηκε η βάση δεδομένων. Στην πρώτη στήλη τοποθετήθηκαν τα κράτη και στη δεύτερη τα έτη στα οποία αντιστοιχούν τα διάφορα στοιχεία που ακολουθούν στις επόμενες στήλες.

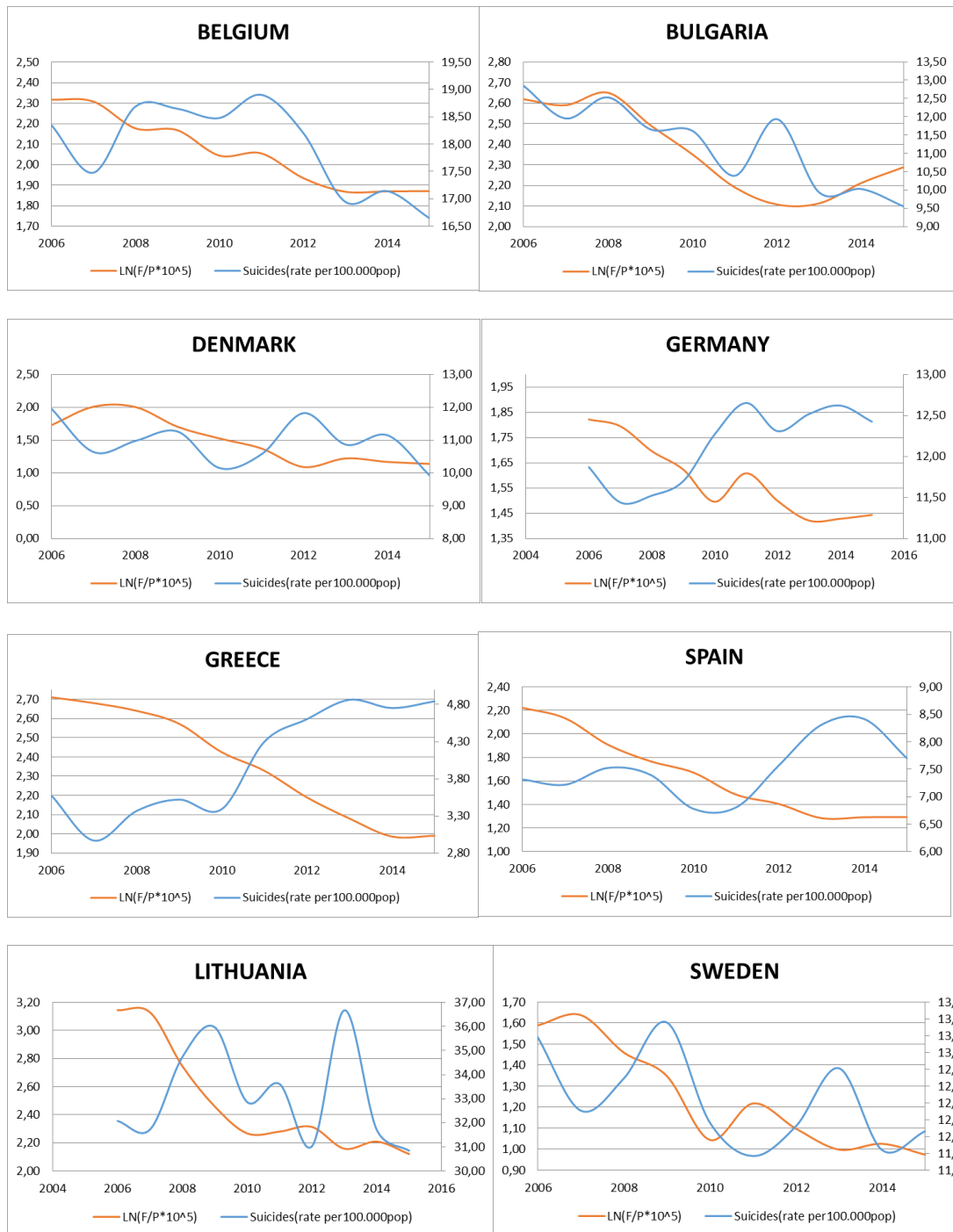
Από τις στήλες του πληθυσμού και του αριθμού των αυτοκτονιών προέκυψε η στήλη με τις αυτοκτονίες ανά 100.000 πληθυσμού (Suicides rate per 100.000 pop). Στη συνέχεια, διαιρώντας τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα με τον πληθυσμό κάθε χώρας και πολλαπλασιάζοντας το πηλίκο αυτό με 100.000 χιλιάδες προέκυψε το $LN(F/P*10^5)$, το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως η εξαρτημένη μεταβλητή των στατιστικών μοντέλων. Παρακάτω, η εξαρτημένη μεταβλητή θα συμβολίζεται ως $LN(F/P)$ και οι αυτοκτονίες ανά 100.000 πληθυσμού ως S/P .

Τέλος, στην τελευταία γραμμή αναφέρονται και οι πηγές από τις οποίες αντλήθηκαν τα οποία χρησιμοποιήθηκαν.

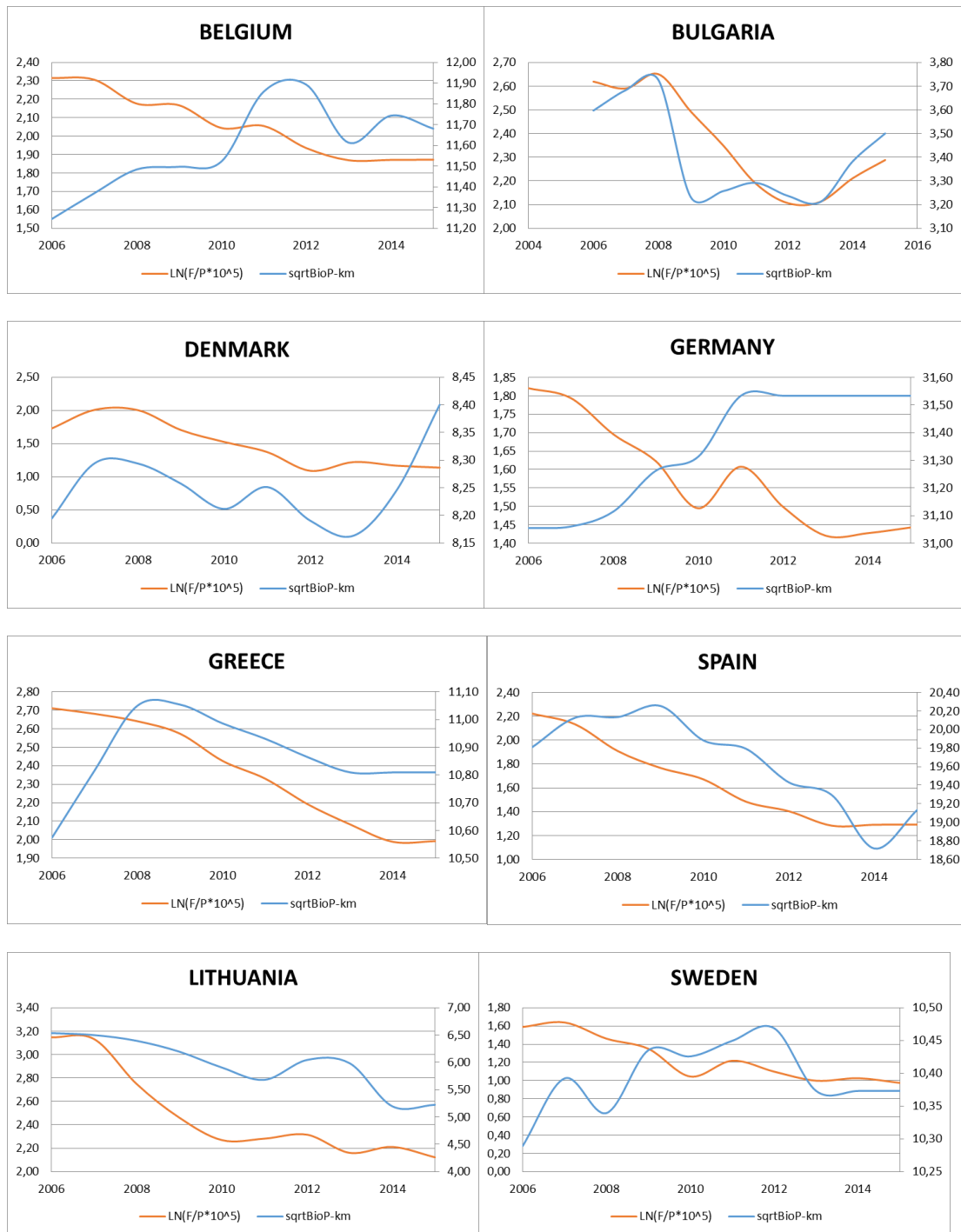
Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν ενδεικτικά για κάποιες χώρες με τη χρήση του Excel διαγράμματα που παρουσίαζαν ταυτόχρονα τους νεκρούς σε οδικά ατυχήματα για τις χώρες της Ευρώπης με τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης(HDI), με τις αυτοκτονίες και με τα επιβατοχιλιόμετρα. Τα διαγράμματα σχεδιάστηκαν προκειμένου να εξαχθεί μια πρώτη εικόνα για τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζουν την οδική ασφάλεια οι δείκτες αυτοί και αν τα αποτελέσματα των μοντέλων στη συνέχεια συνάδουν με αυτά.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1 Διαχρονική εξέλιξη του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης HDI και του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2 Διαχρονική εξέλιξη των αυτοκτονιών και του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3 Διαχρονική εξέλιξη των επιβατοχιλιομέτρων και του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα

Τα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζουν αρκετό ενδιαφέρον και για τον λόγο αυτό στην παρούσα Διπλωματική Εργασία κρίθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί η συσχέτιση των δεικτών αυτών με τις επιδόσεις της οδικής ασφάλειας με τη χρήση του Γραμμικού Μικτού Μοντέλου.

4.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

Στο υποκεφάλαιο αυτό γίνεται προσπάθεια να διαμορφωθεί μια πληρέστερη εικόνα για την κατανομή των τιμών των μεταβλητών μέσω της περιγραφικής στατιστικής. Πιο συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν πίνακες με πολλές διαστάσεις-**pivot tables** με τη χρήση του Excel. Οι συναρτήσεις που επιλέχθηκαν είναι εκείνες της μέσης τιμής, της τυπικής απόκλισης, του μεγίστου και του ελαχίστου τόσο για το σύνολο των κρατών, όσο και για κάθε κράτος ξεχωριστά.

Για το σύνολο των κρατών ενδεικτικά:

Average of HDI	Average of Suicides(rate per100.000pop)	Average of Road Fatalities(30days)	Average of LN(F/P*10^5)	Average of BioP-km	Average of sqrtBioP-km
0,863635714	13,77	1190,132143	1,89	184,58	10,56
StdDev of HDI	StdDev of Suicides(rate per100.000pop)	StdDev of Road Fatalities(30days)	StdDev of LN(F/P*10^5)	StdDev of BioP-km	StdDev of sqrtBioP-km
0,043	6,23	1395,419	0,47	275,88	8,56
Max of HDI	Max of Suicides(rate per100.000pop)	Max of Road Fatalities(30days)	Max of LN(F/P*10^5)	Max of BioP-km	Max of sqrtBioP-km
0,949	36,68	5669	3,15	994,31	31,53
Min of HDI	Min of Suicides(rate per100.000pop)	Min of Road Fatalities(30days)	Min of LN(F/P*10^5)	Min of BioP-km	Min of sqrtBioP-km
0,755	0	9	0,763438514	0,459487	0,677854704

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 Περιγραφικές συναρτήσεις για το σύνολο των κρατών

Για κάθε κράτος ξεχωριστά:

Row Labels	Average of HDI	Average of Suicides(rate per100.000pop)	Average of Road Fatalities(30days)	Average of LN(F/P*10^5)	Average of BioP-km	Average of sqrtBioP-km
Austria	0,8794	15,26	570,3	1,90	84,49	9,19
Belgium	0,8839	17,95	867,9	2,06	134,40	11,59
Bulgaria	0,7761	11,24	801,4	2,36	11,68	3,41
Croatia	0,8109	17,43	470,6	2,35	3,51	1,87
Czech Republic	0,8638	14,19	865,9	2,09	87,78	9,37
Denmark	0,9152	10,93	261,4	1,50	68,07	8,25
Estonia	0,8465	17,72	111,3	2,04	2,58	1,60
Finland	0,8828	17,27	291,5	1,68	72,30	8,50
France	0,8843	15,33	3959,8	1,80	820,42	28,64
Germany	0,9131	12,13	4010,1	1,58	982,65	31,35
Greece	0,8595	4,02	1213,2	2,36	118,18	10,87
Hungary	0,8226	23,05	819,7	2,06	34,23	5,49
Italy	0,8735	6,72	4169,9	1,93	778,51	27,88
Latvia	0,8185	21,28	254,9	2,45	14,22	3,70
Lithuania	0,8306	33,13	403,1	2,48	35,84	5,97
Luxembourg	0,89	11,14	38,6	2,00	7,54	2,75
Malta	0,8286	6,38	14	1,18	2,70	1,64
Netherlands	0,914	9,86	678,4	1,40	162,58	12,75
Norway	0,9406	11,07	191,4	1,33	64,97	8,06
Poland	0,8319	15,69	4200,5	2,38	228,33	15,11
Portugal	0,8212	10,19	797,9	2,01	95,22	9,76
Romania	0,7924	12,23	2325,8	2,42	26,97	5,18
Slovakia	0,8287	8,54	414,5	1,98	32,50	5,70
Slovenia	0,8776	21,41	170,2	2,06	0,67	0,81
Spain	0,8676	7,50	2523,9	1,65	386,65	19,66
Sweden	0,9021	12,43	333	1,24	108,00	10,39
Switzerland	0,9272	14,49	321,1	1,39	93,42	9,66
United Kingdom	0,8992	6,91	2243,4	1,24	709,74	26,64

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3 Περιγραφικές συναρτήσεις για κάθε κράτος (εικόνα 1 από 4)

Row Labels	StdDev of HDI	StdDev of Suicides(rate per100.000pop)	StdDev of Road Fatalities(30days)	StdDev of LN(F/P*10^5)	StdDev of BioP-km	StdDev of sqrtBioP-km
Austria	0,01	0,27	106,07	0,20	1,43	0,08
Belgium	0,01	0,82	133,70	0,18	4,81	0,21
Bulgaria	0,01	1,18	185,02	0,21	1,38	0,20
Croatia	0,01	0,66	128,56	0,25	0,28	0,07
Czech Republic	0,01	0,88	192,07	0,22	4,90	0,26
Denmark	0,01	0,65	90,93	0,35	1,13	0,07
Estonia	0,01	1,34	50,61	0,40	0,27	0,08
Finland	0,01	2,26	47,06	0,17	1,13	0,07
France	0,01	1,02	510,85	0,14	35,40	0,62
Germany	0,01	0,46	644,83	0,15	13,26	0,21
Greece	0,00	0,72	341,81	0,29	3,11	0,14
Hungary	0,01	2,28	266,84	0,29	26,49	2,12
Italy	0,01	0,26	783,20	0,19	58,74	1,05
Latvia	0,01	1,82	93,73	0,30	4,50	0,76
Lithuania	0,01	2,07	197,15	0,39	5,64	0,48
Luxembourg	0,01	2,60	5,95	0,18	0,10	0,02
Malta	0,02	1,60	3,97	0,29	0,00	0,00
Netherlands	0,01	0,99	85,96	0,14	4,79	0,19
Norway	0,01	0,63	46,26	0,29	2,89	0,18
Poland	0,02	1,06	968,53	0,23	11,76	0,39
Portugal	0,02	0,69	148,86	0,19	1,76	0,09
Romania	0,01	0,79	459,55	0,18	3,71	0,35
Slovakia	0,01	4,56	150,35	0,34	0,87	0,08
Slovenia	0,01	1,93	64,43	0,36	0,15	0,10
Spain	0,01	0,54	898,34	0,35	19,45	0,50
Sweden	0,01	0,55	80,33	0,25	1,13	0,05
Switzerland	0,01	2,17	49,69	0,19	4,92	0,25
United Kingdom	0,01	0,31	568,22	0,26	13,54	0,25

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4 Περιγραφικές συναρτήσεις για κάθε κράτος (εικόνα 2 από 4)

Row Labels	Max of HDI	Max of Suicides(rate per100.000pop)	Max of Road Fatalities(30days)	Max of LN(F/P*10^5)	Max of BioP-km	Max of sqrtBioP-km
Austria	0,893	15,69	730	2,18	85,60	9,25
Belgium	0,896	18,90	1069	2,32	141,45	11,89
Bulgaria	0,794	12,85	1061	2,65	13,89	3,73
Croatia	0,827	18,18	664	2,71	4,09	2,02
Czech Republic	0,878	15,77	1222	2,47	95,80	9,79
Denmark	0,926	11,95	406	2,01	70,57	8,40
Estonia	0,865	20,16	204	2,72	3,11	1,76
Finland	0,895	20,17	380	1,97	73,97	8,60
France	0,897	16,38	4709	2,00	861,00	29,34
Germany	0,926	12,65	5091	1,82	994,31	31,53
Greece	0,866	4,86	1657	2,71	122,20	11,05
Hungary	0,836	24,92	1303	2,56	73,77	8,59
Italy	0,887	7,15	5669	2,28	871,20	29,52
Latvia	0,83	24,20	419	2,95	19,96	4,47
Lithuania	0,848	36,68	760	3,15	42,76	6,54
Luxembourg	0,898	16,25	48	2,27	7,60	2,76
Malta	0,856	8,73	21	1,63	2,70	1,64
Netherlands	0,924	11,06	811	1,60	166,70	12,91
Norway	0,949	12,07	255	1,68	70,39	8,39
Poland	0,855	16,98	5583	2,68	241,85	15,55
Portugal	0,843	11,76	974	2,22	97,90	9,89
Romania	0,802	13,66	3065	2,70	34,83	5,90
Slovakia	0,845	11,70	661	2,51	33,76	5,81
Slovenia	0,89	26,36	293	2,68	0,85	0,92
Spain	0,884	8,41	4104	2,22	410,19	20,25
Sweden	0,913	13,36	471	1,64	109,60	10,47
Switzerland	0,939	18,01	384	1,63	100,86	10,04
United Kingdom	0,91	7,52	3298	1,69	730,00	27,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5 Περιγραφικές συναρτήσεις για κάθε κράτος (εικόνα 3 από 4)

Row Labels	Min of HDI	Min of Suicides(rate per100.000pop)	Min of Road Fatalities(30days)	Min of LN(F/P*10^5)	Min of BioP-km	Min of sqrtBioP-km
Austria	0,86	14,66	430	1,62	81,50	9,03
Belgium	0,871	16,65	724	1,87	126,48	11,25
Bulgaria	0,755	9,54	601	2,11	10,32	3,21
Croatia	0,793	16,26	308	1,98	3,15	1,77
Czech Republic	0,851	13,15	654	1,83	79,94	8,94
Denmark	0,904	9,92	167	1,09	66,64	8,16
Estonia	0,829	15,74	61	1,53	2,26	1,50
Finland	0,873	13,34	229	1,43	70,90	8,42
France	0,873	13,74	3268	1,60	778,29	27,90
Germany	0,898	11,44	3339	1,42	964,35	31,05
Greece	0,853	2,97	793	1,99	111,80	10,57
Hungary	0,809	18,93	591	1,79	11,78	3,43
Italy	0,862	6,37	3381	1,72	680,18	26,08
Latvia	0,81	19,03	177	2,16	2,78	1,67
Lithuania	0,812	30,84	242	2,12	27,04	5,20
Luxembourg	0,877	7,36	32	1,84	7,32	2,71
Malta	0,808	3,42	9	0,76	2,70	1,64
Netherlands	0,899	8,27	570	1,22	153,30	12,38
Norway	0,934	10,26	117	0,81	61,61	7,85
Poland	0,808	13,86	2938	2,05	206,59	14,37
Portugal	0,797	9,64	593	1,74	93,80	9,69
Romania	0,766	11,09	1818	2,21	22,71	4,77
Slovakia	0,802	0,00	251	1,53	31,09	5,58
Slovenia	0,865	19,20	108	1,66	0,46	0,68
Spain	0,849	6,78	1680	1,28	350,39	18,72
Sweden	0,895	11,77	259	0,97	105,86	10,29
Switzerland	0,911	12,77	243	1,09	86,83	9,32
United Kingdom	0,889	6,35	1770	1,02	690,87	26,28

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6 Περιγραφικές συναρτήσεις για κάθε κράτος (εικόνα 4 από 4)

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας. Έπειτα από τη συλλογή και την επεξεργασία των στοιχείων στο πρόγραμμα Excel, όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ακολούθησε η **στατιστική ανάλυση** των δεδομένων. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το Γραμμικό Μικτό Μοντέλο μέσω του ειδικού στατιστικού λογισμικού SPSS.

Περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης των κατάλληλων μοντέλων. Παρουσιάζονται επίσης 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 ερμηνείας τους με βάση τη λογική, την εμπειρία και στοιχεία από την βιβλιογραφική ανασκόπηση. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων διακρίνεται σε τρεις φάση:

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

Πριν την επιλογή του τελικού μοντέλου κατά τη στατιστική ανάλυση αναπτύχθηκαν αρκετά μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης και γραμμικά μικτά μοντέλα, τα οποία έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της μεθοδολογίας. Χρησιμοποιήθηκαν μεταβλητές όπως το Α.Ε.Π., η ανεργία, ο δείκτης ικανοποίησης από τη ζωή (LSI), το ποσοστό των αυτοκινητόδρομων, τα οχηματοχιλιόμετρα και διάφοροι άλλοι δείκτες. Έγιναν πολλές δοκιμές προσθέτοντας και αφαιρώντας συνεχώς μεταβλητές με κριτήριο το t-test και λαμβάνοντας υπόψιν τις συσχετίσεις των μεταβλητών, μέχρι να επιλεγεί το τελικό στατιστικό μοντέλο.

5.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα απαιτούμενα στοιχεία δεν ήταν πλήρη για ορισμένα κράτη και έτη. Συγκεκριμένα, τα κράτη αυτά είναι η Κύπρος και η Ιρλανδία, για τα οποία ο αριθμός των επιβατοχιλιομέτρων δεν ήταν διαθέσιμος. Για τον λόγο αυτό, η Κύπρος και η Ιρλανδία δεν συμπεριλαμβάνονται στα μοντέλα.

Για την ανάπτυξη του μοντέλου, δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων που περιλάμβανε για κάθε κράτος (country) και για το αντίστοιχο έτος (year) τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI), τον πληθυσμό (population), τον αριθμό των αυτοκτονιών (suicideswho), τις αυτοκτονίες ανά 100.000 πληθυσμού (S/P), τα δισεκατομμύρια επιβατοχιλιόμετρα (BioPkm), την ρίζα των δισεκατομμυρίων επιβατοχιλιομέτρων (sqrtBioPkm) και τον **λογαρίθμο του αριθμού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα ανά 100.000 πληθυσμού** [LN(F/P)].

Εκτός από τη βάση δεδομένων που περιλάμβανε όλα τα κράτη δημιουργήθηκαν άλλες τρεις επιπλέον βάσεις δεδομένων ώστε να εισαχθούν στο στατιστικό λογισμικό και να προκύψουν τα διαφορετικά στατιστικά μοντέλα για κάθε ομάδα κρατών. Το σύνολο των κρατών χωρίστηκε σε τρεις ομάδες και πιο συγκεκριμένα σε αυτές με χαμηλή οικονομική επίδοση (low economic performance), σε αυτές με υψηλή οικονομική επίδοση (high economic performance) και σε μεγάλες χώρες (largest countries). Οι ομάδες αυτές περιλαμβάνουν τα ακόλουθα κράτη:

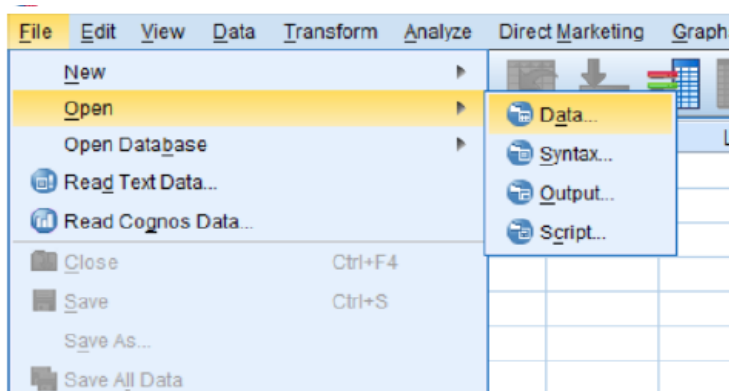
- **ΧΑΜΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ (LOW ECONOMIC PERFORMANCE)** : Βουλγαρία, Τσεχία, Εσθονία, Ελλάδα, Κροατία, Λετονία, Λιθουανία, Ουγγαρία, Μάλτα, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Σλοβενία, Σλοβακία
- **ΜΕΓΑΛΕΣ ΧΩΡΕΣ (LARGEST COUNTRIES)** : Γερμανία, Ισπανία, Γαλλία, Ιταλία, Ηνωμένο Βασίλειο
- **ΥΨΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ (HIGH ECONOMIC PERFORMANCE)** : Βέλγιο, Δανία, Λουξεμβούργο, Ολλανδία, Αυστρία, Φινλανδία, Σουηδία, Νορβηγία, Ελβετία

Στην στήλη Group δίπλα από κάθε κράτος αντιστοιχεί κάποιος εκ των αριθμών 1, 2, 3. Στα κράτη που ανήκουν στην ομάδα χαμηλή οικονομική επίδοση αντιστοιχεί το 3, στα κράτη που ανήκουν στην ομάδα των μεγάλων χωρών το 2 και στα κράτη που ανήκουν στην ομάδα υψηλή οικονομική επίδοση αντιστοιχεί το 1.

Στη φάση αυτή συσχετίστηκαν η μεταβολή του λογαρίθμου του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά 100.000 πληθυσμού (ως εξαρτημένη μεταβλητή) με τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης, τον αριθμό των αυτοκτονιών ανά 100.000 πληθυσμού και τη ρίζα των δισεκατομμυρίων επιβατοχιλιομέτρων, καθώς και με την ομάδα κρατών. Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα παρουσιαστούν οχτώ εξισώσεις που προέκυψαν. Οι τέσσερις αφορούν την πενταετία 2006-2010 και πιο συγκεκριμένα η μία το σύνολο των κρατών και οι υπόλοιπες τρεις κάθε ομάδα κρατών. Ανάλογη διαδικασία έγινε και για τις υπόλοιπες τέσσερις εξισώσεις οι οποίες αφορούν την πενταετία 2011-2015. Χρησιμοποιήθηκαν δύο πενταετίες προκειμένου να διερευνηθεί η επιρροή της οικονομικής ύφεσης στην οδική ασφάλεια.

5.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ SPSS ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΜΙΚΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Έχοντας ήδη έτοιμη τη βάση δεδομένων σε αρχείο xls, πραγματοποιήθηκε αρχικά η εισαγωγή τους στο SPSS. Συγκεκριμένα, μέσω της γραμμής μενού και της επιλογής File (File → Open → Data) επιλέγεται η επιθυμητή προς ανάλυση βάση δεδομένων σε μορφή xls, από τον φάκελο που είναι αποθηκευμένη στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.



ΕΙΚΟΝΑ 5.1 Εισαγωγή βάσης δεδομένων στο SPSS

	Country	Group	Year	HDI	Suicides who	Population	Suicidesrateper100000pop	LNFP105	BioPkm	sqrtBioPkm
1	Belgium	1	2011	.886	2088	11047744	18.900	2.054	140.652	11.86
2	Belgium	1	2012	.889	2026	11128246	18.206	1.934	141.453	11.89
3	Belgium	1	2013	.890	1895	11182817	16.946	1.868	134.879	11.61
4	Belgium	1	2014	.895	.	11209057	17.140	1.870	137.915	11.74
5	Belgium	1	2015	.896	.	11274196	16.650	1.871	136.449	11.68
6	Bulgaria	3	2011	.778	763	7348328	10.383	2.191	10.843	3.29
7	Bulgaria	3	2012	.781	872	7305888	11.936	2.107	10.482	3.24
8	Bulgaria	3	2013	.787	721	7265115	9.924	2.113	10.317	3.21
9	Bulgaria	3	2014	.792	.	7223938	10.020	2.212	11.447	3.38
10	Bulgaria	3	2015	.794	.	7177991	9.540	2.289	12.257	3.50
11	Czech Republic	3	2011	.864	1590	10496088	15.149	1.997	80.304	8.96
12	Czech Republic	3	2012	.865	1658	10510785	15.774	1.954	89.089	9.44
13	Czech Republic	3	2013	.871	1577	10514272	14.999	1.828	89.952	9.48
14	Czech Republic	3	2014	.875	1489	10525347	14.147	1.877	92.540	9.62
15	Czech Republic	3	2015	.878	1387	10546059	13.152	1.946	95.801	9.79
16	Denmark	1	2011	.922	589	5570572	10.573	1.374	68.087	8.25
17	Denmark	1	2012	.924	661	5591572	11.821	1.094	67.084	8.19
18	Denmark	1	2013	.926	610	5614932	10.864	1.224	66.641	8.16
19	Denmark	1	2014	.923	629	5643475	11.146	1.171	67.988	8.25
20	Denmark	1	2015	.925	.	5683483	9.920	1.142	70.568	8.40
21	Germany	2	2011	.916	10153	80274983	12.648	1.608	994.312	31.53
22	Germany	2	2012	.919	9896	80425823	12.305	1.499	994.312	31.53

ΕΙΚΟΝΑ 5.2 Προβολή στοιχείων βάσης δεδομένων στο SPSS (Data View)

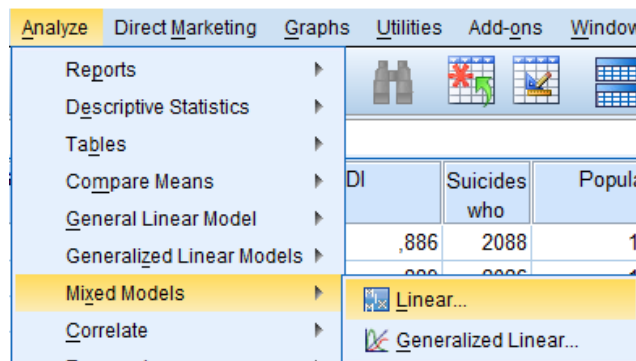
Αλλάζοντας την κατάσταση προβολής από Data View σε Variable View, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να καθορίσει τα χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων μεταβλητών για την έρευνα του.

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	Country	String	42	0		None	None	14	Left	Nominal	Input
2	Group	String	12	0		None	None	4	Left	Nominal	Input
3	Year	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Scale	Input
4	HDI	Numeric	12	3		None	None	12	Right	Scale	Input
5	Suicideswho	Numeric	5	0		None	None	5	Right	Scale	Input
6	Population	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Scale	Input
7	Suicidesrat...	Numeric	17	3		None	None	17	Right	Scale	Input
8	LNFP105	Numeric	17	3		None	None	17	Right	Scale	Input
9	BioPkm	Numeric	17	3		None	None	17	Right	Scale	Input
10	sqrtBioPkm	Numeric	8	2		None	None	12	Right	Scale	Input

ΕΙΚΟΝΑ 5.3 Προβολή μεταβλητών της βάσης δεδομένων στο SPSS (Variable View)

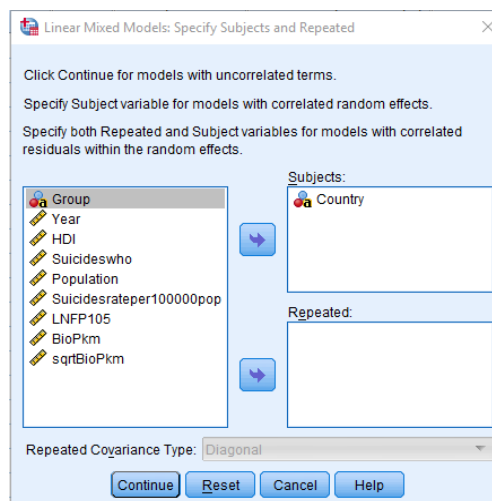
Στη συνέχεια αφού έχει αποφασιστεί η χρήση του Γραμμικού Μικτού Μοντέλου αναπτύσσεται το μαθηματικό μοντέλο και η διαδικασία συνοψίζεται στα επόμενα βήματα.

1. Επιλέγονται τα Μικτά Μοντέλα (Analyze → Mixed Models → Linear)



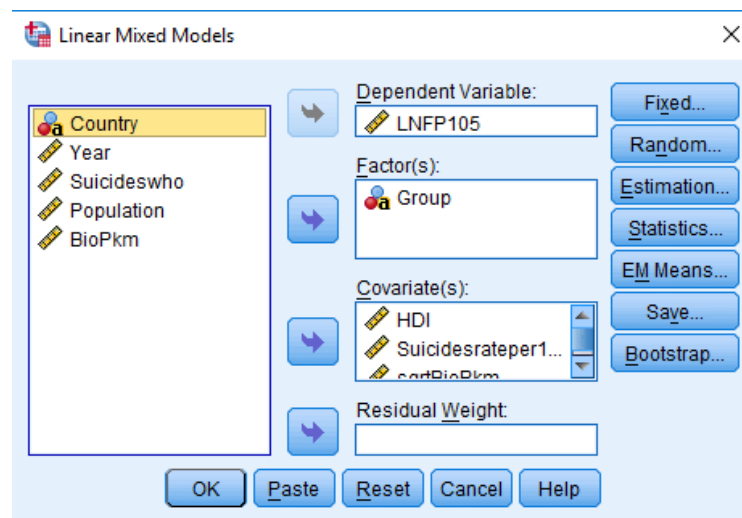
ΕΙΚΟΝΑ 5.4 Επιλογή Γραμμικού Μικτού Μοντέλου

2. Στην καρτέλα Linear Mixed Model: Specify Subjects and Repeated επιλέγεται: Subjects → Country και στη συνέχεια Continue



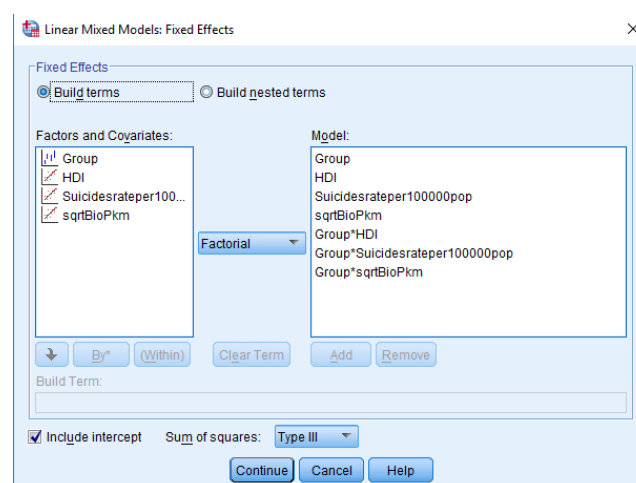
ΕΙΚΟΝΑ 5.5 Καθορισμός subjects

3. Στην καρτέλα Linear Mixed Models επιλέγεται ως η εξαρτημένη μεταβλητή (dependent variable) το LN(F/P), ως παράγοντας (factor) το Group που ανήκει η χώρα και ως συμμεταβλητές (covariates) ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης HDI, οι αυτοκτονίες ανά 100.000 πληθυσμού (S/P) και η ρίζα των δισεκατομμυρίων επιβατοχιλιομέτρων.



ΕΙΚΟΝΑ 5.6 Καθορισμός εξαρτημένης μεταβλητής, παράγοντα και συμμεταβλητών

4. Στην καρτέλα Fixed (Linear Mixed Models: Fixed Effects) επιλέγουμε τα εξής ώστε στα τελικά αποτελέσματα να φαίνεται η επίδραση της κάθε ομάδας κρατών:



ΕΙΚΟΝΑ 5.7 Καθορισμός Fixed Effects

5. Στην καρτέλα Statistics επιλέγονται οι επιθυμητοί πίνακες που περιγράφουν την στατιστική ανάλυση.

6. Εκτελείται η εντολή ανάλυσης OK και ακολουθεί η παρουσίαση της στατιστικής ανάλυσης.

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία επιλέχθηκε το γραμμικό μικτό μοντέλο για να διερευνηθούν οικονομικοί, κοινωνικοί και συγκοινωνιακοί δείκτες επιρροής της οδικής ασφάλειας στην περίοδο της κρίσης στην Ευρώπη. Ένα πλεονέκτημα του γραμμικού μικτού μοντέλου που οδήγησε και στην επιλογή του είναι ότι επιτρέπει τον προσδιορισμό των αλληλεπιδράσεων των παραγόντων, γεγονός που σημαίνει ότι κάθε συνδυασμός των τιμών των παραγόντων έχει διαφορετική γραμμική επίδραση στην εξαρτημένη μεταβλητή. Είναι επίσης δυνατός ο προσδιορισμός των αλληλεπιδράσεων των παραγόντων και των συμμεταβλητών, εάν υπάρχει η πεποίθηση ότι η γραμμική σχέση μεταξύ της συμμεταβλητής και της εξαρτημένης μεταβλητής αλλάζει ανάλογα με τις τιμές του παράγοντα.

5.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΜΙΚΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Το πρόγραμμα SPSS κάνει εύκολο τον στατιστικό έλεγχο μεταξύ των μοντέλων, παρέχοντας ορισμένες πληροφορίες κατά την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Για τη **στατιστική εμπιστοσύνη του μοντέλου** χρησιμοποιείται η μέθοδος της μεγιστοποίησης της πιθανοφάνειας. Για να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια πρέπει ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας $L = -2 \text{ Restricted Log Likelihood}$ να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος και γενικά προτιμώνται τα μοντέλα με το μικρότερο λογάριθμο συνάρτησης πιθανοφάνειας L . Σύμφωνα με το κριτήριο του λόγου πιθανοφάνειας, υπολογίζεται η διαφορά $LRT = -2 * (L(b) - L(0))$, όπου $L(b) = L$ (μοντέλου με p μεταβλητές) και $L(0) = L$ (μοντέλου χωρίς τις p μεταβλητές) και εάν είναι μεγαλύτερη από την τιμή του κριτηρίου χ^2 για p βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, τότε το μοντέλο είναι στατιστικά προτιμότερο από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές και γίνεται αποδεκτό.

Οι **έλεγχοι των σταθερών επιδράσεων** (tests of fixed effects) γίνονται με τα **F-tests** για κάθε μία από τις σταθερές επιδράσεις που ορίζονται στο μοντέλο. Πρόκειται για έναν έλεγχο τύπου ANOVA. Προκειμένου να γίνει αποδεκτό ότι οι μεταβλητές συμβάλλουν σημαντικά στο μοντέλο θα πρέπει η τιμή σημαντικότητας (significance value) να είναι ***sig* ≤ 0,05**. Αυτό σημαίνει ότι η μεταβλητή είναι στατιστικά σημαντική για το 95% τουλάχιστον των περιπτώσεων.

Ο **έλεγχος των συντελεστών των μεταβλητών των σταθερών επιδράσεων** γίνεται με το t-test. Ο συντελεστής t εκφράζεται με τη σχέση:

$$t_{\text{stat}} = \beta_i / s.e$$

όπου s.e : τυπικό σφάλμα (standard error)

Βάσει της ανωτέρω σχέσης, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα τόσο αυξάνεται ο συντελεστής t_{stat} και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t , τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Προκειμένου ο συντελεστής και άρα η μεταβλητή να γίνει αποδεκτή, θα πρέπει και εδώ να ισχύει **$sig \leq 0,05$** .

Τέλος, ελέγχεται η **διακύμανση των υπολοίπων με το κριτήριο Wald Z**. Στην περίπτωση που δεν προσδιορίζονται μεταβλητές επαναλαμβανόμενων επιδράσεων, τα όρια σφάλματος θεωρούνται ανεξάρτητα, εάν η τιμή σημαντικότητας του συντελεστή Wald Z είναι $sig < 0,5$. Στην περίπτωση όμως που έχουν οριστεί, η τιμή σημαντικότητας προσδιορίζει εάν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των τιμών της μέσω του δείκτη ρ^2 .

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.

5.5 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2011-2015

5.5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

Information Criteria ^a	
-2 Restricted Log Likelihood	14,865
Akaike's Information Criterion (AIC)	16,865
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	16,897
Bozdogan's Criterion (CAIC)	20,717
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	19,717
The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.	
a. Dependent Variable: LNFP105.	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2011-2015

Type III Tests of Fixed Effects^a

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	128,000	71,812	,000
Group	2	128,000	5,380	,006
HDI	1	128,000	56,951	,000
Suicidesrateper100000pop	1	128,000	8,988	,003
sqrtBioPkm	1	128	7,913	,006
Group * HDI	2	128,000	5,697	,004
Group * Suicidesrateper100000pop	2	128,000	,167	,847
Group * sqrtBioPkm	2	128	11,746	,000

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2011-2015

Estimates of Fixed Effects^a

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Intercept	6,406496	,848304	128,000	7,552	,000	4,727982	8,085009
[Group=1]	4,069900	2,272033	128,000	1,791	,076	-,425707	8,565506
[Group=2]	9,405265	3,231532	128	2,910	,004	3,011126	15,799404
[Group=3]	0 ^b	0	.	.	.	.	.
HDI	-5,929484	1,024816	128,000	-5,786	,000	-7,957258	-3,901711
Suicidesrateper100000pop	,019988	,003869	128,000	5,166	,000	,012333	,027644
sqrtBioPkm	,037904	,006753	128,000	5,613	,000	,024541	,051267
[Group=1] * HDI	-4,066947	2,425706	128,000	-1,677	,096	-8,866622	,732728
[Group=2] * HDI	-12,201775	3,941145	128	-3,096	,002	-20,000005	-4,403546
[Group=3] * HDI	0 ^b	0	.	.	.	.	.
[Group=1] * Suicidesrateper100000pop	,009278	,018690	128,000	,496	,620	-,027702	,046259
[Group=2] * Suicidesrateper100000pop	,005377	,016888	128,000	,318	,751	-,028039	,038794
[Group=3] * Suicidesrateper100000pop	0 ^b	0	.	.	.	.	.
[Group=1] * sqrtBioPkm	-,071025	,016047	128,000	-4,426	,000	-,102777	-,039273
[Group=2] * sqrtBioPkm	,023564	,018514	128	1,273	,205	-,013069	,060197
[Group=3] * sqrtBioPkm	0 ^b	0	.	.	.	.	.

a. Dependent Variable: LNFP105.

b. This parameter is set to zero because it is redundant.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2011-2015

Estimates of Covariance Parameters^a

Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Residual	,049732	,006216	8,000	,000	,038925	,063538

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2011-2015

Όπως αναφέρθηκε ο έλεγχος προσαρμογής του μοντέλου εξετάζεται με το κριτήριο -2 Restricted Log Likelihood.

$$L(b) = 14,865$$

$$L(0) = 151,247$$

$$LRT = -2 * (L(b) - L(0)) = 272,76$$

$$ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ = 11$$

Για επίπεδο σημαντικότητας 5% και 11 βαθμούς ελευθερίας $\chi^2 = 19,68$

Επομένως ισχύει $L > \chi^2$ αφού $272,76 > 19,68$ άρα το μοντέλο είναι **στατιστικά αποδεκτό**.

Επίσης, παρατηρείται ότι οι μεταβλητές της ομάδας των κρατών, ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI), οι αυτοκτονίες, τα επιβατοχιλιόμετρα, η αλληλεπίδραση της ομάδας των κρατών με τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης και η αλληλεπίδραση της ομάδας των κρατών με τα επιβατοχιλιόμετρα προκύπτουν στατιστικά σημαντικές, σε αντίθεση με την αλληλεπίδραση της ομάδας των κρατών με τις αυτοκτονίες.

Οι συντελεστές των μεταβλητών HDI, S/P και sqrtBioPkm προκύπτουν στατιστικά σημαντικοί, όπως αποδεικνύεται από τα t-tests. Από τον ίδιο πίνακα προκύπτει ότι η επιρροή της ομάδας των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση έχει στατιστικά σημαντική διαφορά από εκείνη των μεγάλων χωρών, ενώ ισχύει το ίδιο και για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση για τιμή σημαντικότητας $\text{sig} < 0,1$. Επιπλέον, από τις αλληλεπιδράσεις των ομάδων των κρατών με τις μεταβλητές του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης, των αυτοκτονιών και των επιβατοχιλιομέτρων, στατιστικά σημαντική διαφορά παρουσιάζει η αλληλεπίδραση της ομάδας των μεγάλων χωρών με τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης και της ομάδας των χωρών με υψηλή οικονομική επίδοση με τα επιβατοχιλιόμετρα. Επίσης για τιμή σημαντικότητας $\text{sig} < 0,1$ παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά και η αλληλεπίδραση της ομάδας των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση με τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης.

Τέλος, από τον πίνακα ελέγχου διακύμανσης των υπολοίπων, προκύπτει ότι τα όρια σφάλματος είναι ανεξάρτητα με διακύμανση περίπου 0,049.

5.5.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα του τελικού μοντέλου προκύπτει η ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$\begin{aligned} \text{LN}(F/P) = & 6,406 - 5,929 * \text{HDI} + 0,019 * \text{S/P} + 0,038 * \text{sqrtBioPkm} + 4,069 * \\ & \text{Group}_{=1} + 9,405 * \text{Group}_{=2} - 4,069 * \text{Group}_{=1} * \text{HDI} - 12,202 * \text{Group}_{=2} * \text{HDI} - \\ & 0,071 * \text{Group}_{=1} * \text{sqrtBioPkm} \end{aligned}$$

Από τη μαθηματική σχέση προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης HDI είναι αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **αύξηση της τιμής του HDI έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

Αντίθετα, προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής των αυτοκτονιών είναι θετικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **αύξηση των αυτοκτονιών συσχετίζεται θετικά με την αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

Θετικός προκύπτει επίσης και ο συντελεστής της μεταβλητής των επιβατοχιλιομέτρων, που σημαίνει ότι **αύξηση των επιβατοχιλιομέτρων οδηγεί σε αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

Ο συντελεστής της ομάδας των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση (Group=1) προέκυψε στατιστικά σημαντικός και έχει θετικό πρόσημο. Δεδομένου ότι ως επίπεδο αναφοράς έχει οριστεί η ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση, η τιμή του παραπάνω συντελεστή σημαίνει ότι η ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση συμβάλλει στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα κατά 4,069 περισσότερο από την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση.

Επίσης, **ο συντελεστής της ομάδας των μεγάλων χωρών** (Group=2) προέκυψε στατιστικά σημαντικός και έχει θετικό πρόσημο. Η τιμή του παραπάνω συντελεστή σημαίνει ότι η ομάδα των μεγάλων χωρών συμβάλλει στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα κατά 9,405 περισσότερο από την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση.

Τέλος, η αλληλεπίδραση της ομάδας των μεγάλων χωρών με τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης και η αλληλεπίδραση της ομάδας των χωρών με υψηλή οικονομική επίδοση με τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης προέκυψαν στατιστικά σημαντικές και ο συντελεστής τους έχει αρνητικό πρόσημο. Αυτό σημαίνει ότι **ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης στην ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση** συμβάλλει στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα κατά 4,609 λιγότερο από την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση, ενώ **ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης στην ομάδα των μεγάλων χωρών** συμβάλλει στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στο σύνολο των κρατών της Ευρώπης κατά 12,202 λιγότερο από την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση. Επιπλέον, η αλληλεπίδραση της ομάδας των χωρών με υψηλή οικονομική επίδοση με τα επιβατοχιλιόμετρα προέκυψε στατιστικά σημαντική και ο συντελεστής της έχει αρνητικό πρόσημο. Αυτό σημαίνει ότι **τα επιβατοχιλιόμετρα στην ομάδα των χωρών με υψηλή οικονομική επίδοση** συμβάλλουν στον αριθμό των νεκρών κατά 0,071 λιγότερο από την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση.

5.6 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2011-2015

5.6.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

Information Criteria^a

-2 Restricted Log Likelihood	21,547
Akaike's Information Criterion (AIC)	23,547
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	23,609
Bozdogan's Criterion (CAIC)	26,736
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	25,736

The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2011-2015

Type III Tests of Fixed Effects^a

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	66	44,803	,000
HDI	1	66	26,297	,000
Suicidesrateper100000pop	1	66	20,965	,000
sqrtBioPkm	1	66	24,746	,000

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2011-2015

Estimates of Fixed Effects^a

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Intercept	6,406496	,957118	66	6,694	,000	4,495548	8,317443
HDI	-5,929484	1,156272	66	-5,128	,000	-8,238056	-3,620913
Suicidesrateper100000pop	,019988	,004365	66	4,579	,000	,011272	,028704
sqrtBioPkm	,037904	,007620	66	4,974	,000	,022691	,053117

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2011-2015

Estimates of Covariance Parameters^a

Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Residual	,063308	,011021	5,745	,000	,045008	,089050

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2011-2015

Ο έλεγχος προσαρμογής του μοντέλου εξετάζεται με το κριτήριο -2 Restricted Log Likelihood.

$$L(b) = 21,547$$

$$L(0) = 47,594$$

$$LRT = -2 \cdot (L(b) - L(0)) = 52,094$$

$$\text{ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ} = 3$$

Για επίπεδο σημαντικότητας 5% και 3 βαθμούς ελευθερίας $\chi^2 = 7,81$

Επομένως ισχύει $L > \chi^2$ αφού $52,094 > 7,81$ άρα το μοντέλο είναι **στατιστικά αποδεκτό**.

Παρατηρείται ότι οι μεταβλητές του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI), των αυτοκτονιών και των επιβατοχιλιομέτρων είναι στατιστικά σημαντικές.

Οι συντελεστές των μεταβλητών HDI, S/P και sqrtBioPkm προκύπτουν στατιστικά σημαντικοί, όπως αποδεικνύεται από τα t-tests.

Τέλος, από τον πίνακα ελέγχου διακύμανσης των υπολοίπων, προκύπτει ότι τα όρια σφάλματος είναι ανεξάρτητα με διακύμανση περίπου 0,063.

5.6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα του τελικού μοντέλου προκύπτει η ακόλουθη μαθηματική σχέση για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση:

$$LN(F/P) = 6,406 - 5,929 \cdot HDI + 0,019 \cdot S/P + 0,038 \cdot \text{sqrtBioPkm}$$

Από την παραπάνω μαθηματική σχέση για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης HDI είναι αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **αύξηση της τιμής του HDI έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**.

Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής των αυτοκτονιών προκύπτει θετικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **αύξηση των αυτοκτονιών συσχετίζεται θετικά με την αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

Θετικός προκύπτει και ο συντελεστής της μεταβλητής των επιβατοχιλιομέτρων, που σημαίνει ότι **αύξηση των επιβατοχιλιομέτρων οδηγεί σε αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

5.7 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΤΩΝ ΜΕΓΑΛΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2011-2015

5.7.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

Information Criteria^a

-2 Restricted Log Likelihood	-15,526
Akaike's Information Criterion (AIC)	-13,526
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	-13,315
Bozdogan's Criterion (CAIC)	-11,481
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	-12,481

The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2011-2015

Type III Tests of Fixed Effects^a

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	21,000	69,429	,000
HDI	1	21,000	61,292	,000
Suicidesrateper100000pop	1	21	6,429	,019
sqrtBioPkm	1	21	34,332	,000

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2011-2015

Estimates of Fixed Effects^a

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Intercept	15,811760	1,897625	21,000	8,332	,000	11,865433	19,758088
HDI	-18,131259	2,315934	21,000	-7,829	,000	-22,947507	-13,315011
Suicidesrateper100000pop	,025366	,010004	21	2,535	,019	,004561	,046171
sqrtBioPkm	,061468	,010491	21	5,859	,000	,039651	,083284

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2011-2015

Estimates of Covariance Parameters^a

Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Residual	,018418	,005684	3,240	,001	,010059	,033723

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.12 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2011-2015

Ο έλεγχος προσαρμογής του μοντέλου εξετάζεται με το κριτήριο -2 Restricted Log Likelihood.

$$L(b) = -15,526$$

$$L(0) = 8,533$$

$$LRT = -2 \cdot (L(b) - L(0)) = 48,118$$

$$\text{ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ} = 3$$

Για επίπεδο σημαντικότητας 5% και 3 βαθμούς ελευθερίας $\chi^2 = 7,81$

Επομένως ισχύει $L > \chi^2$ αφού $48,118 > 7,81$ άρα το μοντέλο είναι **στατιστικά αποδεκτό**.

Παρατηρείται ότι οι μεταβλητές του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI), των αυτοκτονιών και των επιβατοχιλιομέτρων είναι στατιστικά σημαντικές.

Οι συντελεστές των μεταβλητών HDI, S/P και sqrtBioPkm προκύπτουν στατιστικά σημαντικοί, όπως αποδεικνύεται από τα t-tests.

Τέλος, από τον πίνακα ελέγχου διακύμανσης των υπολοίπων, προκύπτει ότι τα όρια σφάλματος είναι ανεξάρτητα με διακύμανση περίπου 0,018.

5.7.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα του τελικού μοντέλου προκύπτει η ακόλουθη μαθηματική σχέση για την ομάδα των μεγάλων χωρών:

$$LN(F/P) = 15,811 - 18,131 * HDI + 0,025 * S/P + 0,061 * \sqrt{BioPkm}$$

Από την παραπάνω μαθηματική σχέση για την ομάδα των μεγάλων χωρών προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής του δείκτη ανθρωπίνης ανάπτυξης HDI είναι αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **αύξηση της τιμής του HDI έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής των αυτοκτονιών προκύπτει θετικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **αύξηση των αυτοκτονιών συσχετίζεται θετικά με την αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

Θετικός προκύπτει και ο συντελεστής της μεταβλητής των επιβατοχιλιομέτρων, που σημαίνει ότι **αύξηση των επιβατοχιλιομέτρων οδηγεί σε αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

5.8 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΜΕ ΥΨΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2011-2015

5.8.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

Information Criteria^a

-2 Restricted Log Likelihood	-1,184
Akaike's Information Criterion (AIC)	,816
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	,919
Bozdogan's Criterion (CAIC)	3,530
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	2,530

The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.13 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2011-2015

Type III Tests of Fixed Effects^a

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	41,000	27,978	,000
HDI	1	41,000	23,411	,000
Suicidesrateper100000pop	1	41	2,901	,096
sqrtBioPkm	1	41	5,863	,020

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.14 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2011-2015

Estimates of Fixed Effects^a

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Intercept	10,476395	1,980637	41,000	5,289	,000	6,476418	14,476373
HDI	-9,996431	2,066022	41,000	-4,838	,000	-14,168847	-5,824016
Suicidesrateper100000pop	,029267	,017182	41	1,703	,096	-,005433	,063967
sqrtBioPkm	-,033121	,013679	41	-2,421	,020	-,060747	-,005496

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.15 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2011-2015

Estimates of Covariance Parameters^a

Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Residual	,043915	,009699	4,528	,000	,028485	,067704

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.16 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2011-2015

Ο έλεγχος προσαρμογής του μοντέλου εξετάζεται με το κριτήριο -2 Restricted Log Likelihood.

$$L(b) = -1,184$$

$$L(0) = 34,190$$

$$LRT = -2 \cdot (L(b) - L(0)) = 70,748$$

$$\text{ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ} = 3$$

Για επίπεδο σημαντικότητας 5% και 3 βαθμούς ελευθερίας $\chi^2 = 7,81$

Επομένως ισχύει $L > \chi^2$ αφού $70,748 > 7,81$ άρα το μοντέλο είναι **στατιστικά αποδεκτό**.

Παρατηρείται ότι οι μεταβλητές του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) και των επιβατοχιλιομέτρων είναι στατιστικά σημαντικές. Η μεταβλητή των αυτοκτονιών προκύπτει και αυτή στατιστικά σημαντική για τιμή σημαντικότητας $\text{sig} < 0,1$.

Οι συντελεστές των μεταβλητών HDI και sqrtBioPkm προκύπτουν στατιστικά σημαντικοί όπως αποδεικνύεται από τα t-tests. Όσον αφορά τον συντελεστή της μεταβλητής S/P προκύπτει στατιστικά σημαντικός για τιμή σημαντικότητας $\text{sig} < 0,1$.

Τέλος, από τον πίνακα ελέγχου διακύμανσης των υπολοίπων, προκύπτει ότι τα όρια σφάλματος είναι ανεξάρτητα με διακύμανση περίπου 0,044.

5.8.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα του τελικού μοντέλου προκύπτει η ακόλουθη μαθηματική σχέση για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση:

$$LN(F/P) = 10,476 - 9,996 * HDI + 0,029 * S/P - 0,033 * \sqrt{BioPkm}$$

Από την παραπάνω μαθηματική σχέση για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης HDI είναι αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **αύξηση της τιμής του HDI έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

Αρνητικός προκύπτει και ο συντελεστής της μεταβλητής των επιβατοχιλιομέτρων, που σημαίνει ότι **αύξηση των επιβατοχιλιομέτρων οδηγεί σε μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

Ο συντελεστής των αυτοκτονιών προκύπτει θετικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **η αύξηση των αυτοκτονιών συσχετίζεται θετικά με την αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

5.9 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2006-2010

5.9.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

Information Criteria ^a	
-2 Restricted Log Likelihood	94,446
Akaike's Information Criterion (AIC)	96,446
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	96,478
Bozdogan's Criterion (CAIC)	100,298
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	99,298

The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.17 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2006-2010

Type III Tests of Fixed Effects^a

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	128	46,184	,000
Group	2	128	7,222	,001
HDI	1	128	30,614	,000
Suicidesrateper100000pop	1	128,000	1,926	,168
sqrtBioPkm	1	128	1,859	,175
Group * HDI	2	128	6,965	,001
Group * Suicidesrateper100000pop	2	128,000	,610	,545
Group * sqrtBioPkm	2	128	6,793	,002

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.18 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2006-2010

Estimates of Fixed Effects^a

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Intercept	4,038873	1,077602	128	3,748	,000	1,906653	6,171093
[Group=1]	5,678484	2,626760	128,000	2,162	,032	,480992	10,875977
[Group=2]	12,779062	3,808083	128	3,356	,001	5,244120	20,314004
[Group=3]	0 ^b	0	.	.	.	.	.
HDI	-2,662283	1,325381	128	-2,009	,047	-5,284775	-,039791
Suicidesrateper100000pop	,020841	,004590	128	4,540	,000	,011759	,029924
sqrtBioPkm	,031116	,009233	128	3,370	,001	,012847	,049384
[Group=1] * HDI	-5,956944	2,869374	128,000	-2,076	,040	-11,634489	-,279398
[Group=2] * HDI	-15,894982	4,754646	128,000	-3,343	,001	-25,302861	-6,487104
[Group=3] * HDI	0 ^b	0	.	.	.	.	.
[Group=1] * Suicidesrateper100000pop	-,012341	,016093	128,000	-,767	,445	-,044183	,019501
[Group=2] * Suicidesrateper100000pop	-,016141	,019074	128	-,846	,399	-,053882	,021600
[Group=3] * Suicidesrateper100000pop	0 ^b	0	.	.	.	.	.
[Group=1] * sqrtBioPkm	-,067975	,019631	128	-3,463	,001	-,106818	-,029132
[Group=2] * sqrtBioPkm	,016350	,025229	128	,648	,518	-,033568	,066269
[Group=3] * sqrtBioPkm	0 ^b	0	.	.	.	.	.

a. Dependent Variable: LNFP105.

b. This parameter is set to zero because it is redundant.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.19 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2006-2010

Estimates of Covariance Parameters^a

Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Residual	,091276	,011409	8,000	,000	,071442	,116616

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.20 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για το σύνολο των κρατών 2006-2010

Ο έλεγχος προσαρμογής του μοντέλου εξετάζεται με το κριτήριο -2 Restricted Log Likelihood.

L(b) =94,446

$$L(0) = 184,698$$

$$LRT = -2*(L(b)-L(0)) = 180,5$$

$$ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ = 11$$

Για επίπεδο σημαντικότητας 5% και 11 βαθμούς ελευθερίας $\chi^2 = 19,68$

Επομένως ισχύει $L > \chi^2$ αφού $180,5 > 19,68$ άρα το μοντέλο είναι **στατιστικά αποδεκτό**.

Επίσης, παρατηρείται ότι οι μεταβλητές της ομάδας των κρατών, ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI), η αλληλεπίδραση της ομάδας των κρατών με τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης και η αλληλεπίδραση της ομάδας των κρατών με τα επιβατοχιλιόμετρα προκύπτουν στατιστικά σημαντικές, σε αντίθεση με την αλληλεπίδραση της ομάδας των κρατών με τις αυτοκτονίες. Όσον αφορά τις αυτοκτονίες και τα επιβατοχιλιόμετρα μπορούμε οριακά να τα αποδεχτούμε.

Οι συντελεστές των μεταβλητών HDI, S/P και sqrtBioPkm προκύπτουν στατιστικά σημαντικοί, όπως αποδεικνύεται από τα t-tests. Από τον ίδιο πίνακα προκύπτει ότι η επιρροή της ομάδας των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση έχει στατιστικά σημαντική διαφορά από εκείνη των μεγάλων χωρών, ομοίως και από την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση. Επίσης, από τις αλληλεπιδράσεις των ομάδων των κρατών με τις μεταβλητές του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης, των αυτοκτονιών και των επιβατοχιλιομέτρων, στατιστικά σημαντική διαφορά παρουσιάζει η αλληλεπίδραση της ομάδας των μεγάλων χωρών με τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης, η αλληλεπίδραση της ομάδας των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση με τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης και της ομάδας των χωρών με υψηλή οικονομική επίδοση με τα επιβατοχιλιόμετρα.

Τέλος, από τον πίνακα ελέγχου διακύμανσης των υπολοίπων, προκύπτει ότι τα όρια σφάλματος είναι ανεξάρτητα με διακύμανση περίπου 0,091.

5.9.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα του τελικού μοντέλου προκύπτει η ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$LN(F/P) = 4,039 - 2,662 * HDI + 0,02 * S/P + 0,031 * sqrtBioPkm + 5,678 * Group_{=1} + 12,779 * Group_{=2} - 5,957 * Group_{=1} * HDI - 15,894 * Group_{=2} * HDI - 0,068 * Group_{=1} * sqrtBioPkm$$

Από αυτήν τη μαθηματική σχέση προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης HDI είναι αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **αύξηση της τιμής του HDI έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**.

Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής των αυτοκτονιών είναι θετικός, το οποίο σημαίνει ότι **αύξηση των αυτοκτονιών συσχετίζεται θετικά με την αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

Ο συντελεστής της μεταβλητής των επιβατοχιλιομέτρων προκύπτει και αυτός θετικός, γεγονός που συνεπάγεται ότι **αύξηση των επιβατοχιλιομέτρων οδηγεί σε αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

Επίσης, **ο συντελεστής της ομάδας των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση (Group=1) και της ομάδας των μεγάλων χωρών (Group=2)** προέκυψε στατιστικά σημαντικός και έχει θετικό πρόσημο. Δεδομένου ότι ως επίπεδο αναφοράς έχει οριστεί η ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση, η τιμή του παραπάνω συντελεστή σημαίνει ότι η ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση συμβάλλει στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα κατά 5,678 περισσότερο από την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση. Ομοίως, η ομάδα των μεγάλων χωρών συμβάλλει στον αριθμό των νεκρών κατά 12,779 περισσότερο από την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση.

Επιπλέον, **η αλληλεπίδραση της ομάδας των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση με τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης** προέκυψε στατιστικά σημαντική και ο συντελεστής της έχει αρνητικό πρόσημο. Αυτό σημαίνει ότι ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης στην ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση συμβάλλει στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στο σύνολο των κρατών της Ευρώπης κατά 5,957 λιγότερο από την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση. Ομοίως και **η αλληλεπίδραση της ομάδας των μεγάλων χωρών με τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης** προέκυψε στατιστικά σημαντική και ο συντελεστής της έχει αρνητικό πρόσημο. Αυτό σημαίνει ότι ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης στην ομάδα των μεγάλων χωρών συμβάλλει στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στο σύνολο των κρατών της Ευρώπης κατά 15,894 λιγότερο από την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση.

Τέλος, **η αλληλεπίδραση της ομάδας των χωρών με υψηλή οικονομική επίδοση με τα επιβατοχιλιόμετρα** προέκυψε στατιστικά σημαντική και ο συντελεστής της έχει αρνητικό πρόσημο. Αυτό σημαίνει ότι τα επιβατοχιλιόμετρα στην ομάδα των χωρών με υψηλή οικονομική επίδοση συμβάλλει στον αριθμό των νεκρών κατά 0,068 λιγότερο από την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση.

5.10 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2006-2010

5.10.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

Information Criteria^a

-2 Restricted Log Likelihood	75,610
Akaike's Information Criterion (AIC)	77,610
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	77,672
Bozdogan's Criterion (CAIC)	80,800
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	79,800

The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.21 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2006-2010

Type III Tests of Fixed Effects^a

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	66,000	8,972	,004
HDI	1	66,000	2,577	,113
Suicidesrateper100000pop	1	66	13,167	,001
sqrtBioPkm	1	66	7,254	,009

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.22 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2006-2010

Estimates of Fixed Effects^a

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Intercept	4,038873	1,348376	66,000	2,995	,004	1,346754	6,730992
HDI	-2,662283	1,658415	66,000	-1,605	,113	-5,973415	,648849
Suicidesrateper100000pop	,020841	,005743	66	3,629	,001	,009374	,032309
sqrtBioPkm	,031116	,011553	66	2,693	,009	,008050	,054181

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.23 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2006-2010

Estimates of Covariance Parameters^a

Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Residual	,142910	,024877	5,745	,000	,101598	,201019

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.24 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση 2006-2010

Ο έλεγχος προσαρμογής του μοντέλου εξετάζεται με το κριτήριο -2 Restricted Log Likelihood.

$$L(b) = 75,61$$

$$L(0) = 79,566$$

$$LRT = -2 * (L(b) - L(0)) = 7,91$$

$$\text{ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ} = 3$$

Για επίπεδο σημαντικότητας 5% και 3 βαθμούς ελευθερίας $\chi^2 = 7,81$

Επομένως ισχύει $L > \chi^2$ αφού $7,91 > 7,81$ άρα το μοντέλο είναι **στατιστικά αποδεκτό**.

Παρατηρείται ότι οι μεταβλητές των αυτοκτονιών και των επιβατοχιλιομέτρων είναι στατιστικά σημαντικές, ενώ και η μεταβλητή του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) μπορεί να θεωρηθεί οριακά στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 10% λόγω της ικανοποιητικής τιμής του F-test.

Οι συντελεστές των S/P και sqrtBioPkm προκύπτουν στατιστικά σημαντικοί όπως αποδεικνύεται από τα t-tests, ομοίως και του HDI οριακά.

Τέλος, από τον πίνακα ελέγχου διακύμανσης των υπολοίπων, προκύπτει ότι τα όρια σφάλματος είναι ανεξάρτητα με διακύμανση περίπου 0,143.

5.10.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα του τελικού μοντέλου προκύπτει η ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$LN(F/P) = 4,039 - 2,662 * HDI + 0,02 * S/P + 0,031 * \text{sqrtBioPkm}$$

Από την παραπάνω μαθηματική σχέση για την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης προκύπτει αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **αύξηση του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης επιφέρει μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**.

Επίσης ο συντελεστής της μεταβλητής των αυτοκτονιών προκύπτει θετικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **αύξηση των αυτοκτονιών συσχετίζεται θετικά με την αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

Θετικός προκύπτει και ο συντελεστής της μεταβλητής των επιβατοχιλιομέτρων, που σημαίνει ότι **αύξηση των επιβατοχιλιομέτρων οδηγεί σε αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

5.11 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΤΩΝ ΜΕΓΑΛΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2006-2010

5.11.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

Information Criteria^a

-2 Restricted Log Likelihood	-17,788
Akaike's Information Criterion (AIC)	-15,788
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	-15,577
Bozdogan's Criterion (CAIC)	-13,743
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	-14,743

The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.25 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2006-2010

Type III Tests of Fixed Effects^a

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	21,000	120,005	,000
HDI	1	21,000	93,485	,000
Suicidesrateper100000pop	1	21,000	,365	,552
sqrtBioPkm	1	21,000	23,134	,000

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.26 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2006-2010

Estimates of Fixed Effects^a

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Intercept	16,817935	1,535226	21,000	10,955	,000	13,625258	20,010612
HDI	-18,557265	1,919302	21,000	-9,669	,000	-22,548671	-14,565859
Suicidesrateper100000pop	,004701	,007782	21,000	,604	,552	-,011482	,020884
sqrtBioPkm	,047466	,009869	21,000	4,810	,000	,026943	,067989

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.27 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2006-2010

Estimates of Covariance Parameters^a

Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Residual	,016126	,004977	3,240	,001	,008807	,029527

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.28 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για την ομάδα των μεγάλων χωρών 2006-2010

Ο έλεγχος προσαρμογής του μοντέλου εξετάζεται με το κριτήριο -2 Restricted Log Likelihood.

$$L(b) = -17,788$$

$$L(0) = 10,559$$

$$LRT = -2 \cdot (L(b) - L(0)) = 56,694$$

$$\text{ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ} = 3$$

Για επίπεδο σημαντικότητας 5% και 3 βαθμούς ελευθερίας $\chi^2 = 7,81$

Επομένως ισχύει $L > \chi^2$ αφού $56,694 > 7,81$ άρα το μοντέλο είναι **στατιστικά αποδεκτό**.

Παρατηρείται ότι οι μεταβλητές του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI), και των επιβατοχιλιόμετρων είναι στατιστικά σημαντικές, σε αντίθεση με τις αυτοκτονίες.

Οι συντελεστές των μεταβλητών HDI και sqrtBioPkm προκύπτουν στατιστικά σημαντικοί, όπως αποδεικνύεται από τα t-tests, σε αντίθεση με τον συντελεστή της μεταβλητής S/P.

Τέλος, από τον πίνακα ελέγχου διακύμανσης των υπολοίπων, προκύπτει ότι τα όρια σφάλματος είναι ανεξάρτητα με διακύμανση περίπου 0,016.

5.11.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα του τελικού μοντέλου προκύπτει η ακόλουθη μαθηματική σχέση για την ομάδα των μεγάλων χωρών:

$$LN(F/P) = 16,818 - 18,557 * HDI + 0,047 * \sqrt{BioPkm}$$

Από την παραπάνω μαθηματική σχέση για την ομάδα των μεγάλων χωρών προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης HDI είναι αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **αύξηση της τιμής του HDI έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

Αντίθετα, θετικός προκύπτει ο συντελεστής της μεταβλητής των επιβατοχιλιομέτρων, που σημαίνει ότι **αύξηση των επιβατοχιλιομέτρων οδηγεί σε αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

5.12 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΜΕ ΥΨΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΗΝ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ 2006-2010

5.12.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

Information Criteria ^a	
-2 Restricted Log Likelihood	2,291
Akaike's Information Criterion (AIC)	4,291
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	4,394
Bozdogan's Criterion (CAIC)	7,005
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	6,005

The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.29 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2006-2010

Type III Tests of Fixed Effects^a

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	41	32,195	,000
HDI	1	41	22,444	,000
Suicidesrateper100000pop	1	41	,594	,445
sqrtBioPkm	1	41	8,857	,005

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.30 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2006-2010

Estimates of Fixed Effects^a

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Intercept	9,717357	1,712580	41	5,674	,000	6,258732	13,175982
HDI	-8,619226	1,819375	41	-4,737	,000	-12,293529	-4,944924
Suicidesrateper100000pop	,008500	,011027	41	,771	,445	-,013769	,030769
sqrtBioPkm	-,036859	,012385	41	-2,976	,005	-,061871	-,011847

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.31 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2006-2010

Estimates of Covariance Parameters^a

Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Residual	,046650	,010303	4,528	,000	,030259	,071920

a. Dependent Variable: LNFP105.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.32 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση 2006-2010

Ο έλεγχος προσαρμογής του μοντέλου εξετάζεται με το κριτήριο -2 Restricted Log Likelihood.

$$L(b) = 2,291$$

$$L(0) = 25,396$$

$$LRT = -2 \cdot (L(b) - L(0)) = 46,21$$

$$\text{ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ} = 3$$

Για επίπεδο σημαντικότητας 5% και 3 βαθμούς ελευθερίας $\chi^2 = 7,81$

Επομένως ισχύει $L > \chi^2$ αφού $46,21 > 7,81$ άρα το μοντέλο είναι **στατιστικά αποδεκτό**.

Παρατηρείται ότι οι μεταβλητές του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) και των επιβατοχιλιομέτρων είναι στατιστικά σημαντικές, σε αντίθεση με τις αυτοκτονίες.

Οι συντελεστές των μεταβλητών HDI και sqrtBioPkm προκύπτουν στατιστικά σημαντικοί όπως αποδεικνύεται από τα t-tests, σε αντίθεση με τον συντελεστή της μεταβλητής S/P.

Τέλος, από τον πίνακα ελέγχου διακύμανσης των υπολοίπων, προκύπτει ότι τα όρια σφάλματος είναι ανεξάρτητα με διακύμανση περίπου 0,046.

5.12.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα του τελικού μοντέλου προκύπτει η ακόλουθη μαθηματική σχέση για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση:

$$LN(F/P) = 9,717 - 8,619 * HDI - 0,037 * sqrtBioPkm$$

Από την παραπάνω μαθηματική σχέση για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης HDI είναι αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι **αύξηση της τιμής του HDI έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

Αρνητικός προκύπτει και ο συντελεστής της μεταβλητής των επιβατοχιλιομέτρων, που σημαίνει ότι **αύξηση των επιβατοχιλιομέτρων οδηγεί σε μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.**

5.13 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή που περιέχεται στη μαθηματική σχέση του μοντέλου εκφράζεται ποσοτικά μέσω του μεγέθους της σχετικής επιρροής. Ο υπολογισμός του μεγέθους αυτού βασίζεται στη θεωρία της ελαστικότητας και αντικατοπτρίζει την ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής στη μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Η ελαστικότητα είναι αδιάστατο μέγεθος και δεν εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης των μεταβλητών. Σε συνδυασμό με το πρόσημο των μεταβλητών είναι πιθανό να προσδιοριστεί αν η αύξηση κάποιας ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει αύξηση ή μείωση στην εξαρτημένη. Η ελαστικότητα για γραμμικά μοντέλα δίνεται από τη σχέση:

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

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

Ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών δίνεται ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη μεταβλητή.

Εφαρμόζοντας την παραπάνω σχέση για καθεμία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές των μοντέλων που δημιουργήθηκαν και υπολογίζοντας τον μέσο όρο προέκυψαν οι εξής τιμές:

ΣΥΝΟΛΟ ΚΡΑΤΩΝ						
Ανεξάρτητες μεταβλητές	ΜΟΝΤΕΛΟ 2006-2010			ΜΟΝΤΕΛΟ 2011-2015		
	Τιμές συντελεστών	Σχετική επιρροή		Τιμές συντελεστών	Σχετική επιρροή	
		ει* (σχετική επιρροή)	ει (ελαστικότητα)		ει* (σχετική επιρροή)	ει (ελαστικότητα)
Σταθερός όρος	4,039			6,406		
HDI	-2,662	-8,66	-1,160	-5,929	-22,13	-4,005
Suicides rate per100.000pop	0,02	1,00	0,134	0,019	1,00	0,181
sqrtBioPkm	0,031	1,41	0,189	0,038	2,19	0,396

ΚΡΑΤΗ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ						
Ανεξάρτητες μεταβλητές	ΜΟΝΤΕΛΟ 2006-2010			ΜΟΝΤΕΛΟ 2011-2015		
	Τιμές συντελεστών	Σχετική επιρροή		Τιμές συντελεστών	Σχετική επιρροή	
		ει* (σχετική επιρροή)	ει (ελαστικότητα)		ει* (σχετική επιρροή)	ει (ελαστικότητα)
Σταθερός όρος	4,039			6,406		
HDI	-2,662	-12,32	-0,936	-5,929	-24,28	-2,598
Suicides rate per100.000pop	0,02	1,71	0,130	0,019	1,38	0,148
sqrtBioPkm	0,031	1,00	0,076	0,038	1,00	0,107

ΜΕΓΑΛΕΣ ΧΩΡΕΣ						
Ανεξάρτητες μεταβλητές	ΜΟΝΤΕΛΟ 2006-2010			ΜΟΝΤΕΛΟ 2011-2015		
	Τιμές συντελεστών	Σχετική επιρροή		Τιμές συντελεστών	Σχετική επιρροή	
		ει* (σχετική επιρροή)	ει (ελαστικότητα)		ει* (σχετική επιρροή)	ει (ελαστικότητα)
Σταθερός όρος	16,818			15,811		
HDI	-18,557	-12,76	-9,531	-18,131	-67,91	-11,477
Suicides rate per100.000pop				0,025	1,00	0,169
sqrtBioPkm	0,047	1,00	0,747	0,061	6,70	1,133

ΚΡΑΤΗ ΜΕ ΥΨΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ						
Ανεξάρτητες μεταβλητές	ΜΟΝΤΕΛΟ 2006-2010			ΜΟΝΤΕΛΟ 2011-2015		
	Τιμές συντελεστών	Σχετική επιρροή		Τιμές συντελεστών	Σχετική επιρροή	
		ει* (σχετική επιρροή)	ει (ελαστικότητα)		ει* (σχετική επιρροή)	ει (ελαστικότητα)
Σταθερός όρος	9,717			10,476		
HDI	-8,619	23,08	-4,755	-9,996	29,86	-6,569
Suicides rate per100.000pop				0,029	-1,20	0,263
sqrtBioPkm	-0,037	1,00	-0,206	-0,033	1,00	-0,220

ΣΥΝΟΛΟ ΚΡΑΤΩΝ

(2006-2010): Η μεταβλητή του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης παρουσιάζει 8,66 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή των αυτοκτονιών. Η μεταβλητή των επιβατοχιλιομέτρων παρουσιάζει 1,41 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή των αυτοκτονιών.

(2011-2015): Η μεταβλητή του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης παρουσιάζει 22,13 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή των αυτοκτονιών. Η μεταβλητή των επιβατοχιλιομέτρων παρουσιάζει 2,19 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή των αυτοκτονιών.

ΚΡΑΤΗ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ

(2006-2010): Η μεταβλητή του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης παρουσιάζει 12,32 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή των επιβατοχιλιομέτρων. Η μεταβλητή των αυτοκτονιών παρουσιάζει 1,71 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή των επιβατοχιλιομέτρων.

(2011-2015): Η μεταβλητή του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης παρουσιάζει 24,28 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή των επιβατοχιλιομέτρων. Η μεταβλητή των αυτοκτονιών παρουσιάζει 1,38 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή των επιβατοχιλιομέτρων.

ΜΕΓΑΛΕΣ ΧΩΡΕΣ

(2006-2010): Η μεταβλητή του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης παρουσιάζει 12,76 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή των επιβατοχιλιομέτρων.

(2011-2015): Η μεταβλητή του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης παρουσιάζει 67,91 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή των αυτοκτονιών. Η μεταβλητή των επιβατοχιλιομέτρων παρουσιάζει 6,70 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή των αυτοκτονιών.

ΚΡΑΤΗ ΜΕ ΥΨΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ

(2006-2010): Η μεταβλητή του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης παρουσιάζει 23,08 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή των επιβατοχιλιομέτρων.

(2011-2015): Η μεταβλητή του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης παρουσιάζει 29,86 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή των επιβατοχιλιομέτρων. Η μεταβλητή των αυτοκτονιών παρουσιάζει 1,20 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή των επιβατοχιλιομέτρων.

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτει ότι σε όλα τα μοντέλα η ανεξάρτητη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα είναι **ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI)**.

5.13.1 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ 2006-2010 ΚΑΙ 2011-2015 ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ

Ο εντοπισμός των διαφορών ανάμεσα στα μοντέλα του 2006-2010 και του 2011-2015 θα βοηθήσει να διαπιστωθεί ο τρόπος με τον οποίο η οικονομική κρίση επηρέασε τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στην Ευρώπη. Το 2010 θεωρείται ως το έτος ορόσημο μετά το οποίο η οικονομία στην πλειοψηφία των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης αρχίζει να ανακάμπτει μετά την οικονομική κρίση.

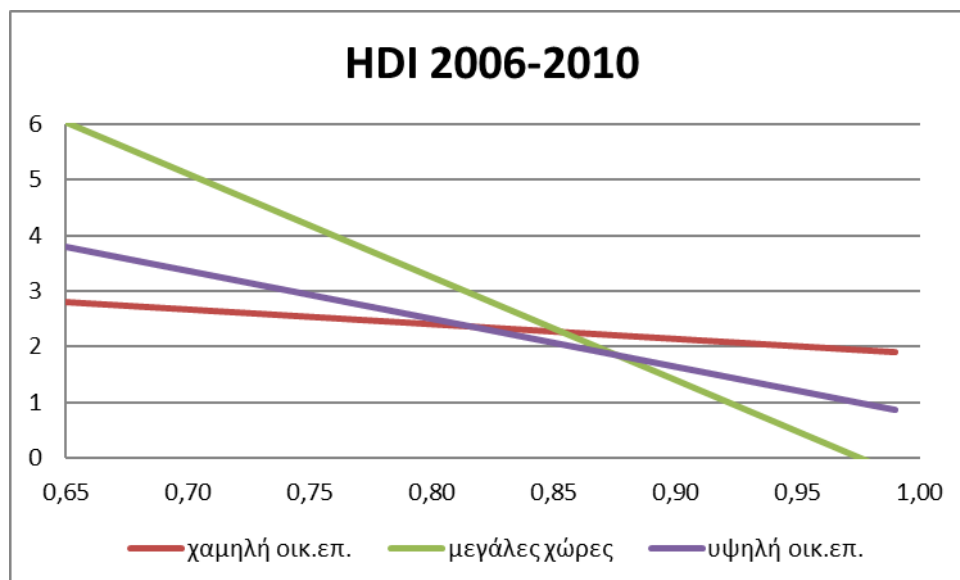
Παρατηρείται ότι η εξέλιξη της οικονομίας επιδρά στην εξέλιξη των οδικών ατυχημάτων περισσότερο από τους κοινωνικούς και τους συγκοινωνιακούς δείκτες. Μετά την οικονομική κρίση **η επίδραση της οικονομίας είναι ακόμα μεγαλύτερη** (2,5 φορές μεγαλύτερη).

Για τη μεταβλητή των επιβατοχιλιομέτρων παρατηρείται αύξηση της σχετικής επιρροής στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα (1,5 φορά μεγαλύτερη). Τα επιβατοχιλιόμετρα κατά την πενταετία 2006-2010 που συμπεριλαμβάνει την οικονομική κρίση έχουν μικρότερη επιρροή διότι οι πολίτες επηρεασμένοι από την οικονομική κρίση μειώνουν τις μετακινήσεις τους και ο κυκλοφοριακός φόρτος μειώνεται. Συνεπώς, η επιρροή των επιβατοχιλιομέτρων στα οδικά ατυχήματα είναι μικρότερη. Αντιθέτως, την περίοδο 2011-2015 που η οικονομία της Ευρώπης ανακάμπτει, οι μετακινήσεις και ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνονται, οπότε και η επιρροή των επιβατοχιλιομέτρων στα οδικά ατυχήματα είναι μεγαλύτερη.

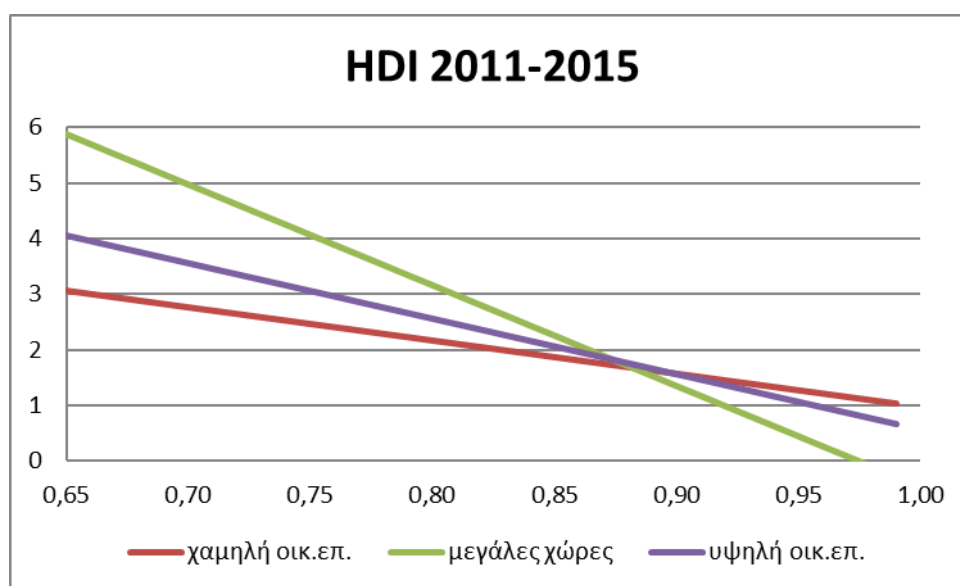
5.14 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται ορισμένα **διαγράμματα ευαισθησίας** που αναπτύχθηκαν με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη.

Τα διαγράμματα αυτά προκύπτουν αν στην τελική εξίσωση κάθε μοντέλου παραμείνουν σταθερές οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές και δίνοντας διάφορες τιμές στην εξεταζόμενη ανεξάρτητη μεταβλητή.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1 Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα 2006-2010

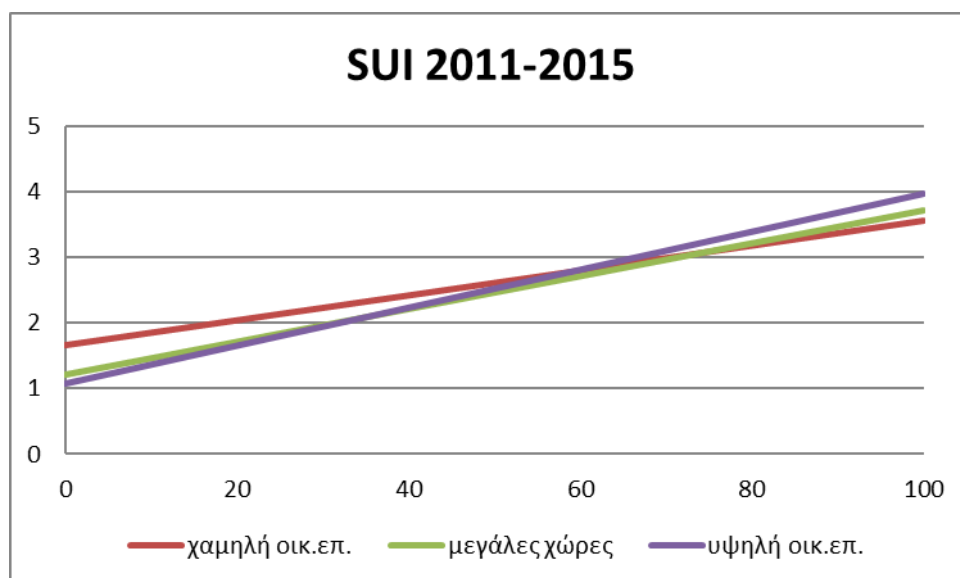


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2 Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα 2011-2015

Στα παραπάνω διαγράμματα διαπιστώνεται ότι ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) παρουσιάζει την μεγαλύτερη κλίση **στην ομάδα των μεγάλων χωρών**, γεγονός που συνεπάγεται ότι ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης έχει μεγαλύτερη επιρροή στη συγκεκριμένη ομάδα συγκριτικά με τις άλλες ομάδες κρατών. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στις περισσότερες

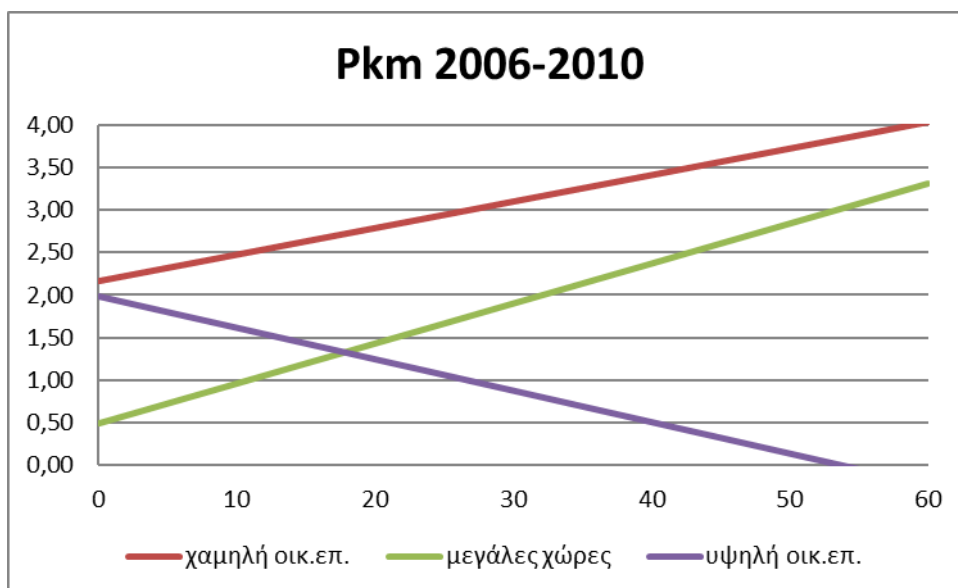
ανισότητες που υπάρχουν στις χώρες αυτές, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερο περιθώριο βελτίωσης της οικονομικής κατάστασης σημαντικού μέρους του πληθυσμού το οποίο στη συνέχεια αντικατοπτρίζεται και στα αποτελέσματα της οδικής ασφάλειας.

Επιπλέον, παρατηρείται ότι ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) έχει την μικρότερη επιρροή στα **κράτη με χαμηλή οικονομική επίδοση**. Σημειώνεται ότι κατά κύριο λόγο τα κράτη με χαμηλή οικονομική επίδοση είναι επίσης και τα κράτη με την χαμηλότερη επίδοση στην οδική ασφάλεια. Οι χαμηλές επιδόσεις των κρατών αυτών στην οδική ασφάλεια μπορεί να οφείλονται και σε άλλους παράγοντες πέραν των οικονομικών όπως για παράδειγμα έλλειμμα παιδείας, σωστής εκπαίδευσης των οδηγών, λιγότερο αυστηρής αστυνόμευσης, κτλ. Επομένως, η βελτίωση του οικονομικού επιπέδου πιθανώς να μην επαρκεί στον ίδιο βαθμό με τα άλλα κράτη για την επίτευξη της βελτίωσης της οδικής ασφάλειας, αλλά θα πρέπει να συνδυαστεί παράλληλα και με μια άλλη σειρά μέτρων.

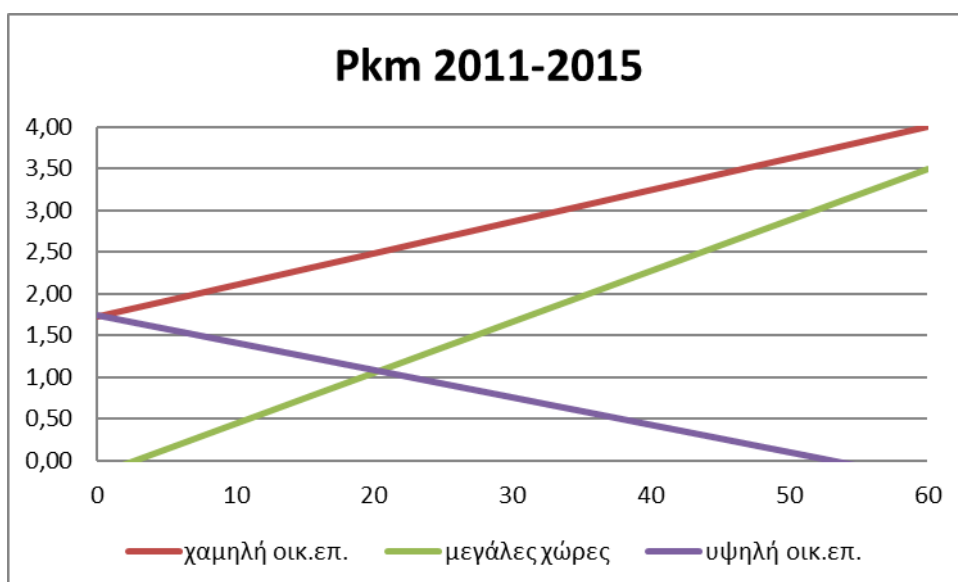


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3 Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του δείκτη των αυτοκτονιών στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα 2011-2015

Στο παραπάνω διάγραμμα η επιρροή των αυτοκτονιών δεν φαίνεται να παρουσιάζει πολύ μεγάλη διαφορά μεταξύ των διαφορετικών ομάδων κρατών. Παρ' όλα αυτά φαίνεται ότι η επίδοση της οδικής ασφάλειας στα κράτη με υψηλή οικονομική απόδοση επηρεάζεται λίγο περισσότερο από αλλαγές στις κοινωνικές συνθήκες σε σχέση με τα υπόλοιπα κράτη. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι τα κράτη αυτά έχουν καλύτερες υποδομές ή ασφαλέστερα οχήματα και επομένως ο ανθρώπινος παράγοντας και οι συνθήκες που τον επηρεάζουν να επιδρούν περισσότερο στην εξέλιξη της οδικής ασφάλειας.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.4 Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του δείκτη των επιβατοχιλιομέτρων στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα 2006-2010



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.5 Διάγραμμα ευαισθησίας για την επιρροή του δείκτη των επιβατοχιλιομέτρων στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα 2011-2015

Αύξηση των **διανυόμενων επιβατοχιλιομέτρων** σημαίνει αύξηση της έκθεσης σε κίνδυνο των χρηστών της οδού και κατά συνέπεια υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος τραυματισμού (θανάσιμου ή μη) σε ατύχημα.

Παρ' όλα αυτά, στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται αρνητική συσχέτιση μεταξύ των επιβατοχιλιομέτρων και του αριθμού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα για τα **κράτη με υψηλή οικονομική επίδοση**. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι μετά από ένα σημείο οικονομικής ανάπτυξης, αλλά και αύξησης του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων, οι παράγοντες που συμβάλλουν στη διαμόρφωση κατάλληλης οδικής παιδείας και οι

συνθήκες για την επίτευξη υψηλού επιπέδου οδικής ασφάλειας να έχουν εξασφαλιστεί, με αποτέλεσμα η αύξηση της κινητικότητας να μην συνεπάγεται απαραίτητα αύξηση της έκθεσης σε κίνδυνο ατυχήματος.

5.14.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΥΟ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΔΩΝ

Στα διαγράμματα ευαισθησίας που παρουσιάστηκαν δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στην επιρροή των υπό εξέταση μεταβλητών στην οδική ασφάλεια μεταξύ των δύο χρονικών περιόδων.

Φαίνεται να υπάρχει μεγαλύτερη μεταβολή της επιρροής του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) στα οδικά ατυχήματα στα κράτη με χαμηλή οικονομική επίδοση, και μάλιστα η επιρροή αυτή είναι μεγαλύτερη κατά την περίοδο 2011-2015. Δεδομένου ότι η οικονομική κρίση επηρέασε περισσότερο αυτά τα κράτη και τα αποτελέσματά της ήταν περισσότερο εμφανή, πιθανώς οι οικονομικές μεταβολές να καθορίζουν σε μεγαλύτερο βαθμό την επίδοση της οδικής ασφάλειας τα μετέπειτα χρόνια. Δηλαδή, όσο πιο πολύ ένα κράτος πληγεί από την οικονομική κρίση τόσο πιο εμφανή είναι τα αποτελέσματα της ανάκαμψης της οικονομίας στην οδική ασφάλεια σε βάθος χρόνου.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι να διερευνηθούν οι **οικονομικοί, κοινωνικοί και συγκοινωνιακοί δείκτες επιρροής της οδικής ασφάλειας στην περίοδο της κρίσης στην Ευρώπη** με τη χρήση στατιστικών μοντέλων.

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 διάφορων οργανισμών, όπως World Bank, UNDP, WHO, EUROSTAT, IRF και αναπτύχθηκε η σχετική βάση δεδομένων.

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 την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το Γραμμικό Μικτό Μοντέλο. **Αναπτύχθηκαν συνολικά οκτώ στατιστικά μοντέλα με τις ίδιες μεταβλητές** και πιο συγκεκριμένα τέσσερα για την πενταετία 2006-2010 και τέσσερα για την πενταετία 2011-2015, για να μελετηθεί αν υπήρχε κάποια διαφοροποίηση στην επιρροή των μεταβλητών στην οδική ασφάλεια μετά το πέρας της κρίσης. Για κάθε πενταετία το ένα αφορούσε το σύνολο των κρατών της Ευρώπης και τα υπόλοιπα τρία τα κράτη με χαμηλή οικονομική επίδοση, τις μεγάλες χώρες και τα κράτη με υψηλή οικονομική επίδοση. Σε όλα τα μοντέλα επιλέχθηκε ως εξαρτημένη μεταβλητή ο λογάριθμος του αριθμού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα ανά 100.000 πληθυσμού και ως ανεξάρτητες μεταβλητές ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης, οι αυτοκτονίες ανά 100.000 πληθυσμού και τα επιβατοχιλιόμετρα.

Πρέπει να επισημανθεί ότι η διαδικασία ανάπτυξης των μοντέλων τόσο για το σύνολο των κρατών όσο και για κάθε ομάδα ξεχωριστά, έγινε μετά από αρκετές δοκιμές για διάφορους συνδυασμούς ανεξάρτητων μεταβλητών. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα αποτελέσματα των τελικών μοντέλων.

2011-2015																
Parameter	ΣΥΝΟΛΟ ΚΡΑΤΩΝ				ΧΑΜΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ(group 3)				ΜΕΓΑΛΕΣ ΧΩΡΕΣ(group=2)				ΥΨΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ(group=1)			
	Estimate	t	Sig	ei*	Estimate	t	Sig	ei*	Estimate	t	Sig	ei*	Estimate	t	Sig	ei*
Intercept	6,406	7,552	0,000		6,406	6,694	0,000		15,811	8,332	0,000		10,476	5,289	0,000	
Group=1	4,069	1,791	0,076													
Group=2	9,405	2,910	0,004													
Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης	-5,929	-5,786	0,000	-22,13	-5,929	-5,128	0,000	-24,28	-18,131	-7,829	0,000	-67,91	-9,996	-4,838	0,000	29,86
Αυτοκτονίες	0,019	5,166	0,000	1,00	0,019	4,579	0,000	1,38	0,025	2,535	0,019	1,00	0,029	1,703	0,096	-1,20
Διανώμενα Επιβατοχλόμετρα	0,038	5,613	0,000	2,19	0,038	4,974	0,000	1,00	0,061	5,859	0,000	6,70	-0,033	-2,421	0,020	1,00
Group=1*(Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης)	-4,067	-1,677	0,096													
Group=2*(Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης)	-12,201	-3,096	0,002													
Group=1* (Αυτοκτονίες)																
Group=2* (Αυτοκτονίες)																
Group=1*(Διανώμενα Επιβατοχλόμετρα)	-0,071	-4,426	0,000													
Group=2*(Διανώμενα Επιβατοχλόμετρα)																
2006-2010																
Parameter	ΣΥΝΟΛΟ ΚΡΑΤΩΝ				ΧΑΜΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ(group 3)				ΜΕΓΑΛΕΣ ΧΩΡΕΣ(group=2)				ΥΨΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ(group=1)			
	Estimate	t	Sig	ei*	Estimate	t	Sig	ei*	Estimate	t	Sig	ei*	Estimate	t	Sig	ei*
Intercept	4,039	3,748	0,000		4,038	2,905	0,004		16,817	10,955	0,000		9,717	5,674	0,000	
Group=1	5,678	2,162	0,032													
Group=2	12,779	3,356	0,001													
Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης	-2,662	-2,009	0,047	-8,66	-2,662	-1,605	0,113	-12,32	-18,557	-9,669	0,000	-12,76	-8,619	-4,737	0,000	23,08
Αυτοκτονίες	0,020	4,540	0,000	1,00	0,020	3,629	0,001	1,71								
Διανώμενα Επιβατοχλόμετρα	0,031	3,370	0,001	1,41	0,031	2,693	0,009	1,00	0,047	4,810	0,000	1,00	-0,037	-2,976	0,005	1,00
Group=1*(Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης)	-5,957	-2,076	0,040													
Group=2*(Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης)	-15,894	-3,343	0,001													
Group=1* (Αυτοκτονίες)																
Group=2* (Αυτοκτονίες)																
Group=1*(Διανώμενα Επιβατοχλόμετρα)	-0,068	-3,463	0,001													
Group=2*(Διανώμενα Επιβατοχλόμετρα)																

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1 Συγκεντρωτικός Πίνακας μοντέλων

6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν αποτελέσματα άμεσα συνδεδεμένα με τον κύριο στόχο που είχε τεθεί αρχικά. Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Διαπιστώθηκε ότι η **αύξηση του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) συσχετίζεται με τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**. Πρόκειται για έναν δείκτη που υποδεικνύει την οικονομική ανάπτυξη ενός κράτους και τη συνήθως συνεπαγόμενη υψηλότερη κουλτούρα οδικής ασφάλειας, επομένως οι σχέσεις που προέκυψαν είναι σύμφωνες με τη διεθνή βιβλιογραφία.
2. Για το σύνολο των κρατών, την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση και των μεγάλων χωρών, βρέθηκε ότι η **αύξηση των διανυόμενων επιβατοχιλιομέτρων συσχετίζεται θετικά με την αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**. Σημαίνει δηλαδή αύξηση της έκθεσης σε κίνδυνο των χρηστών της οδού και κατά συνέπεια υπάρχει υψηλότερος κίνδυνος τραυματισμού (θανάσιμου ή μη) σε ατύχημα.
3. Σε αντίθεση με τις άλλες ομάδες των κρατών, αλλά και το σύνολό τους **για την ομάδα των κρατών με υψηλή οικονομική επίδοση παρατηρείται αρνητική συσχέτιση μεταξύ των επιβατοχιλιομέτρων και του αριθμού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα**. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι μετά από ένα σημείο οικονομικής ανάπτυξης, αλλά και αύξησης του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων, οι παράγοντες που συμβάλλουν στη διαμόρφωση κατάλληλης οδικής παιδείας και οι συνθήκες για την επίτευξη υψηλού επιπέδου οδικής ασφάλειας να έχουν εξασφαλιστεί, με αποτέλεσμα η αύξηση της κινητικότητας να μην συνεπάγεται απαραίτητα αύξηση της έκθεσης σε κίνδυνο ατυχήματος.
4. Σχετικά με τον αριθμό των αυτοκτονιών, προέκυψε ότι **η αύξηση των αυτοκτονιών συσχετίζεται θετικά με τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**. Το φαινόμενο αυτό είναι αρκετά σύνθετο και χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση.
5. Από τα διαγράμματα ευαισθησίας διαπιστώνεται ότι **ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) έχει μεγαλύτερη επιρροή στην ομάδα των μεγάλων χωρών συγκριτικά με τις άλλες ομάδες κρατών**. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στις περισσότερες ανισότητες που υπάρχουν στις χώρες αυτές, με αποτέλεσμα να υπάρχει

μεγαλύτερο περιθώριο βελτίωσης της οικονομικής κατάστασης σημαντικού μέρους του πληθυσμού το οποίο στη συνέχεια αντικατοπτρίζεται και στα αποτελέσματα της οδικής ασφάλειας.

6. **Ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) έχει τη μικρότερη επιρροή στα κράτη με χαμηλή οικονομική επίδοση.** Σημειώνεται ότι κατά κύριο λόγο τα κράτη με χαμηλή οικονομική επίδοση είναι επίσης και τα κράτη με τη χαμηλότερη επίδοση στην οδική ασφάλεια. Οι χαμηλές επιδόσεις των κρατών αυτών στην οδική ασφάλεια μπορεί να οφείλονται και σε άλλους παράγοντες πέραν των οικονομικών όπως για παράδειγμα έλλειμμα παιδείας, σωστής εκπαίδευσης των οδηγών, λιγότερο αυστηρής αστυνόμευσης, κτλ. Επομένως, η βελτίωση του οικονομικού επιπέδου πιθανώς να μην επαρκεί στον ίδιο βαθμό με τα άλλα κράτη για την επίτευξη της βελτίωσης της οδικής ασφάλειας, αλλά θα πρέπει να συνδυαστεί παράλληλα και με μια άλλη σειρά μέτρων.
7. Η επιρροή των αυτοκτονιών δεν φαίνεται να παρουσιάζει πολύ μεγάλη διαφορά μεταξύ των διαφορετικών ομάδων κρατών. Παρ' όλα αυτά φαίνεται ότι **η επίδοση της οδικής ασφάλειας στα κράτη με υψηλή οικονομική απόδοση επηρεάζεται λίγο περισσότερο από αλλαγές στις κοινωνικές συνθήκες σε σχέση με τα υπόλοιπα κράτη.** Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι τα κράτη αυτά έχουν καλύτερες υποδομές ή ασφαλέστερα οχήματα και επομένως ο ανθρώπινος παράγοντας και οι συνθήκες που τον επηρεάζουν να επιδρούν περισσότερο στην εξέλιξη της οδικής ασφάλειας.
8. **Η εξέλιξη της οικονομίας** επιδρά στην εξέλιξη των οδικών ατυχημάτων περισσότερο από τους κοινωνικούς και τους συγκοινωνιακούς δείκτες. Μετά την οικονομική κρίση η επίδραση της οικονομίας είναι ακόμα μεγαλύτερη (2,5 φορές μεγαλύτερη).
9. Για τα διανυόμενα **επιβατοχιλιόμετρα** παρατηρείται **αύξηση της σχετικής επιρροής** στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα την περίοδο **μετά την οικονομική κρίση** (1,5 φορά μεγαλύτερη). Η οικονομία της Ευρώπης ανακάμπτει, οι μετακινήσεις και ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνονται, οπότε και η επιρροή των επιβατοχιλιομέτρων στα οδικά ατυχήματα είναι μεγαλύτερη.
10. Ανάμεσα στις δύο χρονικές περιόδους, φαίνεται να υπάρχει **μεγαλύτερη μεταβολή της επιρροής του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) στα οδικά ατυχήματα στα κράτη με χαμηλή οικονομική επίδοση**, και μάλιστα η επιρροή αυτή είναι μεγαλύτερη

κατά την περίοδο 2011-2015. Δεδομένου ότι η οικονομική κρίση επηρέασε περισσότερο αυτά τα κράτη και τα αποτελέσματά της ήταν περισσότερο εμφανή, πιθανώς οι οικονομικές μεταβολές να καθορίζουν σε μεγαλύτερο βαθμό την επίδοση της οδικής ασφάλειας τα μετέπειτα χρόνια. Δηλαδή, όσο πιο πολύ ένα κράτος πληγεί από την οικονομική κρίση τόσο πιο εμφανή είναι τα αποτελέσματα της ανάκαμψης της οικονομίας στην οδική ασφάλεια σε βάθος χρόνου.

11. Η μέθοδος του **Γραμμικού Μικτού Μοντέλου** είναι κατάλληλη για την ανάλυση της επιρροής οικονομικών, κοινωνικών και συγκοινωνιακών δεικτών στην οδική ασφάλεια.

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.

Οι φορείς της πολιτείας που είναι υπεύθυνοι για την εφαρμογή και την παρακολούθηση της προόδου του εθνικού προγράμματος οδικής ασφάλειας οφείλουν να λαμβάνουν υπόψη την επιρροή οικονομικών, κοινωνικών και συγκοινωνιακών δεικτών κατά τη φάση της αξιολόγησης της εφαρμογής του προγράμματος.

Επίσης, οι αρμόδιοι φορείς και τα όργανα λήψης αποφάσεων, θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη και διάφορα κοινωνικά ζητήματα, καθώς έχουν αντίκτυπο στην ψυχολογία και στην κουλτούρα των πολιτών και κατά συνέπεια στο επίπεδο οδικής ασφάλειας.

Τέλος, τα κράτη οφείλουν να θέσουν ως **στόχο την βελτίωση της ποιότητας της ζωής και της εκπαίδευσης των πολιτών**, καθώς η αύξηση του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης συσχετίζεται με τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.

6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας διερευνήθηκαν οι οικονομικοί, κοινωνικοί και συγκοινωνιακοί δείκτες επιρροής της οδικής ασφάλειας στην περίοδο της κρίσης στην Ευρώπη.

Αρκετά ενδιαφέρουσα θα ήταν η **επέκταση της συγκεκριμένης έρευνας σε μεγαλύτερο αριθμό χωρών και εκτός Ευρώπης** ώστε να γίνουν συγκρίσεις

για τη διαπίστωση αν τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έχουν την ίδια ισχύ παγκοσμίως.

Επιπροσθέτως, ένα ακόμη βήμα περαιτέρω έρευνας θα ήταν να συλλεχθούν δεδομένα από περισσότερα έτη για τις αυτοκτονίες ή και άλλες μεταβλητές που περιγράφουν τις κοινωνικές συνθήκες ώστε να διερευνηθεί περαιτέρω **η συσχέτιση της κοινωνικής κατάστασης με την οδική ασφάλεια**.

Τέλος, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η διερεύνηση της συσχέτισης των ίδιων οικονομικών, κοινωνικών και συγκοινωνιακών δεικτών με τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα με χρήση **άλλων στατιστικών μεθόδων**. Για παράδειγμα, θα ήταν χρήσιμο να συγκεντρωθούν στοιχεία για μεγαλύτερο χρονικό εύρος και να γίνει χρήση ανάλυσης χρονοσειρών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Elizabeth Kopits, Maureen Cropper, Traffic fatalities and economic growth. Accident Analysis & Prevention, Volume 37, Issue 1, January 2005, Pages 169-178, 2005
2. European Commission, 2018 <https://ec.europa.eu/transport/>
3. Fred Wegman, Richard Allsop, Constantinos Antoniou, Ruth Bergel-Hayat, Rune Elvike, Sylvain Lassarre, Daryl Lloyd, Wim Wijneng. How did the economic recession (2008–2010) influence traffic fatalities in OECD-countries? Research article. Accident Analysis & Prevention, Volume 102, Pages 51-59, May 2017
4. Jacobs G. D, Cutting C. A. Further research on accident rates in developing countries. Accident Analysis and Prevention, 18 (2), 119-127, 1986
5. Lassarre S. Analysis of progress in road safety in ten European countries. Accident Analysis and Prevention, 33, pp. 743-751, 2001
6. Reinfurt D.W., Stewart J.R., Weaver N.L. The Economy as a Factor in Motor Vehicle Fatalities, Suicides and Homicides. Accident Analysis and Prevention, Vol:23, Issue:5, pp:453-462, 1991
7. S. Kandrychyn, Y. Razvodovsky Road traffic accidents and suicide rates in Europe. Conference abstract. European Psychiatry, Volume 41, Supplement, Page s888, April 2017
8. Wagenaar A.C. Effects of macroeconomic conditions on the incidence of motor vehicle accidents. Accident Analysis and Prevention, Vol:16, Issue:3, pp. 191-205, 1984
9. WHO- World Health Organization www.who.int/en
10. Xin Li, Liyu Wu, Xianfeng Yang. Exploring the impact of social economic variables on traffic safety performance in Hong Kong: A time series analysis. Safety Science, Volume 109, Pages 67-75, November 2018
11. Yannis G., Antoniou C., Papadimitriou E. Autoregressive nonlinear time-series modeling of traffic fatalities in Europe. Eur. Transp. Res. Rev. (2011) pp.113–127, ., 2011
12. Yannis G., Antoniou C., Papadimitriou E., Katsochis D. When may road fatalities start to decrease? Journal of Safety Research, 42(1), pp.17-25, 2011
13. Γιαννής Γ., Τσουμάνη Α. Συσχετίσεις μακροσκοπικών παραμέτρων οδικής ασφάλειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, Διπλωματική Εργασία, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2006
14. Γιαννής Γ., Φώλλα Κ. Η επιρροή της μεταβολής του Α.Ε.Π. στα οδικά ατυχήματα, Διπλωματική Εργασία, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2012

15. ΕΛ. ΣΤΑΤ. – Ελληνική Στατιστική Αρχή <http://www.statistics.gr>
16. Κοκολάκης Γ., Σπηλιώτης Ι. Εισαγωγή στη θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική. Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 1990
17. Μίχου Υ. Συγκριτική διερεύνηση του κόστους των οδικών ατυχημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, Διπλωματική Εργασία, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2018
18. Προφυλλίδης Β., Μποτζώρης Γ. Ανάλυση και μοντελοποίηση των παραμέτρων οδικής ασφάλειας. 3 ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Πάτρα, 2005
19. Φραντζεσκάκης, Γκόλιας. Οδική Ασφάλεια. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1994