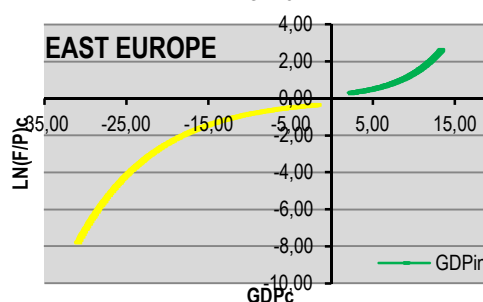
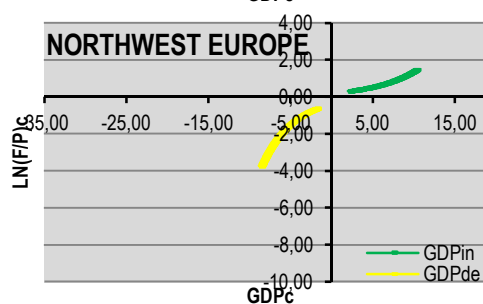
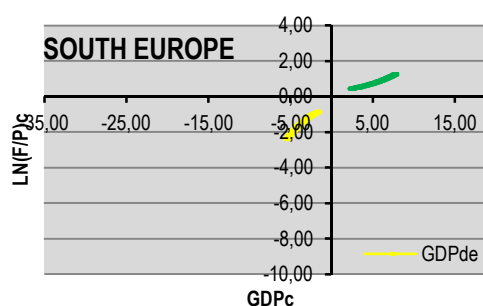
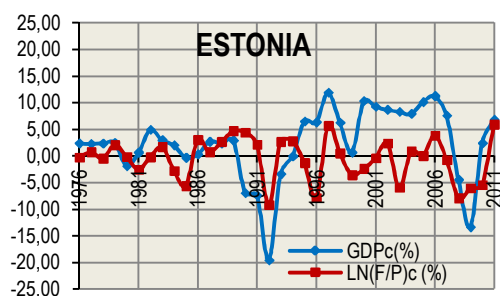
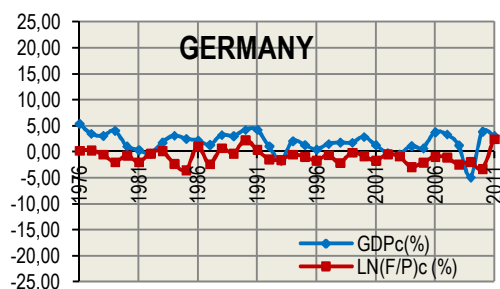
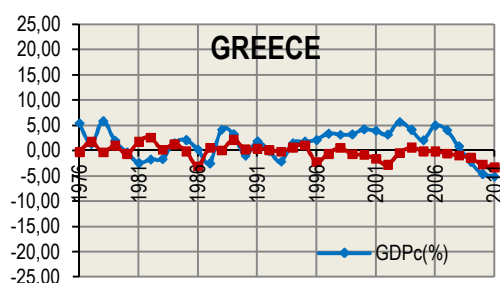




Η ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ Α.Ε.Π. ΣΤΑ ΟΔΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΚΑΤΕΡΙΝΑ ΦΩΛΛΑ

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γ. Γιαννή, Αναπληρωτή 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 την κ. Ε. Παπαδημητρίου, Διδάκτορα Πολιτικό Μηχανικό Ε.Μ.Π., για τις πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις της σε σημαντικά ζητήματα της Διπλωματικής Εργασίας και κυρίως κατά το στάδιο της στατιστικής ανάλυσης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Π. Παπαντωνίου, υποψήφιο Διδάκτορα, για τη συνεισφορά του κατά το στάδιο της συλλογής των στοιχείων.

Αθήνα, Οκτώβριος 2012
Κατερίνα Φώλλα

Η ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ Α.Ε.Π. ΣΤΑ ΟΔΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

Κατερίνα Φώλλα

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

ΣΥΝΟΨΗ

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση της επιρροής της ετήσιας μεταβολής του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (Α.Ε.Π.) στην ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για την ανάλυση αναπτύχθηκε βάση δεδομένων που περιελάμβανε στοιχεία για το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π., τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα και τον πληθυσμό για τα 27 κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη χρονική περίοδο 1975-2011. Εφαρμόστηκαν Γραμμικά Μικτά Μοντέλα τόσο για το σύνολο των υπό εξέταση κρατών-μελών της Ε.Ε. όσο και για τις ομάδες των κρατών που επιλέχθηκαν (βορειοδυτικά, νότια και ανατολικά κράτη). 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 στα οδικά ατυχήματα, 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.

Λέξεις κλειδιά: Οδικά ατυχήματα, Α.Ε.Π., Γραμμικό Μικτό Μοντέλο

EFFECT OF GDP CHANGE ON ROAD ACCIDENTS

Katerina Folla

Supervisor: George Yannis, Associate Professor, NTUA

ABSTRACT

The objective of this Diploma Thesis is to investigate the effect of annual GDP changes on annual changes in road fatalities in the European Union. For this analysis a database containing GDP per capita, road fatalities and population data for the EU member states for the period 1975-2011 was developed. Linear Mixed Models were developed and applied for all European countries tested and also for the different groups of countries that were selected (Northwest, Northern, Eastern countries). The results led to the conclusion that an annual increase of GDP per capita leads to an annual increase in fatality rates, whereas an annual decrease of GDP per capita leads to an annual decrease in fatality rates. Moreover, in the case of Northwest countries, a time-halo effect of the impact of annual GDP decrease to the road fatalities was found to be significant.

Key-words: Road safety, GDP, Linear Mixed Model, Groups of countries

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η διερεύνηση της **επιρροής της ετήσιας μεταβολής του Α.Ε.Π. στην ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα** στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, ξεκίνησε η **βιβλιογραφική αναζήτηση** ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και παγκοσμίως, καθώς και των διαθέσιμων στοιχείων που ήταν απαραίτητα για τη συγκεκριμένη διερεύνηση. Στη συνέχεια ακολούθησε η **συλλογή** των απαραίτητων για την εργασία **στοιχείων** από βάσεις δεδομένων διάφορων οργανισμών, όπως ο IRTAD, EUROSTAT, UNECE, OECD και USDA και αναπτύχθηκε η σχετική βάση δεδομένων. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν περιελάμβαναν τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, τον πληθυσμό και το κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Α.Ε.Π.) των 27 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη χρονική περίοδο 1975-2011.

Τη συλλογή των δεδομένων ακολούθησε η επεξεργασία τους προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη μεθοδολογία, αλλά και να κωδικοποιηθούν ώστε να εισαχθούν στο ειδικό στατιστικό λογισμικό. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το **Γραμμικό Μικτό Μοντέλο**. Αρχικά η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για το σύνολο των κρατών με εξαρτημένη μεταβλητή την ετήσια μεταβολή του φυσικού λογάριθμου του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού και ανεξάρτητες μεταβλητές την ετήσια αύξηση του Α.Ε.Π., την ετήσια μείωση του Α.Ε.Π. και την ομάδα των κρατών. Οι ομάδες των κρατών προέκυψαν από την κατάταξη τους ανάλογα με τη γεωγραφική τους θέση, καθώς παρατηρήθηκε ότι παρουσίαζαν σε γενικές γραμμές κοινά χαρακτηριστικά ως προς την εξέλιξη των ατυχημάτων και την οικονομική ευημερία. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν τρία διαφορετικά μοντέλα, τα οποία περιελάμβαναν ως εξαρτημένη μεταβλητή την ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα και ως ανεξάρτητες τη μείωση και αύξηση του Α.Ε.Π. για τις ομάδες των ανατολικών και νότιων κρατών, ενώ για τα βορειοδυτικά κράτη τη μείωση και αύξηση του Α.Ε.Π. και τη μείωση του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η επιλογή των μοντέλων, τόσο για το σύνολο των χωρών όσο και για την κάθε ομάδα ξεχωριστά, έγινε έπειτα από αρκετές δοκιμές συνδυασμών ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών. Παρακάτω παρουσιάζονται οι συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών του κάθε μοντέλου, καθώς και οι τιμές των t-tests με τους οποίους πραγματοποιήθηκε ο στατιστικός έλεγχος. Επιπλέον, παρουσιάζονται και η σχετική επιρροή της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής και η διακύμανση των υπολοίπων με τον αντίστοιχο στατιστικό έλεγχο. Επισημαίνεται ότι η σχετική επιρροή χρησιμοποιήθηκε ως μέγεθος ικανό να αναδείξει την επιρροή κάθε μεταβλητής ξεχωριστά και ο υπολογισμός της βασίστηκε στη θεωρία της ελαστικότητας.

	All countries				Northwest countries				Southern countries				Eastern countries			
Parameter	Estimate	t	Sig.	e _i [*]	Estimate	t	Sig.	e _i [*]	Estimate	t	Sig.	e _i [*]	Estimate	t	Sig.	e _i [*]
Intercept	-1,244	-5,983	0,000		-1,217	-7,193	0,000		-0,912	-4,250	0,000		-1,477	-4,218	0,000	
[Countryg= Eastern]	0,782	2,530	0,012													
GDP _{increase}	0,207	2,979	0,003	1,00	0,186	3,399	0,001	1,93	0,192	2,654	0,009	1,09	0,196	3,151	0,002	1,00
GDP _{decrease}	-0,336	-2,970	0,003	-7,00	-0,266	-3,192	0,002	-1,00	-0,274	-2,080	0,039	-1,00	-0,107	-2,373	0,019	-4,66
GDP _{decrease1}					-0,281	-3,394	0,001	-2,90								
[Countryg=Eastern]* GDP _{decrease}	0,230	1,931	0,054													
Parameter	Estimate	Wald Z	Sig.		Estimate	Wald Z	Sig.		Estimate	Wald Z	Sig.		Estimate	Wald Z	Sig.	
Residual	4,826	19,786	0,000		2,490	13,323	0,000		2,019	8,396	0,000		5,591	9,083	0,000	

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1 Συγκεντρωτικός πίνακας μοντέλων

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι **η ετήσια αύξηση του Α.Ε.Π. συσχετίζεται με την αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**, ενώ **η ετήσια μείωση του Α.Ε.Π. συσχετίζεται με την ετήσια μείωση του αριθμού των νεκρών**, ενδεχομένως κυρίως λόγω της μεταβολής των κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών.

Επιπλέον, προέκυψε ότι **η επιρροή της μεταβολής του Α.Ε.Π. στην ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα διαφέρει ανάλογα με την ομάδα των κρατών που εξετάζεται.**

Σε αντίθεση με τις άλλες ομάδες κρατών, αλλά και το σύνολό τους, **στην ομάδα των βορειοδυτικών κρατών-μελών της Ε.Ε. διαπιστώθηκε ότι η μείωση του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους συσχετίζεται με τη μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.** Αυτό ίσως οφείλεται στην ικανότητα των ισχυρότερων οικονομιών να απορροφούν για ένα χρονικό διάστημα τα αποτελέσματα των οικονομικών κρίσεων.

Εξετάζοντας τη σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών, προέκυψε ότι **η επιρροή της μείωσης του Α.Ε.Π. στη μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη επιρροή της αύξησης του Α.Ε.Π..** Πιο συγκεκριμένα, στην ομάδα των βορειοδυτικών κρατών η επιρροή της μείωσης του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους στη μεταβολή του αριθμού των νεκρών είναι μεγαλύτερη από την επιρροή τόσο της μείωσης όσο και της αύξησης του Α.Ε.Π. που καταγράφεται κατά το ίδιο έτος. Στην ομάδα των ανατολικών κρατών η επιρροή της μείωσης του Α.Ε.Π. είναι αρκετά μεγαλύτερη από αυτή της αύξησης, ενώ στην ομάδα των νότιων κρατών είναι περίπου ίδια.

Επιπλέον, **η ομάδα των ανατολικών κρατών διαπιστώθηκε ότι συμβάλλει περισσότερο στην ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα για το σύνολο των κρατών**, συγκριτικά με τα βορειοδυτικά κράτη. Αντίθετα, η επιρροή των νότιων κρατών της Ε.Ε. δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση από εκείνη των βορειοδυτικών κρατών. Αυτό ίσως συμβαίνει διότι στις ανατολικές χώρες έχουν καταγραφεί κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης μεγαλύτερης τάξης αυξομειώσεις του Α.Ε.Π. και κατ' επέκταση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Μάλιστα, η ετήσια μείωση του Α.Ε.Π. που έχει καταγραφεί στα ανατολικά κράτη επηρεάζει περισσότερο τη μεταβολή του συνολικού αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα που καταγράφονται στις χώρες της Ε.Ε..

Με βάση τα συμπεράσματα που προέκυψαν, θεωρείται απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη από τους αρμόδιους φορείς η επιρροή μακροσκοπικών χαρακτηριστικών (Α.Ε.Π., κοινωνία) στην προσπάθειά τους να μειωθεί ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων. Ιδιαίτερα, σε περιόδους οικονομικής ύφεσης θα είναι σε θέση να ερμηνεύσουν ορθότερα την πτωτική τάση των οδικών ατυχημάτων και θα θέτουν έτσι τους σωστούς στόχους για την οδική ασφάλεια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	9
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	15
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	16
1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	19

2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	21
2.2 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ.....	22
2.3 ΣΥΝΟΨΗ-ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	32

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	35
3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ.....	35
3.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ-ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ.....	37
3.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ.....	37
3.4.1 Κανονική Κατανομή.....	37
3.4.2 Κατανομή Poisson.....	38
3.4.3 Αρνητική Διωνυμική Κατανομή.....	38
3.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ	
3.5.1 Γραμμική Παλινδρόμηση.....	39
3.5.2 Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση.....	41
3.5.3 Γενικό Γραμμικό Μοντέλο.....	41
3.6 ΑΥΤΟΣΥΣΧΕΤΙΣΗ.....	42
3.7 ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ.....	43

3.7.1 Χαρακτηριστικά Χρονοσειράς.....	43
3.7.2 Υποδείγματα Ανάλυσης Χρονοσειρών.....	44
3.8 ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΙΚΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	47
3.9 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	49
 4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	53
4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	53
4.2.1 Βάσεις Δεδομένων.....	54
4.2.2 Προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά τη συλλογή των στοιχείων και επίλυσή τους.....	55
4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	55
4.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ.....	67
 5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	69
5.2 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ.....	69
5.2.1 Δημιουργία Βάσης Δεδομένων.....	69
5.2.2 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου.....	70
5.2.3 Αποτελέσματα Λογαριθμοκανονικής Παλινδρόμησης.....	71
5.3 ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΙΚΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	72
5.3.1 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΤΗΣ Ε.Ε.....	
5.3.1.1 Βάση Δεδομένων.....	73
5.3.1.2 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου.....	74
5.3.1.3 Φαινόμενο Αυτοσυσχέτισης.....	75

5.3.1.4 Αποτελέσματα Μοντέλου.....	77
5.3.1.5 Περιγραφή Αποτελεσμάτων Μοντέλου.....	80
5.3.1.6 Σχετική Επιρροή Μεταβλητών.....	81
5.3.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΟΜΑΔΕΣ ΚΡΑΤΩΝ	
5.3.2.1 Βάση Δεδομένων.....	82
5.3.2.2 Ανάπτυξη Μαθηματικών Μοντέλων.....	82
5.3.2.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΜΑΔΑΣ ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΩΝ ΚΡΑΤΩΝ	
5.3.2.3.1 Αποτελέσματα Μοντέλου.....	83
5.3.2.3.2 Περιγραφή Αποτελεσμάτων Μοντέλου.....	85
5.3.2.3.3 Σχετική Επιρροή Μεταβλητών.....	85
5.3.2.4 ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΜΑΔΑΣ ΝΟΤΙΩΝ ΚΡΑΤΩΝ	
5.3.2.4.1 Αποτελέσματα Μοντέλου.....	86
5.3.2.4.2 Περιγραφή Αποτελεσμάτων Μοντέλου.....	88
5.3.2.4.3 Σχετική Επιρροή Μεταβλητών.....	88
5.3.2.5 ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΜΑΔΑΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΩΝ ΚΡΑΤΩΝ	
5.3.2.5.1 Αποτελέσματα Μοντέλου.....	89
5.3.2.5.2 Περιγραφή Αποτελεσμάτων Μοντέλου.....	91
5.3.2.5.3 Σχετική Επιρροή Μεταβλητών.....	91
5.3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.....	91
5.4 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	93
5.5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΡΙΣΗ ΤΟΥ 2008.....	95
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	99
6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	101
6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	103
6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΥΝΑ.....	103
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	105

ΠΙΝΑΚΕΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1	Απόλυτος αριθμός νεκρών στα οδικά ατυχήματα για τη χρονική περίοδο 2007-2011.....	12
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1	Αντιστοιχία χωρών με αριθμούς για την εισαγωγή στο ειδικό στατιστικό λογισμικό.....	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2	Μέσο κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. (σε δολάρια) κάθε κράτους για τη χρονική περίοδο 1975-2011.....	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3	Περιγραφικές συναρτήσεις της μεταβλητής της αύξησης του Α.Ε.Π.....	67
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4	Περιγραφικές συναρτήσεις της μεταβλητής της μείωσης του Α.Ε.Π.....	67
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1	Αρχική μορφή βάσης δεδομένων.....	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2	Αποτελέσματα λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης στα μοντέλα των ομάδων των κρατών με εξαρτημένη μεταβλητή το φυσικό λογάριθμο του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού ($LN(F/P)$).....	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3	Τελική μορφή βάσης δεδομένων.....	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4	Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για το σύνολο των κρατών.....	78
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5	Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για το σύνολο των κρατών.....	78
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6	Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για το σύνολο των κρατών.....	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7	Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για το σύνολο των κρατών.....	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8	Μορφή βάσεων δεδομένων επιμέρους ομάδων κρατών.....	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9	Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου ομάδας βορειοδυτικών κρατών.....	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10	Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου ομάδας βορειοδυτικών κρατών.....	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11	Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου ομάδας βορειοδυτικών κρατών.....	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.12	Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου ομάδας βορειοδυτικών κρατών.....	84

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.13	Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου ομάδας νότιων κρατών.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.14	Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου ομάδας νότιων κρατών.....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.15	Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου ομάδας νότιων κρατών.....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.16	Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου ομάδας νότιων κρατών.....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.17	Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου ομάδας ανατολικών κρατών.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.18	Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου ομάδας ανατολικών κρατών.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.19	Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου ομάδας ανατολικών κρατών.....	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.20	Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου ομάδας ανατολικών κρατών.....	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.21	Συγκεντρωτικός πίνακας μοντέλων.....	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.22	Διαχρονική εξέλιξη του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα και του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. ανά χώρα τη χρονική περίοδο 2007-2011.....	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1	Συγκεντρωτικός πίνακας μοντέλων.....	100

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1	Διαχρονική εξέλιξη αριθμού νεκρών στα οδικά ατυχήματα στην Ε.Ε. τη χρονική περίοδο 1975-2011.....	10
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2	Συνολικός αριθμός νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά 100.000 πληθυσμού το έτος 2010 (Πηγή: IRTAD).....	11
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.3	Συνολικός αριθμός νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά δισεκατομμύριο οχηματοχιλιομέτρων το έτος 2010 (Πηγή: IRTAD).....	11
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.4	Νεκροί στα οδικά ατυχήματα: το 2010 σε σύγκριση με το 2009 (Πηγή: IRTAD).....	13
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.5	Σχηματική απεικόνιση σταδίων Διπλωματικής Εργασίας.....	18
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1	Διαχρονική εξέλιξη του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. και του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού σε 27 ευρωπαϊκά κράτη.....	60
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2	Διαχρονική εξέλιξη του αριθμού των νεκρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού των ευρωπαϊκών κρατών σε κοινές γραφικές παραστάσεις ανάλογα με τη γεωγραφική κατάταξή τους.....	61
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3	Διαχρονική εξέλιξη της ετήσιας μεταβολής του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. και της ετήσιας μεταβολής του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού σε 27 ευρωπαϊκά κράτη.....	66
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1	Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής για το Βέλγιο.....	76
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2	Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής για τη Βουλγαρία.....	76
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3	Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής για την Τσεχία.....	76
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.4	Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής για τη Γερμανία.....	77
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.5	Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής για την Ελλάδα.....	77
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.6	Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής για την Ιταλία.....	77

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.7	Διάγραμμα ευαισθησίας για την αύξηση και τη μείωση του Α.Ε.Π. στα βορειοδυτικά κράτη.....	92
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.8	Διάγραμμα ευαισθησίας για την αύξηση και τη μείωση του Α.Ε.Π. στα νότια κράτη.....	92
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.9	Διάγραμμα ευαισθησίας για την αύξηση και τη μείωση του Α.Ε.Π. στα ανατολικά κράτη.....	92

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

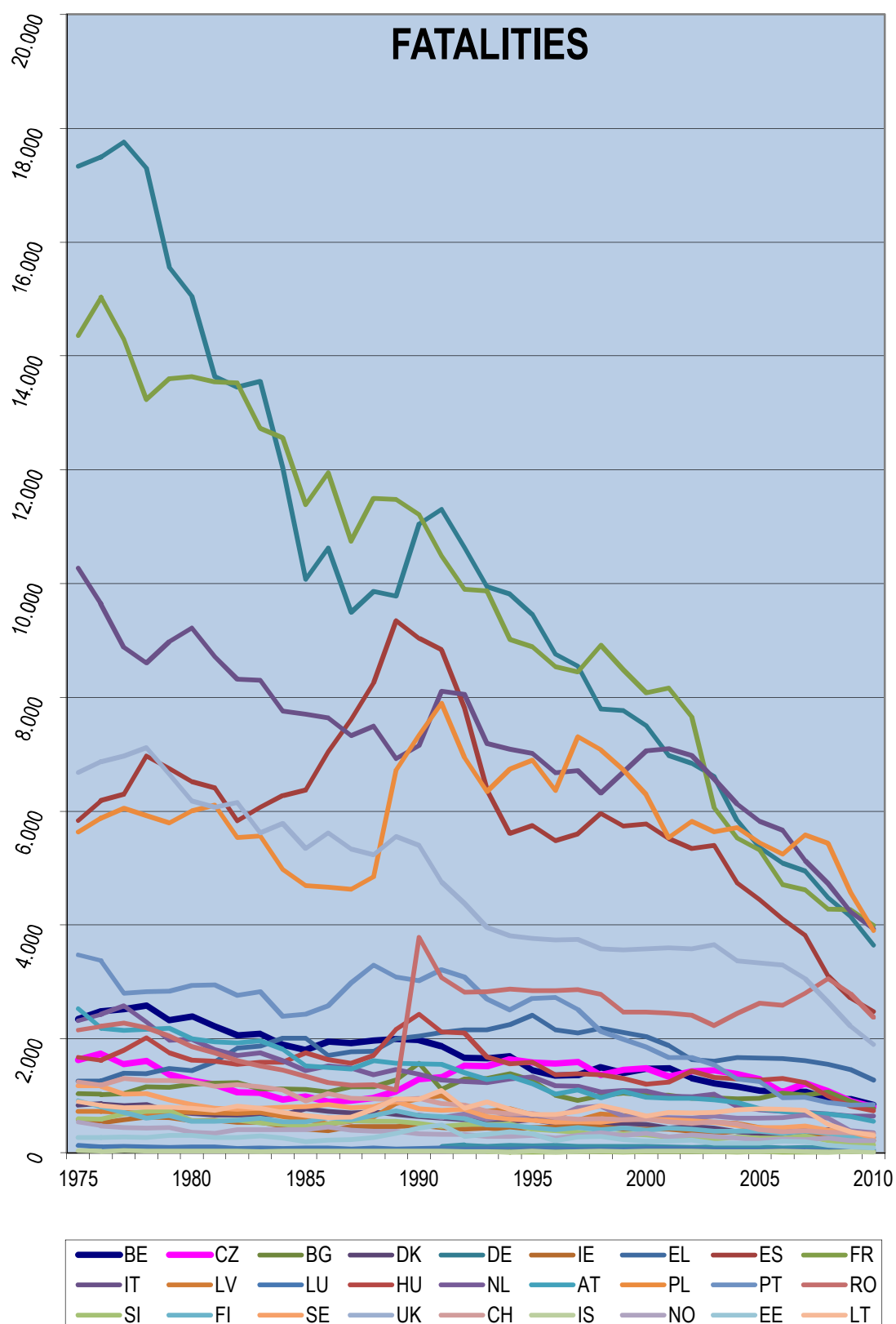
Οι οδικές μεταφορές αποτελούν ένα αναπόσπαστο μέρος της ανθρώπινης δραστηριότητας στη σύγχρονη κοινωνία. Όμως, η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για μετακινήσεις που επιβάλλει ο σύγχρονος τρόπος ζωής συνοδεύεται και από αρνητικές κοινωνικές συνέπειες, οι οποίες εκφράζονται και σε μεγάλες καθημερινές ανθρώπινες απώλειες και σοβαρούς τραυματισμούς σε **οδικά ατυχήματα**.

Οι νεκροί, οι τραυματίες και οι υλικές ζημιές έχουν τεράστιο **κοινωνικό και οικονομικό κόστος**, με αποτέλεσμα ο περιορισμός τους να αποτελεί προτεραιότητα για κάθε χώρα. Κάθε χρόνο περίπου 1,3 εκατομμύρια άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους σε οδικά ατυχήματα παγκοσμίως, ενώ οι τραυματισμοί από οδικά ατυχήματα αποτελούν την κύρια αιτία θανάτου για τους νέους ανθρώπους, ηλικίας μεταξύ 15 και 29 ετών. Αξιοσημείωτο είναι ότι πάνω από το 90% των θανάτων που προκαλούνται από οδικά ατυχήματα συμβαίνουν σε χώρες χαμηλού ή μεσαίου εισοδήματος, στις οποίες αντιστοιχεί μόνο το 48% των καταγεγραμμένων οχημάτων παγκοσμίως (WHO, Μάιος 2011).

Το 2011 **ο ετήσιος αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα είναι 27.000 στην Ευρώπη των 27 και 1.100 στην Ελλάδα** (ETSC, 2012). Μάλιστα, την τελευταία δεκαετία η Ελλάδα καταλαμβάνει σταθερά μία από τις 2-3 χειρότερες θέσεις στην Ευρώπη των 27, με αποτέλεσμα, σύμφωνα με εκτιμήσεις, το οικονομικό και κοινωνικό κόστος των νεκρών, τραυματιών και υλικών ζημιών των καταγεγραμμένων οδικών ατυχημάτων να ξεπερνάει τα 3 δισεκατομμύρια € ετησίως (Σ.Ε.Σ., Ιανουάριος 2012).

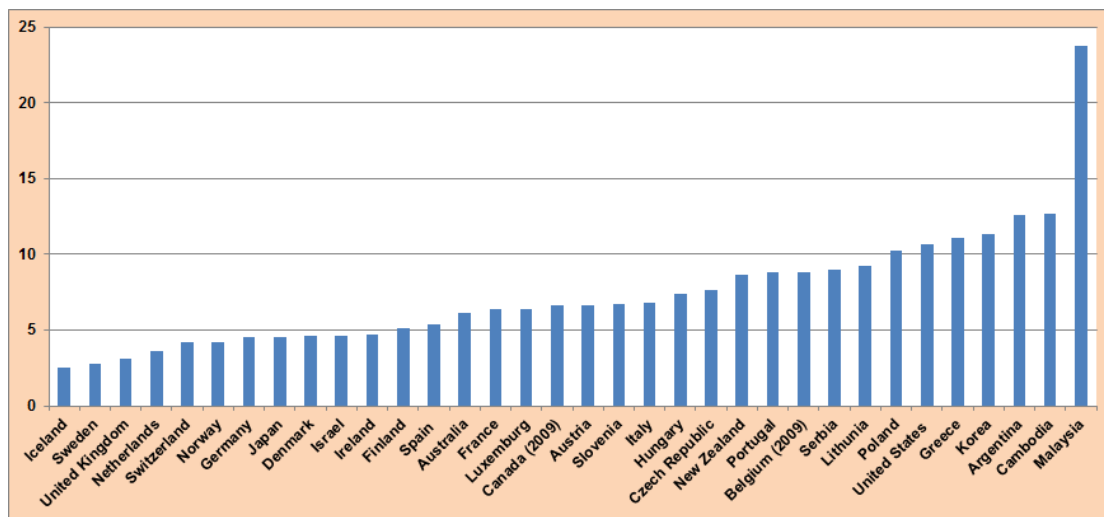
Από τις αρχές της δεκαετίας του '70, οι περισσότερες βόρειες και δυτικές ευρωπαϊκές χώρες είχαν ξεκινήσει συντονισμένες προσπάθειες βελτίωσης της οδικής ασφάλειας τόσο σε εθνικό όσο και σε τοπικό επίπεδο. Αποτέλεσμα αυτών των προσπαθειών ήταν μια **γενική τάση μείωσης** του αριθμού των νεκρών στις χώρες της Ε.Ε., με εξαίρεση την Ελλάδα, Ισπανία και Πορτογαλία λόγω της μεγάλης αύξησης του αριθμού των οχημάτων και στις οποίες η πτωτική τάση ακολούθησε αργότερα (Eurostat, 2000).

Η διαχρονική εξέλιξη του απόλυτου αριθμού των νεκρών από οδικά ατυχήματα για το σύνολο των χωρών της Ε.Ε. καθώς και της Νορβηγίας, Ισλανδίας και Ελβετίας, όπως προέκυψε από τα στοιχεία που συλλέχθηκαν, παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.

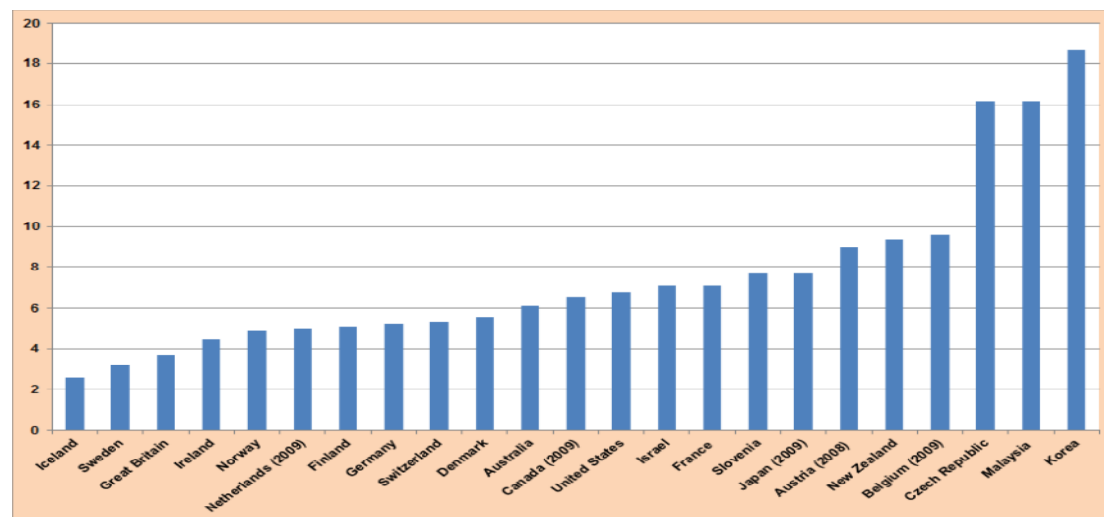


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1 Διαχρονική εξέλιξη αριθμού νεκρών στα οδικά ατυχήματα στην Ε.Ε. τη χρονική περίοδο 1975-2011

Για να είναι συγκρίσιμα τα μεγέθη των ατυχημάτων χρησιμοποιούνται διεθνώς διάφοροι **δείκτες ατυχημάτων** που ανάγουν τον αριθμό ή τα αποτελέσματα των ατυχημάτων (νεκροί, τραυματίες, συνολικό κόστος ή κόστος υλικών ζημιών) ως προς κάποιο μέγεθος που εκφράζει το οδικό έργο στο οποίο αντιστοιχούν (Ι.Μ. Φραντζεσκάκης, Ι.Κ. Γκόλιας, 1994). Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται δύο από τους δείκτες αυτούς, νεκροί ανά 100.000 πληθυσμού και νεκροί ανά δισεκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα (IRTAD, 2011).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2 Συνολικός αριθμός νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά 100.000 πληθυσμού το έτος 2010 (Πηγή: IRTAD)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.3 Συνολικός αριθμός νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά δισεκατομμύριο οχηματοχιλιομέτρων το έτος 2010 (Πηγή: IRTAD)

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται για τη χρονική περίοδο 2007-2011 ο απόλυτος αριθμός νεκρών στα οδικά ατυχήματα για τις 27 χώρες της Ε.Ε., όπως

προέκυψαν από τη συλλογή στοιχείων. Είναι εμφανής η μείωση του αριθμού των νεκρών από έτος σε έτος.

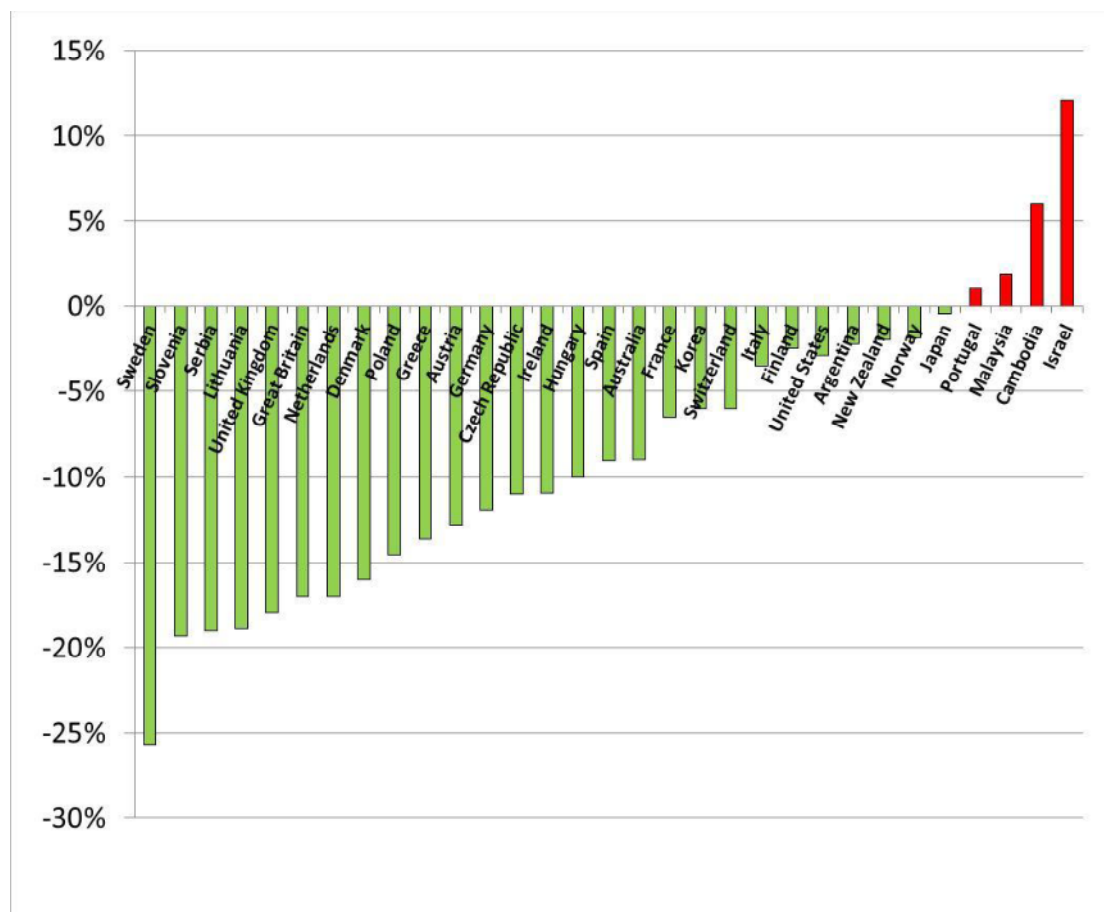
ΧΩΡΑ	ΝΕΚΡΟΙ ΤΟ 2007	ΝΕΚΡΟΙ ΤΟ 2008	ΝΕΚΡΟΙ ΤΟ 2009	ΝΕΚΡΟΙ ΤΟ 2010	ΝΕΚΡΟΙ ΤΟ 2011
ΒΕΛΓΙΟ	1.071	944	942	840	843
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	1.006	1.061	901	776	660
ΤΣΕΧΙΑ	1.221	1.076	901	802	769
ΔΑΝΙΑ	406	406	303	265	222
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	4.949	4.477	4.152	3.648	4.006
ΕΣΘΟΝΙΑ	196	132	100	79	101
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	338	280	238	212	188
ΕΛΛΑΔΑ	1.612	1.553	1.456	1.281	1.100
ΙΣΠΑΝΙΑ	3.823	3.100	2.714	2.478	2.298
ΓΑΛΛΙΑ	4.620	4.275	4.273	3.992	3.969
ΙΤΑΛΙΑ	5.131	4.725	4.237	3.934	3.941
ΚΥΠΡΟΣ	89	82	71	60	74
ΛΕΤΟΝΙΑ	419	316	254	218	166
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	740	499	370	300	299
ΛΟΥΞΕΜΒΟΥΡΓΟ	45	35	48	32	36
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	1.232	996	822	739	639
ΜΑΛΤΑ	12	9	21	15	17
ΟΛΛΑΝΔΙΑ	709	677	644	640	550
ΑΥΣΤΡΙΑ	691	679	633	552	521
ΠΟΛΩΝΙΑ	5.583	5.437	4.572	3.907	4.164
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	974	885	840	845	782
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	2.800	3.061	2.796	2.377	2.013
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	293	214	171	138	141
ΣΛΟΒΑΚΙΑ	661	606	384	353	318
ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	380	344	279	272	290
ΣΟΥΗΔΙΑ	471	397	358	266	311
ΗΝ.ΒΑΣΙΛΕΙΟ	3.059	2.645	2.222	1.905	1.998

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Απόλυτος αριθμός νεκρών στα οδικά ατυχήματα τη χρονική περίοδο 2007-2011

Η μείωση που παρατηρείται ίσως να οφείλεται και στη μεγάλη **οικονομική κρίση που ξεκίνησε το 2008 και επηρέασε θετικά την εξέλιξη της οδικής ασφάλειας** μέσω μιας σειράς επιπτώσεων (μείωση της κινητικότητας, λιγότερη κίνηση βαρέων οχημάτων, λιγότεροι άπειροι και ηλικιωμένοι οδηγοί με σχετικά υψηλότερους κινδύνους, μείωση ελεύθερου χρόνου οδήγησης, ασφαλέστερη συμπεριφορά οδήγησης κτλ). Μέχρι στιγμής όμως δεν υπάρχει κάποια επιστημονικά ικανοποιητική εξήγηση και δεν έχουν υπολογιστεί οι επιπτώσεις της οικονομικής κρίσης στην οδική

ασφάλεια (IRTAD, 2011). Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία γίνεται μια προσπάθεια εξήγησης του φαινομένου και για τον λόγο αυτό επιλέχθηκε να διερευνηθεί η επιρροή της οικονομικής κρίσης στα οδικά ατυχήματα μέσω της ετήσιας μεταβολής του Α.Ε.Π. και όχι της χρονοσειράς της συγκεκριμένης μεταβλητής.

Ενδεικτικά παρατίθενται στο ακόλουθο διάγραμμα οι μεταβολές του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα την περίοδο 2009-2010 για τις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α.(IRTAD, 2011).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.4 Νεκροί στα οδικά ατυχήματα: το 2010 σε σύγκριση με το 2009 (Πηγή: IRTAD)

Συγκεκριμένα, στην **Ελλάδα από το 1996 ο ετήσιος αριθμός ατυχημάτων άρχισε να μειώνεται** και σταθεροποιήθηκε καταρχήν στο επίπεδο των 1.600 νεκρών στα μέσα της περασμένης δεκαετίας. Τα τελευταία τέσσερα χρόνια μειώθηκε εκ νέου και έφτασε στο σημερινό επίπεδο των 1.100 νεκρών. Η σημαντική μείωση της τελευταίας τετραετίας οφείλεται και στην εισαγωγή του νέου ΚΟΚ το 2007, αλλά και στην οικονομική κρίση και στη συνεπαγόμενη αλλαγή των χαρακτηριστικών της κυκλοφορίας και της συμπεριφοράς των οδηγών (Σ.Ε.Σ., Ιανουάριος 2012).

Παρ' όλα αυτά, η θέση της Ελλάδας δεν βελτιώθηκε ανάμεσα στα κράτη της Ευρώπης των 27, αφού οι επιδόσεις των άλλων κρατών ήταν ακόμη καλύτερες. Σε

αντίθεση με τους περισσότερους Ευρωπαίους, οι Έλληνες πολίτες εξακολουθούν να μην έχουν αντιληφθεί ότι μέσα στην πολυπλοκότητα κυκλοφορίας πεζών και οχημάτων, **ταχύτητα και ασφάλεια δεν είναι δυνατό να συνυπάρξουν** (εξαίρεση αποτελούν τα μέσα μαζικής μεταφοράς και σε κάποιο βαθμό οι αυτοκινητόδρομοι). Για τον λόγο αυτόν την τελευταία δεκαετία εκπονήθηκαν στρατηγικά σχέδια οδικής ασφάλειας, τα οποία εισήγαγαν την ανάγκη για έναν πιο οργανωμένο τρόπο αντιμετώπισης της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα (ΕΜΠ, Ιούνιος 2011).

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

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

Το 2010 όμως δεν σημειώθηκε βελτίωση της θέσης της Ελλάδας σε σχέση με τα άλλα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως και το 2005. Η απόκλιση από το στόχο μάλιστα ήταν μεγαλύτερη από εκείνη του 1^{ου} Στρατηγικού Σχεδίου. Κάτω από αυτές τις συνθήκες αναπτύχθηκε το **τρίτο Στρατηγικό Σχέδιο** για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα. Το σχέδιο αυτό ορίστηκε να είναι δεκαετές (2011-2020) και έθεσε ως ποσοτικό στόχο οι νεκροί στα οδικά ατυχήματα το έτος 2020 να είναι λιγότεροι από 640, δηλαδή το 50% του αριθμού των νεκρών του 2010, και ως ενδιάμεσο στόχο να είναι λιγότεροι από 880 το έτος 2015. Επιπλέον, σκοπό του σχεδίου αποτελεί η ανάπτυξη Παιδείας Οδικής Ασφάλειας, η οποία συνδέεται με θετική στάση για την οδική ασφάλεια και με απόρριψη των επικίνδυνων συμπεριφορών στην οδήγηση. Αφορά επιπλέον στις αξίες, στις στάσεις και στις συμπεριφορές όχι μόνο των μεμονωμένων ατόμων αλλά και της οικογένειας, της κοινότητας, των επικεφαλής των δραστηριοποιούμενων οργανισμών και φορέων, των

οργάνων λήψης αποφάσεων, των μελών του κοινοβουλίου και της Κυβέρνησης. (ΕΜΠ, Ιούνιος 2011).

Σε όλες τις χώρες της Ε.Ε. υπάρχει πλήθος αρμόδιων φορέων που ασχολείται άμεσα ή έμμεσα με την οδική ασφάλεια. Παράλληλα διενεργούνται **έρευνες**, με τη χρήση στατιστικών μεθόδων, σε πανευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο για την ανάλυση και συσχέτιση ορισμένων κυκλοφοριακών, δημογραφικών και οικονομικών στοιχείων με τα οδικά ατυχήματα. Μία ανάλογη προσπάθεια γίνεται και στην παρούσα Διπλωματική Εργασία στην οποία διερευνάται η συσχέτιση της ετήσιας μεταβολής του Α.Ε.Π. με την ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι να διερευνηθεί **η επιρροή της ετήσιας μεταβολής του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (Α.Ε.Π.) στην ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα** στα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης με τη χρήση μαθηματικού Γραμμικού Μικτού Μοντέλου.

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, η πτωτική τάση των οδικών ατυχημάτων την τελευταία τετραετία στην Ε.Ε. είναι πιο έντονη, πιθανώς επηρεαζόμενη και από την οικονομική κρίση που ξεκίνησε το 2008. Προκειμένου, λοιπόν, να διερευνηθεί η επιρροή της μεταβολής της οικονομικής κατάστασης μιας χώρας στα οδικά ατυχήματα, επιλέχθηκε ως ενδεικτικός δείκτης αυτής το **Α.Ε.Π.**. Το Α.Ε.Π. είναι η συνολική αξία σε χρηματικές μονάδες όλων των τελικών αγαθών και υπηρεσιών που παράγει μία οικονομία σε μια ορισμένη χρονική περίοδο, συνήθως ένα έτος. Αποτελεί, επομένως, ένα μέτρο της οικονομικής της δραστηριότητας και ευημερίας.

Επιπλέον, ανάμεσα στα ευρωπαϊκά κράτη παρατηρούνται διαφοροποιήσεις τόσο σε οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο, όσο και στις πολιτικές που ακολουθούνται για την οδική ασφάλεια. Επιλέχθηκε κατά συνέπεια η **υποδιαίρεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε τρεις ομάδες κρατών με παρόμοια χαρακτηριστικά οικονομίας και οδικής ασφάλειας**, προκειμένου να γίνουν συγκρίσεις. Η ομαδοποίηση αυτή των χωρών συμπίπτει με τη γεωγραφική ομαδοποίηση τους, επομένως η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τα βορειοδυτικά κράτη, η δεύτερη τα νότια και η τρίτη τα ανατολικά κράτη-μέλη της Ε.Ε..

Αναλυτικότερα, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία καταβάλλεται προσπάθεια για την εξαγωγή μαθηματικών μοντέλων για το σύνολο των κρατών-μελών της Ε.Ε., καθώς και για κάθε ομάδα κρατών ξεχωριστά, ώστε να προσδιοριστεί η επιρροή τόσο της αύξησης όσο και της μείωσης του Α.Ε.Π. του τρέχοντος αλλά και του προηγούμενου έτους στη μεταβολή των οδικών ατυχημάτων. Στο μαθηματικό μοντέλο του συνόλου των κρατών-μελών, διερευνάται επίσης η επίδραση της κάθε ομάδας χωρών σε συγκριτικό επίπεδο.

Επιδιώκεται επομένως, μέσω των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας, να κατανοηθεί ο βαθμός και ο τρόπος με τον οποίο η ετήσια μεταβολή του Α.Ε.Π. επηρεάζει τα οδικά ατυχήματα, καθώς και να γίνει μια συγκριτική αξιολόγηση των ομάδων των κρατών. Είναι χρήσιμο να επισημανθεί ότι ο αριθμός των ατυχημάτων

και των νεκρών σε κάθε χώρα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από άλλους παράγοντες, όπως ο αριθμός κυκλοφορούντων οχημάτων, τα μέτρα οδικής ασφάλειας, η οδηγική συμπεριφορά, κτλ.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας ακολουθήθηκε συγκεκριμένη μεθοδολογία, τα στάδια της οποίας παρουσιάζονται στη συνέχεια.

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

Ύστερα από τη μελέτη των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, 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. και για τη χρονική περίοδο 1975 έως 2011 ο πληθυσμός, ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα και το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π.. Τα στοιχεία αυτά λήφθηκαν από τις βάσεις δεδομένων IRTAD, OECD, UNECE και NTUA Road Safety Observatory όσον αφορά στα ατυχήματα, από την EUROSTAT όσον αφορά στον πληθυσμό και από το USDA για το Α.Ε.Π.. Αξίζει να σημειωθεί ότι στα στοιχεία που συλλέχθηκαν πραγματοποιήθηκε ο σχετικός έλεγχος της αξιοπιστίας τους, έτσι ώστε να είναι ομοιόμορφα και συγκρίσιμα.

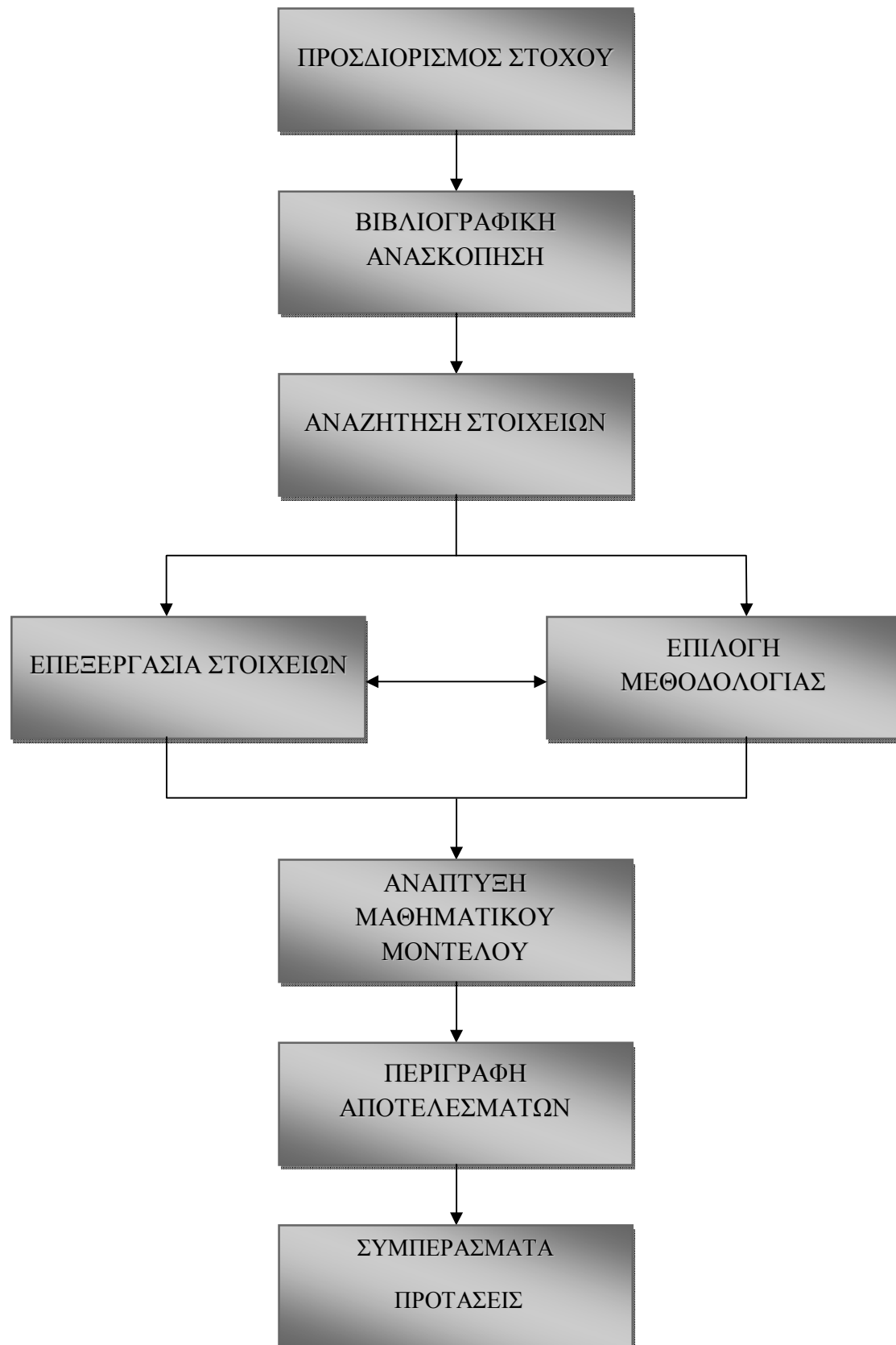
Στο επόμενο στάδιο, ταξινομήθηκαν τα συλλεχθέντα στοιχεία σε μια ενιαία **βάση δεδομένων**, στην οποία για κάθε κράτος και για συγκεκριμένο έτος να αντιστοιχούν τα κατάλληλα δεδομένα. Σε περιορισμένο αριθμό κρατών και ετών τα δεδομένα ήταν ελλιπή, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την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

Την επεξεργασία των στοιχείων ακολούθησε η **στατιστική τους ανάλυση** με τη χρήση ειδικού στατιστικού λογισμικού. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή την ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού και ανεξάρτητες μεταβλητές το έτος και την ετήσια μεταβολή του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π.. Ύστερα από δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν τόσο για το σύνολο των κρατών όσο και για τις τρεις ομάδες στις οποίες χωρίστηκαν, δηλαδή στα βορειοδυτικά, στα νότια και στα ανατολικά, προέκυψαν τέσσερα διαφορετικά μαθηματικά μοντέλα που περιέγραφαν σε ανεκτό επίπεδο εμπιστοσύνης την επιρροή των παραπάνω ανεξάρτητων μεταβλητών στη μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.

Προκειμένου όμως να ληφθεί υπόψη η επίδραση του κάθε κράτους ή της κάθε ομάδας κρατών στα τελικά μοντέλα, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ένα μοντέλο που θα συνυπολόγιζε την αλληλεπίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η τελική επεξεργασία επομένως έγινε με το Γραμμικό Μικτό Μοντέλο. Στη φάση αυτή συσχετίστηκαν η μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού (ως εξαρτημένη μεταβλητή) με την ποσοστιαία αύξηση του Α.Ε.Π. και την ποσοστιαία μείωση του Α.Ε.Π. της τρέχουσας χρονιάς, αλλά και της προηγούμενης, καθώς και με το κράτος ή την ομάδα των κρατών.

Μετά το πέρας της παραπάνω διαδικασίας, προέκυψαν τέσσερις εξισώσεις, μία για το σύνολο των κρατών και μία για κάθε ομάδα κρατών ανάλογα με τη γεωγραφική τους κατανομή. **Μετά την αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων**, 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 Ε.Ε.. Έτσι, προέκυψαν σημαντικές πληροφορίες για το υπό εξέταση πρόβλημα καθώς και **διατυπώθηκαν αξιόλογες προτάσεις** για περαιτέρω έρευνα.

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



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.5 Σχηματική απεικόνιση σταδίων Διπλωματικής Εργασίας

1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το **πρώτο κεφάλαιο** αποτελεί την εισαγωγή της Διπλωματικής Εργασίας και έχει σκοπό να παρουσιάσει στον αναγνώστη το **γενικότερο πλαίσιο του αντικειμένου** με το οποίο ασχολείται. Ξεκινά με μια αναφορά στο γενικότερο πρόβλημα της οδικής ασφάλειας στην Ευρώπη, στην εξέλιξη των οδικών ατυχημάτων καθώς και στην έντονη μείωση που παρατηρείται κατά την τελευταία τετραετία. Στη συνέχεια, γίνεται μια ειδική αναφορά για το πρόβλημα της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα. Έπειτα, παρουσιάζεται ο επιδιωκόμενος **στόχος** της συγκεκριμένης **έρευνας** και η **μεθοδολογία** που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή των συμπερασμάτων. Ολοκληρώνεται με την παρούσα αναφορά στη δομή της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της **βιβλιογραφικής ανασκόπησης**, τα οποία προέκυψαν από την αναζήτηση και την καταγραφή ερευνών με αντικείμενο την επιρροή διάφορων οικονομικών δεικτών στην οδική ασφάλεια. Εξετάζονται εργασίες από Ελλάδα και εξωτερικό, έρευνες που έχουν δημοσιευθεί σε επιστημονικά περιοδικά, βιβλία, άρθρα, πρακτικά συνεδρίων. Το κεφάλαιο κλείνει με τη σύνοψη και κριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των ερευνών, προκειμένου να διαπιστωθεί ποιες από αυτές μπορούν να συμβάλλουν ουσιαστικά στην παρούσα εργασία.

Το **τρίτο κεφάλαιο** αποτελεί το **θεωρητικό υπόβαθρο** της Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά, παρουσιάζονται ορισμένα βασικά στατιστικά στοιχεία, καθώς και η οικογένεια στην οποία ανήκει η επιλεγείσα μεθοδολογία. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στις μεθόδους ανάλυσης χρονοσειρών και παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε και οι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβάλλεται.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** περιγράφεται η **διαδικασία με την οποία συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν τα στοιχεία**, στα οποία στηρίχθηκε η Διπλωματική Εργασία και η ποιότητά τους. Περιγράφονται αναλυτικά οι διεθνείς βάσεις δεδομένων, στις οποίες αναζητήθηκαν τα απαιτούμενα στοιχεία. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στα προβλήματα διαθεσιμότητας των στοιχείων καθώς και στον τρόπο αντιμετώπισής τους στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας. Στη συνέχεια αναλύεται ο τρόπος κωδικοποίησης των στοιχείων, καθώς και η αρχική επεξεργασία που υπέστησαν, ώστε να χρησιμοποιηθούν στη στατιστική ανάλυση, αλλά και να αποφασιστεί η τελική μεθοδολογία.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** περιγράφεται η διαδικασία **ανάπτυξης και εφαρμογής των τελικών μαθηματικών μοντέλων**. Μετά από μία σύντομη περιγραφή του αρχικού μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε και των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν, παρουσιάζονται τα τελικά μοντέλα. Παράλληλα παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα. Στη συνέχεια γίνεται η συγκριτική αξιολόγηση των μοντέλων, ενώ το κεφάλαιο κλείνει με μία αναφορά στην οικονομική ύφεση του 2008.

Στο **έκτο κεφάλαιο** έπειτα από σύνοψη των αποτελεσμάτων, παρατίθενται τα **συμπεράσματα** που προέκυψαν από την ερμηνεία των εξαγόμενων μοντέλων. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στη χρησιμότητα των βασικών αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας, ενώ παρατίθενται **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 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 τις 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.

Μία από τις παλαιότερες έρευνες είναι εκείνη που πραγματοποίησε το 1974 ο **Dennis P. Tihansky** σχετικά με την **επίδραση της ενεργειακής κρίσης του 1973 στα οδικά ατυχήματα** των Η.Π.Α.. Η ενεργειακή κρίση, που επιδεινώθηκε σε κάποιο επίπεδο από το Αραβικό εμπόργκο πετρελαίου, ώθησε στην επιβολή χαμηλότερου μέγιστου ορίου ταχύτητας (55 m.p.h.) και στην αλλαγή της οδικής συμπεριφοράς των πολιτών με αποτέλεσμα την αλλαγή της τάσης των οδικών ατυχημάτων.

Η μέθοδος που προτάθηκε για την εκτίμηση των παραγόντων που επέδρασαν στην πτωτική τάση των ατυχημάτων περιελάμβανε:

- 1) να εκτιμηθούν μέσω των προβλέψεων των τάσεων οι πιθανοί κίνδυνοι κυκλοφορίας χωρίς την ενεργειακή κρίση
- 2) να διαμεριστεί η εκτίμηση αυτή σε συστατικά ποσά που διαφέρουν ως προς την ευαισθησία σε κάθε παράγοντα και
- 3) να προσαρμοστεί κάθε συστατικό ποσό σε σχέση με τον συνδυασμό όλων των παραγόντων.

Η προσαρμογή είναι ανάλογη με τον υπολογισμό ενός κοινού επιπέδου πιθανότητας από μερικές εξαρτώμενες τυχαίες μεταβλητές και μαθηματικά εκφράζεται από τη σχέση:

$$A_{i,j} = A_{i,j}^* p(f_1) p(f_2/f_1) \dots p(f_n/f_1 \dots f_{n-1}), \text{ όπου}$$

$A_{i,j}$: τα πιθανά ατυχήματα τύπου i σε σύστημα αυτοκινητόδρομου j

$A_{i,j}^*$: το συστατικό ποσό υπολογιζόμενο από την παρουσία παραγόντων $f_1, f_2, \dots, f_n$ και

$p(f_m/f_1 \dots f_{m-1})$: το κλάσμα των ατυχημάτων που απομένει μετά την επίδραση της f_m , εξαρτώμενη από την παρουσία των γεγονότων $f_1, \dots, f_{m-1}$.

Σε αυτήν την εξίσωση, το προϊόν όλων των κλασμάτων ισούται με τη συνολική προσαρμογή στις ενεργειακές ελλείψεις. Για κάθε ατύχημα και κατηγορία αυτοκινητόδρομου, ως εκ τούτου, τα συνολικά κέρδη ασφάλειας μετρώνται από τη σχέση $A_{i,j}^* - A_{i,j}$.

Οι παράγοντες που επιλέχθηκαν να διερευνηθούν ως προς την επιρροή τους στην οδική ασφάλεια ήταν τα **όρια ταχύτητας** και η **κατανάλωση καυσίμων**. Επομένως, από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι η συχνότητα ατυχημάτων τύπου i υπολογίζεται από τον συνδυασμό των παραπάνω παραγόντων ως εξής:

$$p_i (\text{ταχύτητα και καύσιμα}) = p_i (\text{ταχύτητα}) \cdot p_i (\text{καύσιμα/ ταχύτητα}),$$

ενώ το **ποσοστό των ατυχημάτων που μειώνονται** λόγω του κάθε παράγοντα υπολογίζεται από την ποσότητα $100 \cdot (1 - p_i)$.

Προέκυψε ότι εξαιτίας μόνο των ορίων ταχύτητας το ποσοστό των νεκρών μειώθηκε κατά 10,2-22,7%, το ποσοστό των τραυματισμών κατά 3,1-6,7% και των υλικών ζημιών κατά 1,6-3,3%. Εξαιτίας τώρα μόνο της έλλειψης καυσίμων το ποσοστό των νεκρών μειώθηκε κατά 0,3-6,2%, των τραυματισμών κατά 0,2-3,2% και των υλικών ζημιών κατά 0,1-2,6%. Από τον συνδυασμό των δύο παραπάνω παραγόντων τα αντίστοιχα ποσοστά μείωσης ήταν 10,5-27,5%, 3,3-9,7% και 1,7-5,8%.

Τους μήνες Ιανουάριο-Απρίλιο του 1974, όλες σχεδόν οι πολιτείες είχαν εφαρμόσει ως όριο ταχύτητας τα 55 m.p.h. και η κατανάλωση καυσίμων είχε μειωθεί κατά 5-10%. Τους δύο προηγούμενους μήνες, όμως, μόνο οι μισές πολιτείες άλλαξαν το όριο ταχύτητας, ενώ στις υπόλοιπες πολιτείες σημειώθηκε μια γενικά καλή ανταπόκριση από τους οδηγούς. Παρατηρήθηκε ότι στις τελευταίες η μείωση των ατυχημάτων ήταν η μισή σε σχέση με τις πρώτες πολιτείες. Προκειμένου να αντισταθμιστεί αυτή η διαφορά, τα παραπάνω ποσοστά πολλαπλασιάστηκαν επί 0,5 για τους δύο πρώτους μήνες.

Αφού λοιπόν προβλέφθηκαν τα ατυχήματα της περιόδου της ενεργειακής κρίσης από την αντίστοιχη περίοδο της προηγούμενης χρονιάς, προσαρμόστηκαν τα στοιχεία αυτά με βάση τις παραπάνω επιδράσεις της ενεργειακής κρίσης για κάθε μήνα. Προέκυψε ότι ο **συνολικός αριθμός των ατυχημάτων κατά την περίοδο αυτή μειώθηκε κατά 123.000-410.640** και ο **αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα μειώθηκε κατά 1.980-5.190**. Οι τραυματισμοί, τέλος, μειώθηκαν κατά 17.880-52.550 και οι υλικές ζημιές κατά 103.440-352.990.

Συμπερασματικά, η ενεργειακή κρίση παρείχε μια απροσδόκητη ώθηση στις τάσεις της οδικής ασφάλειας, μειώνοντας όχι μόνο το ποσοστό των ατυχημάτων, αλλά και τον συνολικό αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα σε σχέση με τις προβλεπόμενες εκτιμήσεις. Τα οφέλη της συσχέτισης οδικής ασφάλειας και ενέργειας

υπολογίστηκαν γύρω στα 0,7 δις.- 2 δις. δολάρια για την εξάμηνη αυτή περίοδο. Η εξοικονόμηση αυτή αντιστοιχεί περίπου στο 4-12% του συνολικού κοινωνικού κόστους των προβλεπόμενων ατυχημάτων, χωρίς την επίδραση της ενεργειακής κρίσης.

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 επίδρασή της μεταξύ ανεργίας και συμμετοχής σε ατύχημα. Υπολογίστηκε σε μηνιαία βάση, βασίζομενη τόσο στη μέτρηση της κυκλοφορίας όσο και στα δεδομένα των πωλήσεων καυσίμων.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν ότι η **αύξηση 1% του ποσοστού της ανεργίας** συνδέεται με μια **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 της 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 χιλιόμετρα 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 τόσο σε αυτούς που έχουν βρει νέα εργασία όσο και σ' 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.

Άλλη μία έρευνα διεξήχθη από την **Εθνική Υπηρεσία Οδικής Ασφάλειας της Washington** (J. Hedlund, R. Arnold, E. Cerrelli, S. Partyka) σε συνεργασία με το **Κέντρο Συστημάτων Μεταφορών του Cambridge (USA)** (P. Hoxie, D. Skinner) σχετικά με τη σημαντική μείωση των νεκρών στα οδικά ατυχήματα που παρατηρήθηκε στις ΗΠΑ το 1982. Οι παράγοντες που εξετάστηκαν ήταν τα αλκοτέστ, η χρήση μέσων ασφαλείας (ζώνη, κράνος), δημογραφικές αλλαγές και οικονομικές συνθήκες, χωρίς να επιτυγχάνεται ακριβής ποσοτικοποίηση της επιρροής του κάθε παράγοντα εξαιτίας των διαθέσιμων δεδομένων.

Όσον αφορά το **αλκοόλ**, λόγω έλλειψης μίας ενιαίας πηγής καλών στοιχείων, χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι, οι οποίες εκτίμησαν και οι δύο πτώση της τάξης του 2% των νεκρών οδηγών υπό την επήρεια αλκοόλ.

Σχετικά με τα **μέτρα ασφαλείας**, τα δεδομένα ήταν περιορισμένα και επομένως τα συμπεράσματα αβέβαια. Με βάση τα στοιχεία, εκτιμήθηκε ότι η μείωση του συνόλου των θανάτων εξαιτίας της αυξημένης χρήσης ζώνης δεν μπορεί να ήταν πάνω από 250 ή λιγότερο από το 1/20 της συνολικής μείωσης του αριθμού των νεκρών.

Όσον αφορά στην επίδραση των **δημογραφικών στοιχείων**, παρατηρήθηκε μείωση των νεκρών στα οδικά ατυχήματα την περίοδο 1980-1982 ανά ηλικιακή ομάδα, με τη μεγαλύτερη μείωση να σημειώνεται στα ποσοστά θανάτων των εφήβων. Παράλληλα, ο συνολικός πληθυσμός εμφανίζει αύξηση, σε αντίθεση με τον πληθυσμό των εφήβων που μειώθηκε σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και το ποσοστό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.

Τέλος, για την επίδραση των **οικονομικών συνθηκών** χρησιμοποιήθηκαν ένα απλό κι ένα λεπτομερές μοντέλο.

Το απλό μοντέλο χρησιμοποίησε 5 παράγοντες. Οι τρεις αφορούσαν στον πληθυσμό και ήταν ο συνολικός αριθμός των απασχολούμενων, το σύνολο των ανέργων και το σύνολο του μη εργατικού δυναμικού. Ο τέταρτος ήταν ο «1974 και μετέπειτα» παράγοντας, ο οποίος μείωνε την εκτίμηση των θανάτων σταθερά για κάθε έτος από το 1974 και μετά και ο τελευταίος ήταν ο «1974» παράγοντας, ο οποίος μείωνε την εκτίμηση των θανάτων κατά ένα συμπληρωματικό ποσό για το 1974 μόνο. Μετά από συνυπολογισμό των αποτελεσμάτων του 1974, προέκυψε ότι οι θάνατοι εξαρτιόνταν άμεσα από το πόσοι άνθρωποι εργάζονταν, πόσοι ήταν εκτός εργασίας, πόσοι δεν αναζητούσαν εργασία, και ότι, δεδομένου του σταθερού πληθυσμού, οι αυξήσεις της ανεργίας θα μείωναν τους θανάτους.

Ένα δεύτερο απλό μοντέλο χρησιμοποίησε δεδομένα μόνο από την περίοδο 1975-1982 και χρησιμοποίησε μόνο το συνολικό πληθυσμό και τους συνολικούς ανέργους ως προγνωστικούς παράγοντες. Και τα δύο μοντέλα κατέληξαν στο ότι η δίχρονη μείωση ήταν σύμφωνη με τις ιστορικές συσχετίσεις μεταξύ θανάτων και οικονομικών συνθηκών, όπως μετρήθηκε από τα στοιχεία για την απασχόληση, αλλά ότι η μείωση ήταν μεγαλύτερη απ' ό,τι είχε προβλεφθεί μόνο από τις οικονομικές συνθήκες. Δεν εξηγούσαν όμως τους μηχανισμούς με τους οποίους οι οικονομικές αλλαγές μεταφράζονταν σε μείωση ατυχημάτων.

Αντίθετα, το λεπτομερές μοντέλο προσπάθησε να δώσει εξήγηση στο παραπάνω ερώτημα. Τα βασικά δεδομένα ήταν οι μηνιαίοι αριθμοί νεκρών, προσαρμοσμένοι για να εξαλειφθεί η μεταβλητότητα που παράγεται από τους διαφοροποιημένους αριθμούς των Σαββατοκύριακων. Το μοντέλο προσάρμοσε τόσο τους μηνιαίους αριθμούς νεκρών στα οδικά ατυχήματα όσο και τις μεταβλητές πρόβλεψης για τις εποχιακές επιδράσεις. Κάποιες μεταβλητές συσχετίστηκαν αρκετά καλά, συμπεριλαμβανομένων των **διανυόμενων οχηματοχιλιομέτρων**, του **Δείκτη Παραγωγής του Συμβουλίου Ομοσπονδιακής Τράπεζας** (Federal Reserve Board Production Index), του **προσωπικού εισοδήματος**, και των **λιανικών πωλήσεων**. Για κάθε μία από τις μεταβλητές ξεχωριστά κατασκευάστηκε μια συνάρτηση πρόβλεψης, χρησιμοποιώντας στοιχεία από την περίοδο 1975-1980 και χρησιμοποιήθηκε για προβλέψεις για το 1981 και το 1982. Και οι τέσσερις από τις μεταβλητές που αναφέρθηκαν παραπάνω οδήγησαν σε εκτίμηση μείωσης των νεκρών κατά 10% για την περίοδο των δύο ετών, σε σύγκριση με το 14,4% που παρατηρήθηκε. Η περαιτέρω στατιστική δοκιμή έδειξε ότι οι τέσσερις μεταβλητές πραγματικά μέτρησαν περίπου το ίδιο πράγμα: οι τρεις οικονομικές μεταβλητές χρησίμευσαν ως υποκατάστατα για τα διανυόμενα οχηματοχιλιόμετρα σε αυτά τα μοντέλα. Έτσι, μια απλή ερμηνεία αυτού του μάλλον πολύπλοκου μοντέλου ήταν ότι οι οικονομικές αλλαγές παρήγαγαν αλλαγές των διανυόμενων οχηματοχιλιομέτρων, οι οποίες με τη σειρά τους παρήγαγαν αλλαγές στον αριθμό των νεκρών.

Όμως, τα διανυόμενα οχηματοχιλιόμετρα αυξήθηκαν τη συγκεκριμένη διετία. Το πώς η αύξηση αυτή συνέβαλε στην πρόβλεψη της μείωσης των νεκρών στα οδικά ατυχήματα εξηγήθηκε από τους νεκρούς ανά οχηματοχιλιόμετρο, οι οποίοι μειώνονταν σταθερά, με ρυθμό περίπου 4% ετησίως για τα τελευταία 40 χρόνια. Μια πιο ακριβής εξήγηση της μείωσης του αριθμού των νεκρών περιελάμβανε επίσης τη δομή του μοντέλου. Το μοντέλο χρησιμοποιούσε τις διαφορές από μήνα σε μήνα των οχηματοχιλιομέτρων για την πρόβλεψη στις αλλαγές του αριθμού των νεκρών. Δεδομένου ότι οι μέτριες αυξήσεις των οχηματοχιλιομέτρων που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια αυτών των δύο ετών δεν ήταν ομοιόμορφες όλους τους μήνες, το μοντέλο μετάφρασε τις αλλαγές που συνέβησαν σε μια πρόβλεψη των μειωμένων θανάτων.

Τα ευρήματα αυτά, αν και προκαταρκτικά, ήταν συνεπή με αυτά που πρότεινε το απλό μοντέλο, δηλαδή ότι η κατά 10% μείωση των νεκρών συνδεόταν με τις αλλαγές των διανυόμενων οχηματοχιλιομέτρων, οι οποίες με τη σειρά τους συνδέονταν με τις οικονομικές συνθήκες. Επίσης, έδειξαν ότι τα συνολικά οχηματοχιλιόμετρα ήταν παραπλανητικά, γιατί τα συνολικά οχηματοχιλιόμετρα μπορούσαν να αυξηθούν, ενώ οι νεκροί μειώνονταν.

Συμπερασματικά, και οι τέσσερις παράγοντες που συζητήθηκαν έπαιξαν κάποιο ρόλο στην πτώση των νεκρών κατά την περίοδο 1980-1982. Οικονομικές επιπτώσεις, που εκφράζονταν μέσω των αλλαγών των διανυόμενων οχηματοχίλιομέτρων, φαίνεται να συνέβαλαν τα μέγιστα, αλκοόλ και δημογραφικές αλλαγές ήταν λιγότερο σημαντικές, και η αύξηση της χρήσης μέσων προστασίας είχε μικρή επίδραση.

Επιπλέον, το **1983 η S.C. Partyka** χρησιμοποιώντας δεδομένα πληθυσμού και απασχόλησης των Η.Π.Α. για τις περιόδους 1960-1982 και 1975-1982 επεδίωξε να μελετήσει τις τάσεις του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.

Για το μακροπρόθεσμο μοντέλο (1960-1982) χρησιμοποίησε ως **ανεξάρτητες** μεταβλητές τον **αριθμό των ανέργων**, τον **αριθμό των εργαζομένων**, τον **αριθμό του μη εργατικού δυναμικού**, καθώς και **δύο ψευδομεταβλητές** οι οποίες εκφράζουν την επιρροή του εμπάργκο πετρελαίου το 1974 και την επιρροή του χαμηλότερου ορίου ταχύτητας που επιβλήθηκε από το 1974 και μετά. Ως εξαρτημένη μεταβλητή χρησιμοποιήθηκε ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Προέκυψε επομένως ένα γραμμικό μοντέλο, το οποίο δίνεται από την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$\text{Fatalities} = - 96.781 - 1,8569 \times \text{Unemployed Workers}/1000 + 0,4971 \times \text{Employed Workers}/1000 + 0,9616 \times \text{Non-labor Force}/1000 - 3.995 \text{ if } 1974 - 4.824 \text{ if } 1974 \text{ or later} \quad (R^2 = 0,98)$$

Δύο προβλήματα που παρουσιάστηκαν ήταν ότι πρώτον οι μεταβλητές των ανέργων, εργαζομένων και μη εργατικού δυναμικού εμφάνιζαν συσχέτιση τόσο μεταξύ τους, όσο και με το χρόνο, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ακρίβεια των συντελεστών που μπορεί να ταίριαζαν στο μοντέλο. Δεύτερον, τα όρια σφάλματος δεν ήταν ανεξάρτητα μεταξύ τους, με αποτέλεσμα το μοντέλο να έχει την τάση να υπερ-προβλέπει και να υπο-προβλέπει για δύο ή τρία χρόνια στη σειρά, μειώνοντας κατά συνέπεια την ακρίβεια των συντελεστών.

Στο βραχυπρόθεσμο μοντέλο (1975-1982) λόγω του μικρού αριθμού ετών, χρησιμοποιήθηκαν λιγότερες μεταβλητές. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ο αριθμός των ανέργων και ο αριθμός των εργαζομένων. Το μοντέλο που προέκυψε δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Fatalities} = 24.509 - 1,6339 \times \text{Unemployed Workers}/1000 + 0,3783 \times \text{Employed Workers}/1000 \quad (R^2 = 0,93)$$

Τέλος, εξετάστηκε και η συσχέτιση των νεκρών στα οδικά ατυχήματα για την ηλικιακή ομάδα 15-19 ετών με τον αριθμό των εργαζομένων και τον αριθμό των μη-εργαζομένων. Προέκυψε η ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$\text{Fatalities} = - 7.288 + 1,6018 \times \text{Employed Workers}/1000 + 0,2643 \times \text{All Others}/1000 \quad (R^2 = 0,98)$$

Το μοντέλο υπερεκτιμά τον αριθμό των νεκρών κατά 21 μόνο για το έτος 1982 κι επιπλέον οι ανεξάρτητες μεταβλητές δεν έχουν σημαντική συσχέτιση, γεγονός που είναι ευνοϊκό για το μοντέλο.

Στην παραπάνω μελέτη βασίστηκε και η μελέτη που ακολούθησε το **1991** 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.

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε ένα **απλό μοντέλο παλινδρόμησης** τόσο για το σύνολο του πληθυσμού, όσο και για ορισμένες υποομάδες ανάλογα με το φύλο και την ηλικία. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκαν 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.

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ο αριθμός των εργαζομένων, ο αριθμός των ανέργων και ο αριθμός του μη εργατικού δυναμικού. Οι υποομάδες που δημιουργήθηκαν για την ανάλυση ήταν ανά ηλικία (16-24, 25-44, 45-64, 65 και πάνω), ανά φυλή (λευκοί και μη-λευκοί) και ανά φύλο (αρσενικό, θηλυκό).

Το μοντέλο της παλινδρόμησης για τους νεκρούς στα οδικά ατυχήματα μιμείται αυτό της μελέτης της Partyka. Τόσο για τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, όσο και από αυτοκτονίες και ανθρωποκτονίες, τα μοντέλα προέβαλλαν τις γενικότερες τάσεις στις εξαρτημένες μεταβλητές, αλλά αδυνατούσαν να συλλάβουν τις βραχυπρόθεσμες μεταβολές.

Για τη μέθοδο ανάλυσης χρονοσειρών ARIMA, χρησιμοποιήθηκε η προσέγγιση Box-Jenkins, με την οποία η τάση απομακρύνεται από τις σειρές των δεδομένων με την διαφορά ενός κατάλληλου ποσού πριν από την εκτίμηση του μοντέλου. Προέκυψε ότι μόνο ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα και η ανεργία είχαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση.

Όσον αφορά στη μέθοδο ανάλυσης δομικών χρονοσειρών, το γενικό μοντέλο μπορεί να γραφεί ως:

$$Y_t = \mu_t + \sum_{j=1}^k a_j X_{jt} + \varepsilon_t$$

όπου, Y_t είναι η εξαρτημένη μεταβλητή για χρόνο t
 $\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + \Pi_t$ είναι το επίπεδο των σειρών για χρόνο t
 $\beta_t = \beta_{t-1} + \delta_t$ είναι η εκτίμηση της κλίσης για χρόνο t
 X_{jt} είναι οι ανεξάρτητες (ή εξωγενείς μεταβλητές), όπως ο αριθμός των εργαζομένων ή η ένδειξη της κρίσης πετρελαίου
 a_j είναι ο εκτιμηθείς συντελεστής παλινδρόμησης του X_{jt}
 ε_t είναι το σφάλμα παλινδρόμησης του Y_t ,
 Π_t είναι η τυχαία διαταραχή που σχετίζεται με το επίπεδο
 δ_t είναι η τυχαία διαταραχή που σχετίζεται με την κλίση

Δημιουργήθηκαν δύο μοντέλα με εξαρτημένη μεταβλητή τους νεκρούς στα οδικά ατυχήματα. Το πρώτο περιελάμβανε ως ανεξάρτητες μεταβλητές την απασχόληση, την ανεργία, το μη ενεργό δυναμικό και τις δύο ψευδομεταβλητές, το εμπάργκο

πετρελαίου και το χαμηλότερο όριο ταχύτητας. Το δεύτερο περιελάμβανε μόνο τις μεταβλητές για απασχόληση, εμπάργκο πετρελαίου και όρια ταχύτητας.

Όσον αφορά στις προβλέψεις, δεν αποδείχθηκε ότι οι τρεις οικονομικές μεταβλητές βελτίωσαν τις προβλέψεις, όπως αυτές θα προέκυπταν από τις σειρές των οδικών ατυχημάτων.

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

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

Όπου: i ο δείκτης της χώρας,
t ο δείκτης του χρόνου
 X_j η ανεξάρτητη μεταβλητή.

Το μοντέλο μπορεί να μετασχηματιστεί λογαριθμικά ως εξής:

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

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

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

Το **2001**, ο **S. Lassarre** 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:

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

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

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

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 δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν εκθετικά μοντέλα με ανεξάρτητη μεταβλητή το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. και εξαρτημένη τον αριθμό είτε των νεκρών είτε των τραυματιών, εκ των οποίων προέκυψαν ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

Συγκεκριμένα, **όσο υψηλότερο είναι το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π., τόσο υψηλότερος ο δείκτης ιδιοκτησίας οχημάτων της χώρας**, ενώ η αναλογία νεκρών ανά όχημα τείνει να μειωθεί με την πάροδο του χρόνου και την παράλληλη αύξηση του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π.. Άρα οι νεκροί στα οδικά ατυχήματα θα μειωθούν μόνο στις χώρες υψηλού εισοδήματος και στις χώρες με ενδιάμεσες τιμές του δείκτη ιδιοκτησίας και με Α.Ε.Π. άνω του μέσου όρου, ενώ ο παγκόσμιος αριθμός νεκρών αυξάνεται τις δύο τελευταίες δεκαετίες. Η τάση αυτή είναι χειρότερη για τους τραυματισμούς, στον αριθμό των οποίων παρουσιάζεται μείωση μόνο στις χώρες υψηλού εισοδήματος.

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 του επιπέδου ανάπτυξης το **Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν** (Α.Ε.Π.). Μελετήθηκαν δεκατέσσερις χώρες της Ε.Ε. συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας και προέκυψε το μοντέλο:

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

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 δηλαδή: **όσο πιο αναπτυγμένη οικονομικά είναι μια χώρα τόσο μικρότερος συγκριτικά είναι ο αριθμός νεκρών.**

Μία έρευνα που αφορούσε επίσης στις **συσχετίσεις μακροσκοπικών παραμέτρων της οδικής ασφάλειας στη Ε.Ε.** διεξήχθη το 2006 στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (Γ. Γιαννής, Α. Τσουμάνη).

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση χρονοσειρών στοιχείων δημογραφικών, κυκλοφοριακών και ατυχημάτων, για τα 25 κράτη-μέλη της Ε.Ε., για τη χρονική περίοδο 1970-2003. Αναπτύχθηκαν γραμμικά και μη γραμμικά μοντέλα παλινδρόμησης, από τα οποία προέκυψε και ποσοτικοποιήθηκε η επιρροή κάθε μεταβλητής στον αριθμό και στους δείκτες των οδικών ατυχημάτων. Συγκεκριμένα, για την **εξέλιξη του δείκτη θνησιμότητας** επιλέχθηκε το μοντέλο της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης και η μαθηματική σχέση που προέκυψε ήταν:

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

όπου, F ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα
 V ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων
 P ο πληθυσμός

Για τη **εξέλιξη του αριθμού των νεκρών** επιλέχθηκαν τρία διαφορετικά μοντέλα, ανάλογα με την τιμή του λόγου του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό. Συγκεκριμένα,

$$\text{για } V/P < 350: \quad F = e^{1,367 + 1,850 \cdot \log V - 583,483 \cdot 1/P}$$

$$\text{για } 300 < V/P < 500: \quad F = (56001,678 - 0,172 \cdot V^2 + 0,059 \cdot P^2)^{1/2}$$

$$\text{για } V/P > 450: \quad F = 10^{3,481 + 75,907 \cdot 1/V - 901,243 \cdot 1/P}$$

Τα αποτελέσματα οδήγησαν σε δύο βασικά συμπεράσματα. Πρώτον, ότι ο λόγος του αριθμού των νεκρών 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 του αριθμού των νεκρών 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. Επιπλέον, δεν ήταν δυνατή η χρήση της μεταβλητής του Α.Ε.Π. ανά κάτοικο λόγω της ύπαρξης **στατιστικά σημαντικής συσχέτισης μεταξύ του αριθμού των οχημάτων ανά κάτοικο και του Α.Ε.Π. ανά κάτοικο.**

Άλλη μία ελληνική έρευνα που αφορά στις ευρωπαϊκές χώρες και στη σύγκρισή τους πραγματοποιήθηκε 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 του 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 την χρονική εξέλιξη στοιχειωδών 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, 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.

Τέλος, μία έρευνα σχετική με τις **μεθόδους στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων των νεκρών στα οδικά ατυχήματα** πραγματοποιήθηκε από τους **Γ. Γιαννή, Κ. Αντωνίου και Ε. Παπαδημητρίου (2011)** 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 τριών τελευταίων δεκαετιών.

Συγκεκριμένα προτάθηκε μια μακροσκοπική ανάλυση της οδικής ασφάλειας στην Ευρώπη, σε επίπεδο χωρών, μέσω της εφαρμογής **μη γραμμικών μοντέλων**, τα οποία συσχετίζουν 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 τουλάχιστον από τις υποθέσεις της μη γραμμικής παλινδρόμησης. Επιπλέον, θεωρήθηκαν **αυτοπαλίνδρομες μορφές των μοντέλων**, οι οποίες ξεπερνούσαν αυτούς τους περιορισμούς και παρείχαν καλύτερες ικανότητες πρόβλεψης.

Το μοντέλο που αποδείχθηκε ότι ήταν 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. Εκτός από την αξιολόγηση των χωρών, τα μοντέλα θα μπορούσαν να αποδειχθούν χρήσιμα στην απόκτηση εικόνας για την τρέχουσα αλλά και μελλοντική τάση της οδικής ασφάλειας των λιγότερο αναπτυγμένων χωρών.

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 που έχουν διεξαχθεί σε χώρες της Ε.Ε. και παγκοσμίως, με σκοπό τη διερεύνηση της επιρροής των οικονομικών παραγόντων στην οδική ασφάλεια μιας χώρας ή περιοχής.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η **ενεργειακή κρίση του 1974** και η επακόλουθη επιβολή χαμηλότερου ορίου ταχύτητας επηρέασαν θετικά την οδική ασφάλεια στις Η.Π.Α., μειώνοντας όχι μόνο το ποσοστό των ατυχημάτων, αλλά και τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.

Επίσης, 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 χρησιμοποιήθηκε ως οικονομικός παράγοντας η **απασχόληση**, εκφραζόμενη άλλοτε μόνο από το ποσοστό ανεργίας και άλλοτε από τα ποσοστά ανεργίας, απασχόλησης και μη εργατικού δυναμικού μαζί. 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 τα ατυχήματα του επόμενου μήνα (Wagenaar, 1983).

Σε έρευνες για την ίδια περίοδο, η χρησιμοποίηση άλλων οικονομικών δεικτών (όπως προσωπικό εισόδημα, πωλήσεις λιανικού εμπορίου κτλ) οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι δείκτες αυτοί επηρεάζουν τα διανυόμενα οχηματοχιλιόμετρα και αυτά με τη σειρά τους τον αριθμό των ατυχημάτων.

Σε μεταγενέστερες έρευνες που αφορούσαν στις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. (Koornstra, 2002), αλλά και της Ε.Ε. (Προφυλλίδης, Μποτζώρης, 2005) χρησιμοποιήθηκε ως οικονομικός παράγοντας το **Α.Ε.Π.** Ένα σημαντικό συμπέρασμα που εξήχθη και από τις δύο μελέτες είναι ότι όσο πιο αναπτυγμένη είναι μια χώρα, τόσο μικρότερος συγκριτικά είναι ο αριθμός των νεκρών. Επίσης, το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. αποδείχθηκε ότι εμφανίζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τον αριθμό των οχημάτων ανά κάτοικο (Γιαννής, Τσουμάνη, 2006).

Επιπλέον, αναζητήθηκαν έρευνες που συσχέτιζαν κυκλοφοριακά, δημογραφικά ή/και κοινωνικοοικονομικά στοιχεία με την οδική ασφάλεια για τις χώρες της Ε.Ε., με σκοπό να αξιολογηθούν οι μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν και τα αποτελέσματα των συγκρίσεων μεταξύ των χωρών. Όπως παρατηρήθηκε, ο τρόπος προσέγγισης των θεμάτων και η επιλογή των μοντέλων γινόταν με τέτοιο τρόπο ώστε να περιγράφεται το κάθε φαινόμενο επαρκώς, να αναδεικνύονται κοινές τάσεις που πιθανώς να οφείλονται σε παρόμοιες κοινωνικοοικονομικές συνθήκες και νοοτροπίες οδικής ασφάλειας, καθώς και να διευκολύνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των χωρών.

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

υπερέχουν έναντι των μοντέλων απλής παλινδρόμησης ή κάποιων οικονομετρικών μοντέλων, καθώς λαμβάνουν υπόψη όλες τις σημαντικές αυτοσυσχετίσεις σε κάθε μεταβλητή και δεν υποθέτουν απλά ότι τα όρια σφάλματος είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.

Ως συνέπεια των παραπάνω προέκυψε η ανάγκη για τη διερεύνηση της επιρροής των οικονομικών μεταβολών στην οδική ασφάλεια στις χώρες της Ε.Ε., της οποίας η ποσοτικοποίηση θα ήταν χρήσιμη για την κατανόηση των αποτελεσμάτων των προγραμμάτων οδικής ασφάλειας και των υπόλοιπων αλλαγών στο οδικό περιβάλλον. Δεδομένου ότι η επιρροή της διαχρονικής εξέλιξης του Α.Ε.Π. στα οδικά ατυχήματα (χρονοσειρές) έχει διερευνηθεί στο παρελθόν, επιλέχθηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία να διερευνηθεί η επιρροή της ποσοστιαίας ετήσιας μεταβολής του Α.Ε.Π., στην οποία δεν έχει δοθεί έμφαση. Η προσπάθεια αυτή έγινε με γνώμονα τις μέχρι τώρα έρευνες πάνω στο συγκεκριμένο φαινόμενο, τόσο από πλευράς αποτελεσμάτων όσο και από πλευράς μεθοδολογιών.

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 της μεταβολής του Α.Ε.Π. 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 από τη μελέτη του δείγματος θα ισχύουν με ικανοποιητική ακρίβεια για ολόκληρο 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 μίας 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 μια 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 κατανομημένου δείγματος δεδομένων. Σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα προκύπτει ότι το διάστημα:

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

Συνδιακύμανση (covariance of the 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 θα είναι σωστή.
- **Επίπεδο σημαντικότητας:** η αναλογία των περιπτώσεων που ένα συμπέρασμα είναι εσφαλμένο.

3.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ- ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ

Στη συνέχεια θεωρούνται δύο τυχαίες και συνεχείς 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 τον **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 τον 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 των οδικών ατυχημάτων.

3.4.1 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Από τις πιο 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:

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

όπου μ και σ είναι σταθερές ίσες με τη 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 από οδικά ατυχήματα) θεωρείται ότι ακολουθεί κατανομή Poisson με παράμετρο λ ($\lambda > 0$), και γράφεται $X \sim P(\lambda)$, όταν έχει συνάρτηση μάζας πιθανότητας την:

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

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

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 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 μία μεταβλητή, οι 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 εμφανίζουν 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 την:

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

όπου $X=0, 1, 2, \dots$

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

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

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

Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση υπάρχει μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή X και μία εξαρτημένη μεταβλητή Y , που προσεγγίζεται ως μια γραμμική συνάρτηση του X . Η τιμή y_i της Y , για κάθε τιμή 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 ανεξάρτητων 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 υποθέσεις:

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 κατανοημένη.

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, $x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}$ 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 μετριέται η εξαρτημένη μεταβλητή.

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

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

όπου X είναι ένας πίνακας δεδομένων, ο οποίος έχει στοιχεία x_{ij} σε κάθε στήλη για κάθε παράγοντα j και σε κάθε σειρά για κάθε παρατήρηση i . Ο πίνακας G αποτελείται από τους συντελεστές g_{ik} και ονομάζεται στη διεθνή ορολογία design matrix, ενώ $\beta = [x_1, x_2, \dots, x_j]$ είναι πίνακας παραμέτρων, όπου x_j είναι ένα διάνυσμα στήλη με παραμέτρους για τους παράγοντες j . Επιπλέον, e είναι ένας πίνακας με κανονικά κατανομημένους όρους σφαλμάτων.

Η παραπάνω εξίσωση δεν περιλαμβάνει σταθερό όρο, καθώς μπορεί να απομακρυνθεί με δύο τρόπους:

- με μέση διόρθωση του πίνακα δεδομένων
- προσθέτοντας μία στήλη με άσους στον πίνακα B

Σε αυτήν την περίπτωση και εφόσον τα σφάλματα είναι κανονικά κατανομημένα, 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 διάφορες 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 autocorrelation) ή αυτοπαλίνδρομο σχήμα πρώτου βαθμού (first-order autoregressive scheme), που συμβολίζεται ως **AR(1)**. Ο συντελεστής ρ ονομάζεται συντελεστής αυτοσυσχέτισης πρώτης τάξεως.

Εάν η τιμή τους 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 προκύπτουν από τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.**

3.7 ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ

Σε αντίθεση με τα παραπάνω γραμμικά μοντέλα, η **ανάλυση των χρονοσειρών** (time series analysis) λαμβάνει υπόψη το γεγονός ότι τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί με τον καιρό μπορεί να έχουν μια εσωτερική δομή, όπως η αυτοσυσχέτιση, η τάση ή η εποχιακή περιοδικότητα, η οποία πρέπει να ληφθεί υπόψη.

Χρονοσειρά αποκαλείται η διατεταγμένη ακολουθία των τιμών μιας μεταβλητής σε ισαπέχοντα χρονικά διαστήματα. Δεδομένου ότι στοχαστική διαδικασία καλείται κάθε στατιστικό φαινόμενο που εκτυλίσσεται μέσα στο χρόνο, οι **χρονολογικές σειρές μπορούν να θεωρηθούν στοχαστικές διαδικασίες με πεπερασμένο πλήθος στοιχείων.**

3.7.1 Χαρακτηριστικά Χρονοσειράς

Μια χρονοσειρά ονομάζεται **στάσιμη** (stationary) όταν τα στατιστικά χαρακτηριστικά της είναι ανεξάρτητα του χρόνου. Αυτό σημαίνει ότι οι στατιστικές ιδιότητές της (μέσος όρος, τυπική απόκλιση κτλ) δεν μεταβάλλονται διαχρονικά και η συνδιακύμανση των τιμών της σε δύο χρονικές περιόδους εξαρτάται μόνο από τις

χρονικές υστερήσεις και όχι από καθαυτό το χρονικό σημείο στο οποίο υπολογίζεται (δεύτερης τάξης στασιμότητα).

Έστω μια σειρά από παρατηρήσεις μιας μεταβλητής Y_t , παρμένες σε ίσα χρονικά διαστήματα t . **Αυτοσυσχέτιση τ τάξης** είναι η συσχέτιση των μελών της σειράς με την ίδια τη σειρά, αλλά μετατοπισμένη κατά τ χρονικά διαστήματα.

Η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης (ACF) μιας στάσιμης χρονοσειράς ορίζεται από τη σχέση:

$$\rho_\tau = \text{Corr}(Y_t, Y_{t+\tau}) = \frac{\text{Cov}(Y_t, Y_{t+\tau})}{(\text{Var}[Y_t] * \text{Var}[Y_{t+\tau}])^{1/2}}$$

όπου $h \in T$ και $|\rho_\tau| \leq 1$

Επιπλέον, τα δεδομένα χρονολογικών σειρών συχνά περιλαμβάνουν **τάση**, δηλαδή η σειρά εμφανίζει μία σταθερή συμπεριφορά ή κατεύθυνση, η διάρκεια της οποίας είναι μεγαλύτερη του έτους.

Μια χρονοσειρά μπορεί επίσης να παρουσιάζει **περιοδικότητα** (periodicity), που όταν αναφέρεται σε συγκεκριμένες περιόδους που σχετίζονται με φυσικές εποχές του έτους (μήνα, τρίμηνο, τετράμηνο) λέγεται και **εποχικότητα** (seasonality).

Ένα γενικό μοντέλο αναπαράστασης μιας χρονοσειράς με τάση και εποχικότητα είναι το προσθετικό:

$$X_t = m_t + s_t + Y_t, \quad t \in R$$

όπου η συνιστώσα m_t είναι μια χαμηλών μεταβολών συνάρτηση του χρόνου t η οποία εκφράζει την **τάση**, η συνιστώσα s_t είναι μια περιοδική συνάρτηση η οποία εκφράζει την **εποχική συνιστώσα** και η συνιστώσα Y_t αποτελεί τον **θόρυβο** και είναι μια στάσιμη στοχαστική ανέλιξη.

Η εμφάνιση τάσης ή περιοδικότητας στη χρονοσειρά υποδηλώνει ότι τα στατιστικά χαρακτηριστικά του συστήματος που παράγει η χρονοσειρά αλλάζουν με τον χρόνο και η χρονοσειρά δεν είναι στάσιμη. Η μη-στασιμότητα αποτελεί σοβαρό πρόβλημα στην ανάλυση χρονοσειρών και ιδιαίτερα στη διαδικασία των προβλέψεων. Επομένως, ο έλεγχος στασιμότητας είναι απαραίτητος ώστε η στοχαστική ανάλυση να οδηγεί σε ασφαλή συμπεράσματα

3.7.2 Υποδείγματα Ανάλυσης Χρονοσειρών

❖ Το υπόδειγμα του Λευκού Θορύβου (white noise model)

Μία χρονοσειρά $\{e_t\}_{t=-\infty}^{\infty}$ ονομάζεται λευκός θόρυβος όταν ικανοποιεί τις παρακάτω τρεις υποθέσεις:

- $E(e_t) = 0$
- $\gamma(0) = E(e_t^2) = \sigma^2$

- $\gamma(h) = E(e_t e_{t-h}) = 0$ για $h \neq 0$

δηλαδή, η χρονοσειρά αποτελείται από **ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές με ίδια κατανομή** (independent and identically distributed, iid), η οποία δεν περιέχει συσχετίσεις μεταξύ των στοιχείων της (Κουγιουμτζής, 2011).

❖ Αυτοπαλίνδρομο Υπόδειγμα (AR(p))

Στην περίπτωση που σε μια παλινδρόμηση οι τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής με χρονικές υστερήσεις (Y_{t-1} , Y_{t-2} , κ.λπ.) χρησιμοποιούνται ως ανεξάρτητες μεταβλητές, τότε γίνεται λόγος για ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα. Στη γενική του μορφή, ένα **αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα p τάξης (AR(p))** διατυπώνεται ως εξής:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + u_t$$

Κατά συνέπεια ένα **αυτοπαλίνδρομο πρώτης τάξης (AR(1))** έχει τη μορφή:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

❖ Υπόδειγμα Κυλιόμενων Μέσων Όρων (MA(q))

Στη γενική του μορφή το **υπόδειγμα κυλιόμενων μέσων όρων q τάξης (MA(q))** διατυπώνεται ως εξής:

$$Y_t = \mu + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q}$$

όπου μ είναι ο μέσος όρος της σειράς, $\{e_t\}$ είναι η χρονοσειρά λευκού θορύβου και θ_i είναι οι παράμετροι του υποδείγματος.

Κατά συνέπεια ένα **υπόδειγμα κυλιόμενων μέσων όρων πρώτης τάξης (MA(1))** έχει τη μορφή:

$$Y_t = \mu + e_t - \theta_1 e_{t-1}$$

Οι τιμές της χρονολογικής σειράς είναι συνάρτηση του διαταραχτικού όρου της τρέχουσας περιόδου και του διαταραχτικού όρου της προηγούμενης περιόδου. (Κουντούρη, 2008)

❖ Το Υπόδειγμα της Τυχαίας Διαδρομής (random walk)

Ο **τυχαίος περίπατος ή η τυχαία διαδρομή** (random walk) είναι μια μη-στάσιμη χρονοσειρά, όπου το κάθε στοιχείο της προκύπτει από το προηγούμενο με την πρόσθεση μιας τυχαίας τιμής. (Κουγιουμτζής, 2011)

Το υπόδειγμα τυχαίας διαδρομής έχει τη μορφή:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

πρόκειται δηλαδή για ένα AR(1) υπόδειγμα με $\beta_1 = 1$.

Χαρακτηριστικό του μοντέλου είναι ότι οι τιμές της σειράς συσχετίζονται γραμμικά με τον διαταραχτικό όρο που είναι λευκός θόρυβος. (Κουντούρη, 2008)

Δηλαδή, ισχύει: $Y_t - Y_{t-1} = Z_t \sim iidN(\beta_0, \sigma^2)$

❖ **Σύνθετο Υπόδειγμα Αυτοσυσχέτισης Κυλιόμενων Μέσων Όρων (ARMA(p,q))**

Ο συνδυασμός ενός αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος AR(p) με ένα υπόδειγμα κινούμενων μέσων όρων MA(q) μας δίνει το **Σύνθετο Υπόδειγμα Αυτοσυσχέτισης Κυλιόμενων Μέσων Όρων (ARMA(p, q))** που στη γενική μορφή του γράφεται ως:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Η απλούστερη μορφή του είναι το ARMA πρώτης τάξης (ARMA(1, 1)):

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$$

Για να είναι στάσιμη μία χρονολογική σειρά που ακολουθεί ένα υπόδειγμα ARMA(1,1) πρέπει να ισχύουν: $|\alpha_1| < 1$ και $|\theta_1| < 1$

❖ **Το Υπόδειγμα Box- Jenkins (BJ)**

Η μέθοδος εφαρμόζεται όταν η χρονοσειρά δεν είναι στάσιμη και περιλαμβάνει 4 στάδια ανάλυσης:

- Ταυτοποίηση (Identification)
- Εκτίμηση (Estimation)
- Διαγνωστικός έλεγχος (Diagnostic checking)
- Πρόβλεψη (Forecasting)

Αρχικά ελέγχεται η στασιμότητα της σειράς και η ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας και στη συνέχεια εκτιμάται ένα υπόδειγμα ARIMA ακολουθώντας τις παρακάτω δυο αρχές:

- φειδωλής παραμετροποίησης (parsimony-do not overfit)
- καλής προσαρμογής (goodness of fit) (Κουντούρη, 2008)

❖ **Ολοκληρωμένα Υποδείγματα Αυτοσυσχέτισης-Κυλιόμενων Μέσων Όρων (ARIMA(p,d,q))**

Τα υποδείγματα που παριστάνουν τις χρονοσειρές των οποίων η d-τάξης διαφορά είναι μόνιμη ή που έχουν μονιμοποιηθεί με την αφαίρεση ορισμένων προσδιοριστικών συνιστωσών με αρμονική ανάλυση, λέγονται **ολοκληρωμένα υποδείγματα αυτοσυσχέτισης-κυλιόμενων μέσων όρων (ARIMA(p, d, q))**, όπου η τάξη d δείχνει το βαθμό διαφόρισης της σειράς για τη μονιμοποίηση (στασιμότητα). Η εκτίμηση των παραμέτρων των υποδειγμάτων αυτών γίνεται όπως και στα υποδείγματα ARMA(p, q). (Μιμίκου, 2006)

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, η επεξεργασία των δεδομένων δεν έγινε με κάποιο από τα μοντέλα των χρονοσειρών, αλλά προτιμήθηκε το Γραμμικό Μικτό Μοντέλο, το οποίο αναλύεται παρακάτω, διότι η ανάλυση αφορούσε στην επιρροή της ποσοστιαίας ετήσιας μεταβολής του Α.Ε.Π. στον ετήσιο αριθμό νεκρών στα οδικά ατυχήματα, χωρίς να εξετάζεται η επιρροή της διαχρονικής εξέλιξης (χρονοσειράς) του μεγέθους του Α.Ε.Π..

3.8 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 μία 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 το σκοπό της εργασίας ή 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 μεταξύ των τιμών. Ορισμένα χρήσιμα ερωτήματα για τη διάκριση των μεταβλητών είναι τα ακόλουθα:

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

Η μαθηματική σχέση που περιγράφει την 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 Zu ή ένα μοντέλο τυχαίων επιδράσεων (random effects model) στο οποίο δεν τοποθετούνται οι σταθερές επιδράσεις εκτός από το γενικό μέσο όρο, δηλαδή $Xb = 1\mu$.

3.9 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 στους **συντελεστές της εξίσωσης**, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα λογικής ερμηνείας των πρόσημων 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 ανεξάρτητης μεταβλητής (x_i) κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β_i μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά τότε αναφερόμαστε στην ελαστικότητα (elasticity).

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

Η ελαστικότητα, για γραμμικά 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 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 τον μικρότερο λογάριθμο συνάρτησης πιθανοφάνειας L . Μοντέλα που περιέχουν πολλές μεταβλητές είναι περισσότερο σύνθετα και απαιτείται ένας κανόνας που να αποφασίζει εάν 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, εάν 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 την 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 **$sig \leq 0,05$** .

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 εάν 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 (**AR1 diagonal**) της κάθε τιμής της μεταβλητής και η συσχέτιση ρ^2 (**AR1 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, εάν 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 κατά την τυπική απόκλιση $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$ ακολουθώντας κανονική κατανομή.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία οι ανεξάρτητες μεταβλητές, καθώς και ο σταθερός όρος έχουν οριστεί ως σταθερές επιδράσεις κι επομένως στον πίνακα αυτόν ελέγχεται η **διακύμανση των υπολοίπων με το κριτήριο Wald Z**. Η εκτίμηση της διακύμανσης των υπολοίπων, με τυπική απόκλιση ίση με $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$ 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 τη διερεύνηση της συσχέτισης του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα με την ετήσια μεταβολή του Α.Ε.Π. των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μετά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας, ήταν απαραίτητη η συλλογή των στοιχείων και η κατάλληλη επεξεργασία τους.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η **διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων**, έτσι ώστε να δοθεί μια πλήρης εικόνα για την ποιότητα και αξιοπιστία των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν. Επίσης, γίνεται αναφορά στα προβλήματα διαθεσιμότητας που προέκυψαν κατά τη συλλογή τους, καθώς και στους τρόπους με τους οποίους αντιμετωπίστηκαν. Στο στάδιο της επεξεργασίας, παρουσιάζεται ο τρόπος κωδικοποίησης των στοιχείων και εισαγωγής τους στον υπολογιστή, καθώς και η αρχική επεξεργασία που υπέστησαν στο πρόγραμμα EXCEL.

4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για την επίτευξη του σκοπού της Διπλωματικής Εργασίας απαιτήθηκε η **συλλογή στοιχείων** που αφορούσαν στον **πληθυσμό**, στον **ετήσιο αριθμό νεκρών στα οδικά ατυχήματα** και στο **Α.Ε.Π. (GDP)** των 27 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς και 3 ευρωπαϊκών κρατών, της Ελβετίας, της Ισλανδίας και της Νορβηγίας για τη χρονική περίοδο 1975-2011. Η συλλογή των παραπάνω στοιχείων από μία μόνο βάση δεδομένων δεν ήταν δυνατή και κατά συνέπεια αναζητήθηκαν περισσότερες βάσεις δεδομένων, οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

4.2.1 ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

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

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

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

Μία άλλη βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε ήταν εκείνη της Οικονομικής Επιτροπής του ΟΗΕ για την Ευρώπη **UN-ECE** (UN-ECE-United Nations Economic

Commission for Europe). Η UN-ECE είναι μία από τις πέντε περιφερειακές επιτροπές των Ηνωμένων Εθνών και περιλαμβάνει 56 χώρες, οι οποίες είναι οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης που βρίσκονται στη δυτική και ανατολική Ευρώπη, της νοτιοανατολικής Ευρώπης, καθώς και η Κοινοπολιτεία Ανεξάρτητων Κρατών και η Βόρεια Αμερική. Η βάση δεδομένων περιλαμβάνει μεταξύ άλλων στοιχεία για τα οδικά ατυχήματα, την οδική κυκλοφορία, το πλήθος των κυκλοφορούντων οχημάτων, καθώς και για την εσωτερική πλωτή και σιδηροδρομική κυκλοφορία για τη χρονική περίοδο 1993-2009.

Επιπλέον, στη βάση δεδομένων του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (**Ο.Ο.Σ.Α.**) αναζητήθηκαν στοιχεία για τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Ο Ο.Ο.Σ.Α. είναι ένας διεθνής οργανισμός και περιλαμβάνει 56 χώρες. 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, τόσο για τους θανάτους που προκαλούνται από αυτά όσο και για τραυματισμούς για τη χρονική περίοδο 1970-2010.

Τέλος, όσον αφορά στους νεκρούς στα οδικά ατυχήματα συμπληρώθηκαν στοιχεία για τα έτη 2010 και 2011 στις περισσότερες χώρες, καθώς και για την περίοδο 2001-2010 για τις χώρες Μάλτα και Λιθουανία από το Παρατηρητήριο για την Οδική Ασφάλεια του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (**NTUA Road Safety Observatory**). Το Παρατηρητήριο Οδικής Ασφάλειας του ΕΜΠ έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο δύο συγχρηματοδοτούμενων έργων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και συγκεκριμένα το SAFETYNET - Ανάπτυξη του Ευρωπαϊκού Παρατηρητηρίου Οδικής Ασφάλειας (2004-2009) και το DACOTA - Συλλογή, Μεταφορά και Ανάλυση Δεδομένων Οδικής Ασφάλειας (2010 - 2012).

Σχετικά με την αναζήτηση στοιχείων για τον ετήσιο πληθυσμό της κάθε χώρας, οι ελλείψεις που υπήρχαν στην αρχική βάση δεδομένων καλύφθηκαν από την **EUROSTAT**, τη στατιστική υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Τα στατιστικά στοιχεία αφορούν σε πολλούς τομείς δραστηριοτήτων, επιστημονικούς, οικονομικούς, μεταφορών, αναπτυξιακούς και κοινωνικούς. Από την υπηρεσία αυτή παρέχονται βάσεις δεδομένων με τα ετήσια στοιχεία της κάθε χώρας της Ε.Ε. αλλά και συγκρίσεις μεταξύ των χωρών και παρουσιάσεις της διαχρονικής εξέλιξης κάθε χώρας.

Τέλος, η αναζήτηση του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. για την περίοδο 1975-2011 έγινε επίσης στις βάσεις δεδομένων της EUROSTAT, UN-ECE και OECD. Για τις περισσότερες χώρες όμως δεν ήταν διαθέσιμα τα στοιχεία για όλες τις χρονιές πριν τη δεκαετία του 1990. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε μία βάση δεδομένων από την Υπηρεσία Οικονομικής Έρευνας του υπουργείου γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (**ERS-USDA**). Η βάση αυτή περιέχει το ετήσιο κατά κεφαλήν Α.Ε.Π., καθώς και τον ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης του για όλες τις χώρες του κόσμου για τη χρονική περίοδο 1969-2011. Το ετήσιο κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. της κάθε χώρας έχει υπολογιστεί σε δολάρια, χρησιμοποιώντας ως έτος αναφοράς το 2005.

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

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

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

4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

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

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

ΧΩΡΑ	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΑΡΙΘΜΟΥ	ΧΩΡΑ	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΑΡΙΘΜΟΥ
ΒΕΛΓΙΟ	1	ΟΥΓΓΑΡΙΑ	16
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	2	ΜΑΛΤΑ	17
ΤΣΕΧΙΑ	3	ΟΛΛΑΝΔΙΑ	18
ΔΑΝΙΑ	4	ΑΥΣΤΡΙΑ	19
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	5	ΠΟΛΩΝΙΑ	20
ΕΣΘΟΝΙΑ	6	ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	21
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	7	ΡΟΥΜΑΝΙΑ	22
ΕΛΛΑΔΑ	8	ΣΛΟΒΕΝΙΑ	23
ΙΣΠΑΝΙΑ	9	ΣΛΟΒΑΚΙΑ	24
ΓΑΛΛΙΑ	10	ΦΙΛΑΝΔΙΑ	25
ΙΤΑΛΙΑ	11	ΣΟΥΗΔΙΑ	26
ΚΥΠΡΟΣ	12	ΗΝ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	27
ΛΕΤΟΝΙΑ	13	ΕΛΒΕΤΙΑ	28
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	14	ΙΣΛΑΝΔΙΑ	29
ΛΟΥΞΕΜΒΟΥΡΓΟ	15	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	30

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

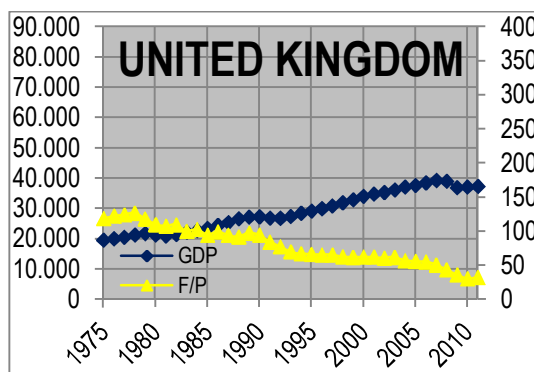
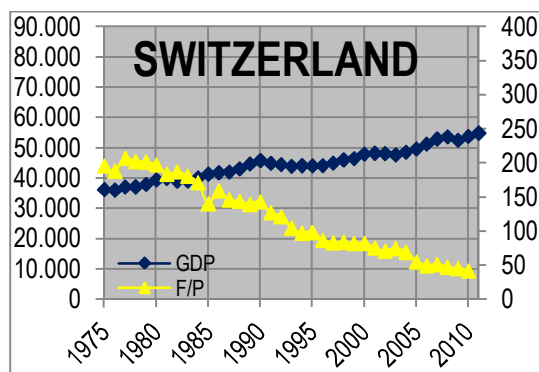
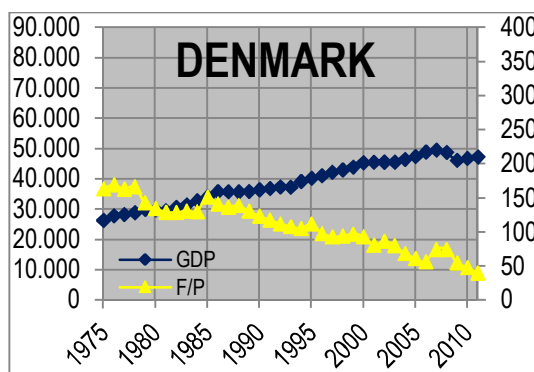
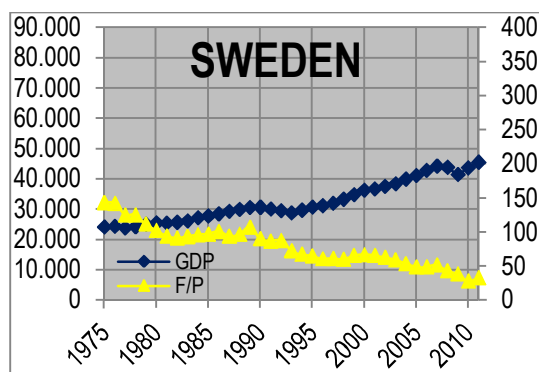
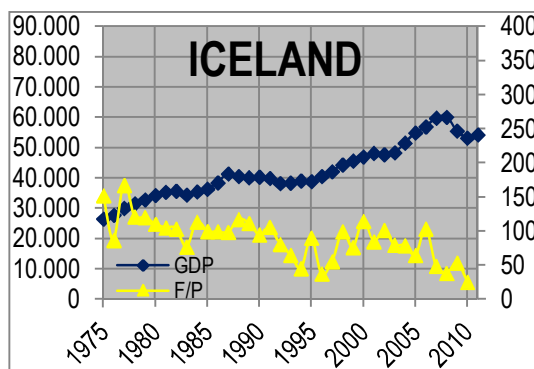
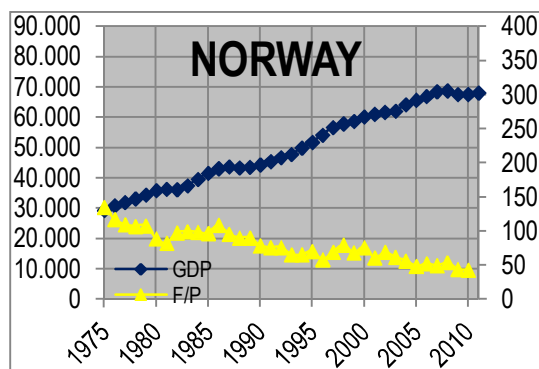
Στη συνέχεια, από τις στήλες του αριθμού των θανάτων που προκλήθηκαν από οδικά ατυχήματα (F-Fatalities) και του ετήσιου πληθυσμού (P-Population) προέκυψαν οι στήλες F/P, LNF και LN(F/P), οι οποίες εκφράζουν αντίστοιχα τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού, καθώς και τους φυσικούς λογάριθμους των παραπάνω μεταβλητών. Επίσης, από τη στήλη του Α.Ε.Π. υπολογίστηκε η ετήσια μεταβολή του Α.Ε.Π., η οποία ορίζεται ως εξής:

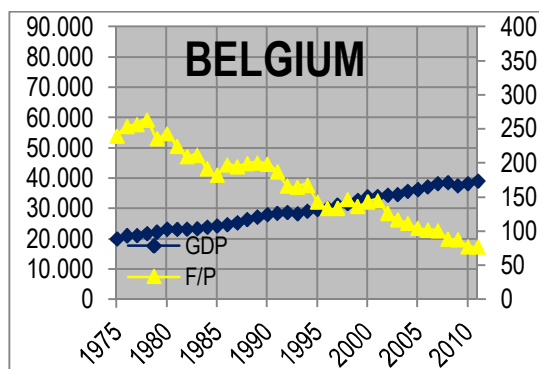
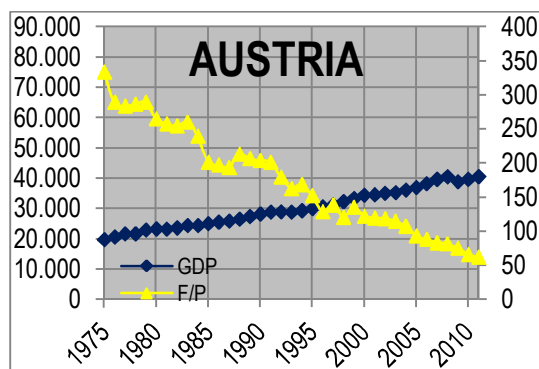
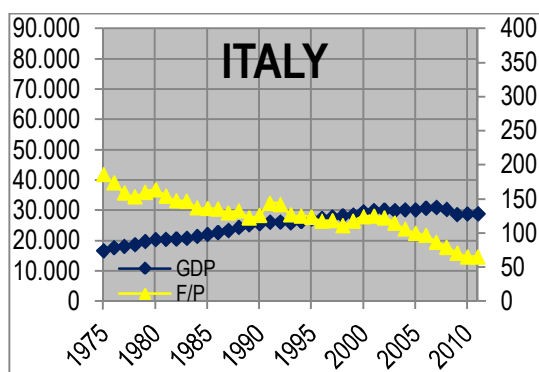
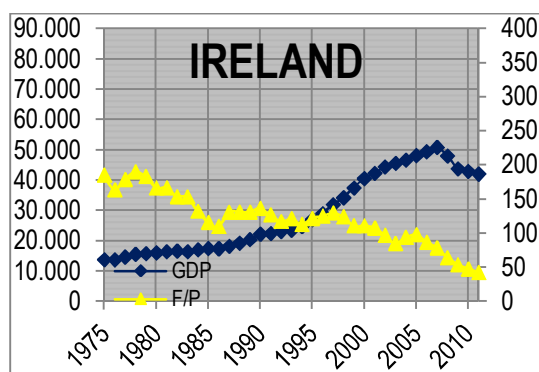
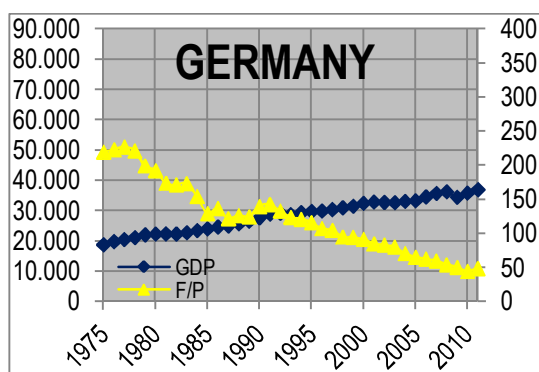
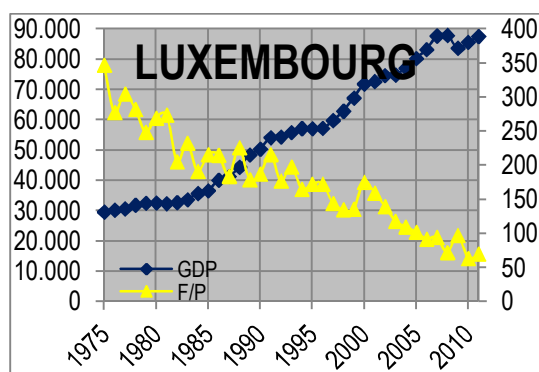
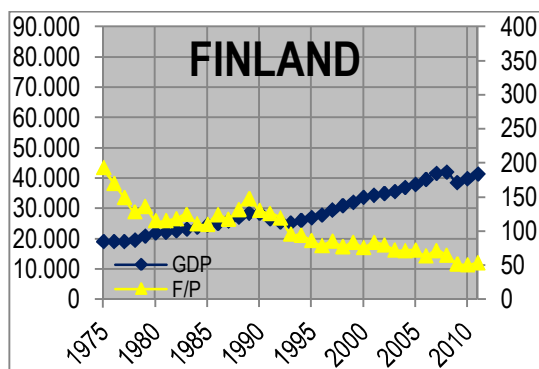
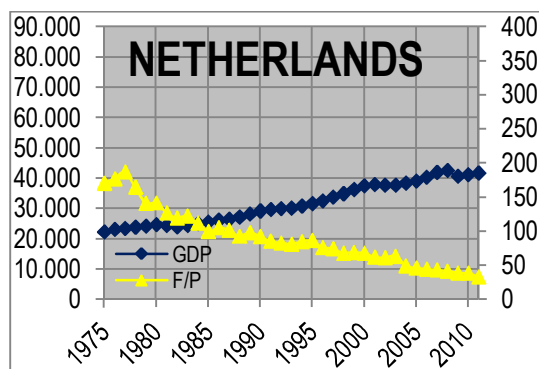
$$GDPc = \frac{GDP_t - GDP_{t-1}}{GDP_{t-1}}$$

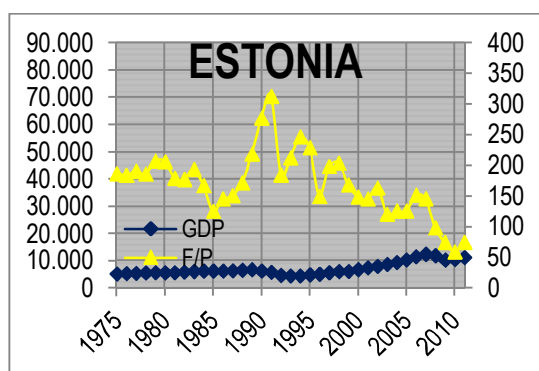
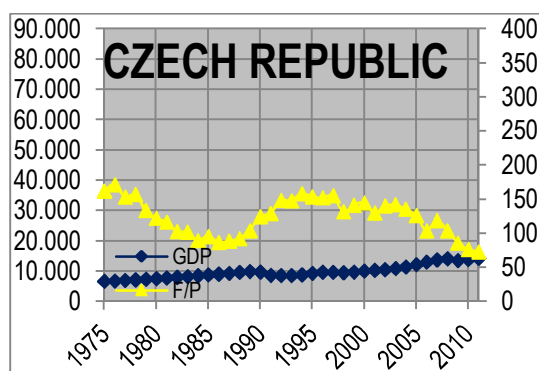
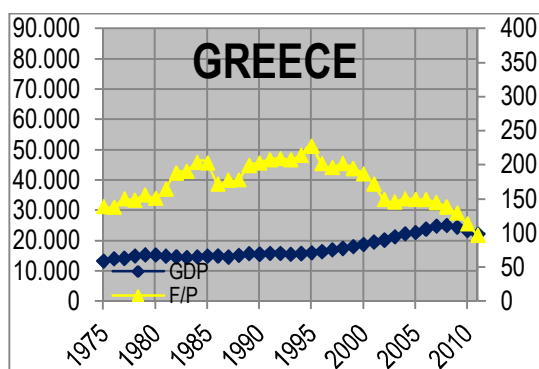
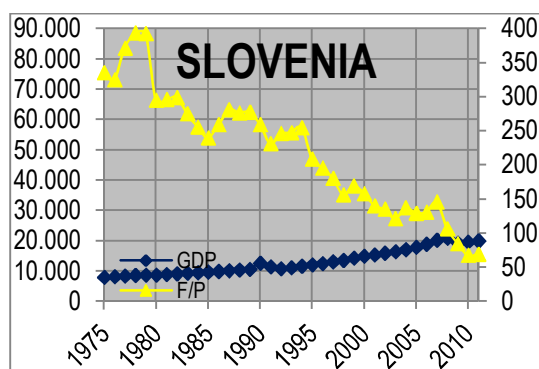
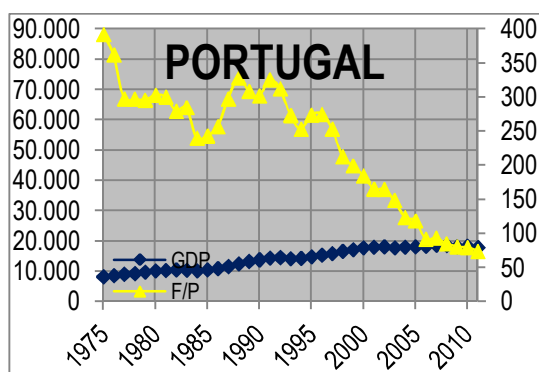
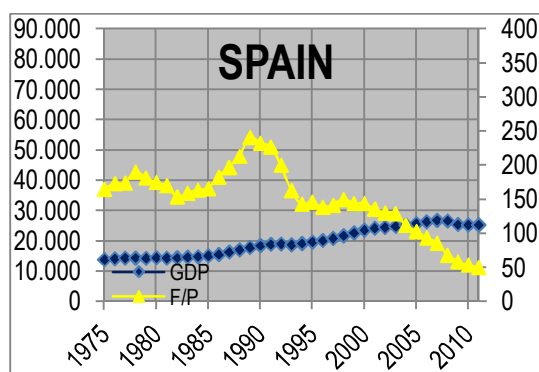
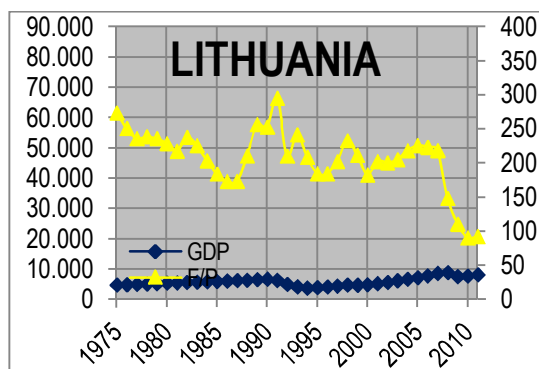
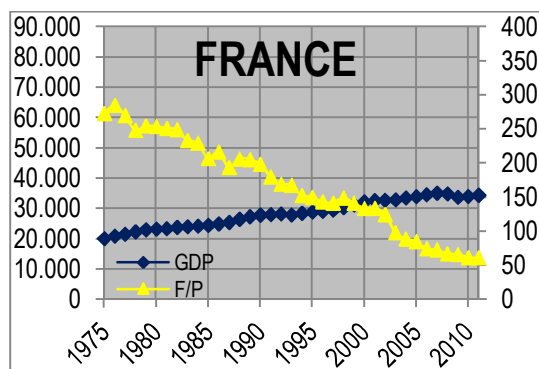
Προκειμένου να επιλεγεί το κατάλληλο μαθηματικό μοντέλο, αλλά και να γίνει η κατάλληλη ομαδοποίηση των κρατών έγινε μια αρχική επεξεργασία στο EXCEL με σκοπό την εξέταση ύπαρξης σχέσης μεταξύ του Α.Ε.Π. και του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, καθώς επίσης και τη σύγκριση των κρατών τόσο ως προς την οικονομική ευημερία όσο και ως προς την εξέλιξη των ατυχημάτων. Τα αποτελέσματα αυτής της επεξεργασίας παρουσιάζονται παρακάτω.

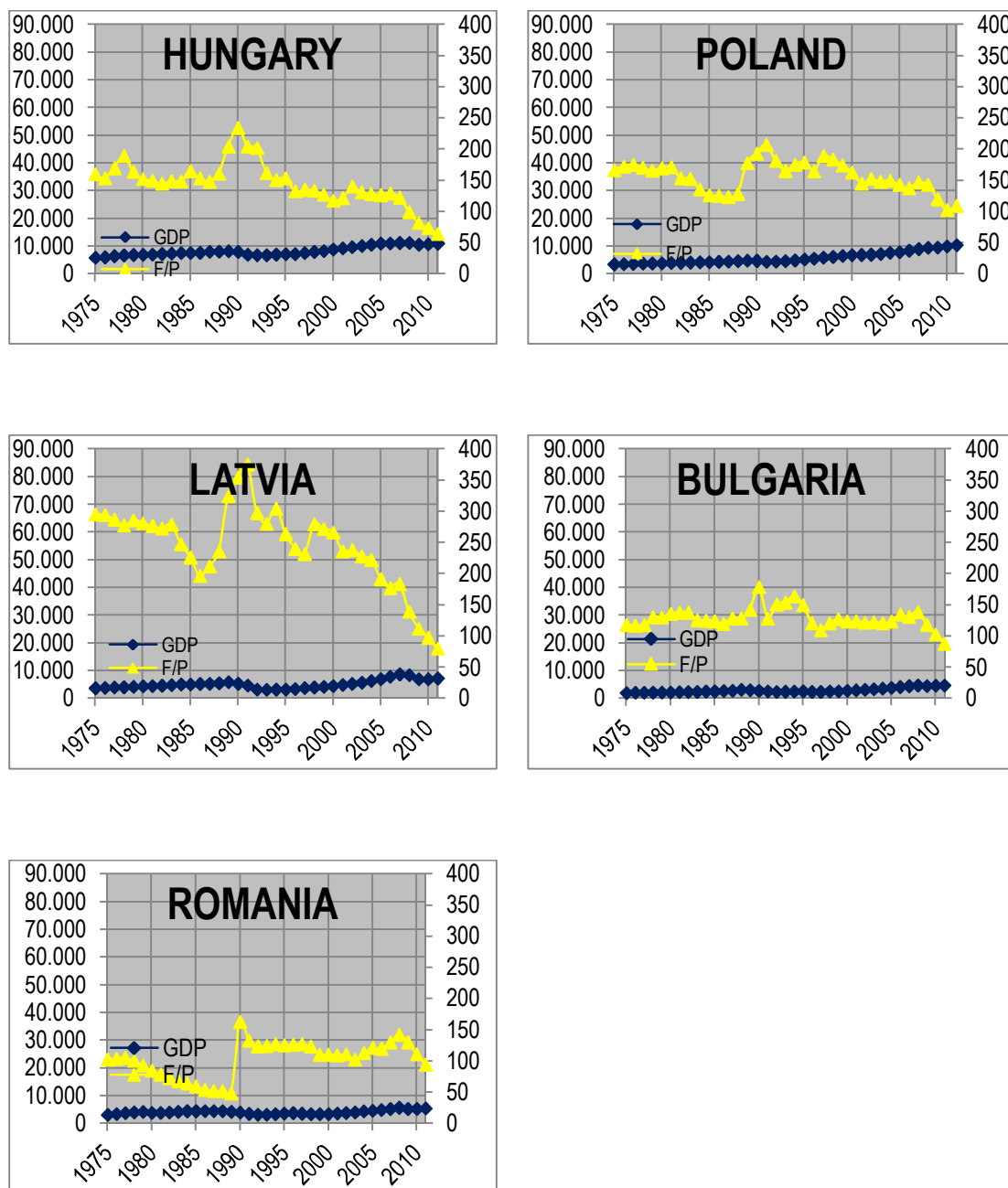
Αρχικά, για κάθε κράτος σχεδιάστηκαν σε κοινό διάγραμμα οι γραφικές παραστάσεις του λόγου F/P σε συνάρτηση με τον χρόνο, καθώς και του Α.Ε.Π. σε συνάρτηση με τον χρόνο. Παρατηρείται ότι σε όλα τα κράτη οι τάσεις των σειρών αυτών είναι παρόμοιες, δηλαδή το Α.Ε.Π. αυξάνεται κατά τη διάρκεια αυτών των 35 χρόνων, με τα ανατολικά κράτη να παρουσιάζουν μικρότερη αύξηση, ενώ αντίθετα ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού φθίνει. Ένα ακόμη κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ότι οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις σε όλα τα διαγράμματα τέμνονται ή τείνουν να τμηθούν. Μεγάλο ενδιαφέρον προκαλεί το γεγονός ότι στα αναπτυγμένα κράτη οι γραφικές παραστάσεις τέμνονται πολύ

νωρίτερα απ' ότι στα λιγότερο αναπτυγμένα κράτη της Ευρώπης. Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα για τη χρονική περίοδο 1975-2011, με κοινές τις μονάδες στους άξονες των X και Y.





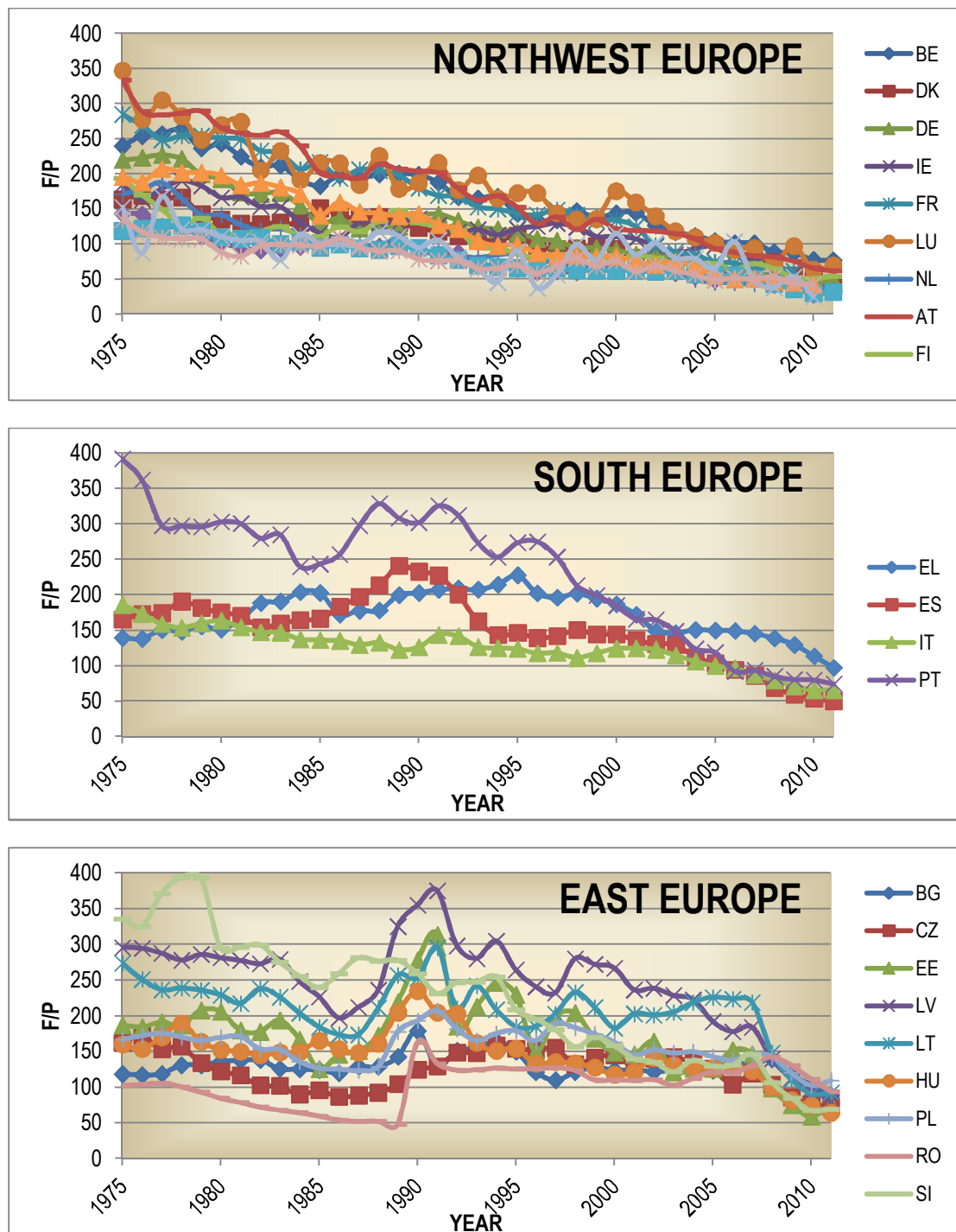




ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1 Διαχρονική εξέλιξη του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. και του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού σε 27 ευρωπαϊκά κράτη

Παρατηρείται, επιπλέον, ότι οι γραφικές παραστάσεις του αριθμού των νεκρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού παρουσιάζουν ομοιότητες ανά ομάδες κρατών. Συγκεκριμένα, στα βορειοδυτικά ευρωπαϊκά κράτη η γραφική παράσταση είναι φθίνουσα. Στα νότια κράτη ο αριθμός των νεκρών έχει γενικά φθίνουσα τάση, αλλά εμφανίζει μια αύξηση τη δεκαετία του '90 με εξαίρεση την Ιταλία και με την Ελλάδα να εμφανίζει μικρότερης τάξης αυξήσεις. Στα ανατολικά ευρωπαϊκά κράτη ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα παρουσιάζει περισσότερες αυξομειώσεις με τη μεγαλύτερη αύξηση να παρουσιάζεται τα έτη 1990-1991. Εξαίρεση αποτελεί η Σλοβενία, της οποίας η μεγαλύτερη αύξηση συμβαίνει στην αρχή της περιόδου μελέτης.

Τα παραπάνω συμπεράσματα απεικονίζονται καλύτερα παρακάτω, όπου έχουν σχεδιαστεί οι γραφικές παραστάσεις του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού σε συνάρτηση με τον χρόνο σε κοινά διαγράμματα ανάλογα με τη γεωγραφική κατάταξη των κρατών.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2 Διαχρονική εξέλιξη του αριθμού των νεκρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού των ευρωπαϊκών κρατών σε κοινές γραφικές παραστάσεις ανάλογα με τη γεωγραφική κατάταξή τους

Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η **μέση τιμή του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π.** (avgGDP) του κάθε κράτους από τις τιμές της περιόδου 1975-2011, προκειμένου να επιβεβαιωθεί η ομαδοποίηση των κρατών ανάλογα με τη γεωγραφική θέση. Παρακάτω παρατίθεται η κατάταξη των κρατών ξεκινώντας από το κράτος με το υψηλότερο μέσο κατά κεφαλήν Α.Ε.Π..

COUNTRIES	avgGDP(\$)	COUNTRIES	avgGDP(\$)
NORBHΓIA (NO)	51.051	ΙΤΑΛΙΑ (IT)	25.082
ΛΟΥΞΕΜΒΟΥΡΓΟ (LU)	50.650	ΙΣΠΑΝΙΑ (ES)	19.631
ΕΛΒΕΤΙΑ (CH)	44.136	ΕΛΛΑΔΑ (EL)	15.727
ΙΣΛΑΝΔΙΑ (IS)	40.102	ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ (PT)	13.033
ΔΑΝΙΑ (DK)	40.063	ΣΛΟΒΕΝΙΑ (SI)	12.316
ΣΟΥΗΔΙΑ (SE)	31.332	ΤΣΕΧΙΑ (CZ)	9.937
ΟΛΛΑΝΔΙΑ (NL)	30.555	ΟΥΓΓΑΡΙΑ (HU)	7.713
ΑΥΣΤΡΙΑ(AT)	30.109	ΕΣΘΟΝΙΑ (EE)	6.961
ΓΕΡΜΑΝΙΑ(DE)	28.840	ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ (LT)	5.771
ΦΙΛΑΝΔΙΑ (FI)	28.667	ΠΟΛΩΝΙΑ (PL)	5.690
ΒΕΛΓΙΟ(BE)	28.660	ΛΕΤΟΝΙΑ (LV)	5.084
ΗΝ.ΒΑΣΙΛΕΙΟ (UK)	28.560	ΡΟΥΜΑΝΙΑ (RO)	4.152
ΓΑΛΛΙΑ (FR)	28.383	ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ (BG)	2.823
ΙΡΛΑΝΔΙΑ (IE)	28.294		

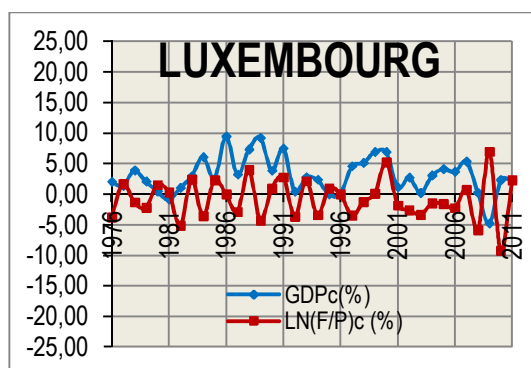
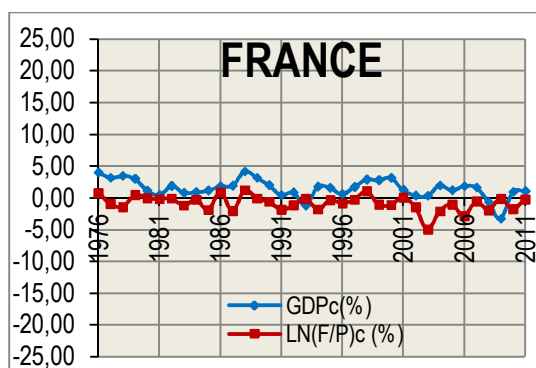
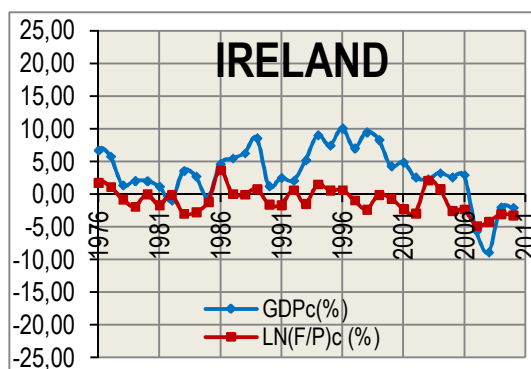
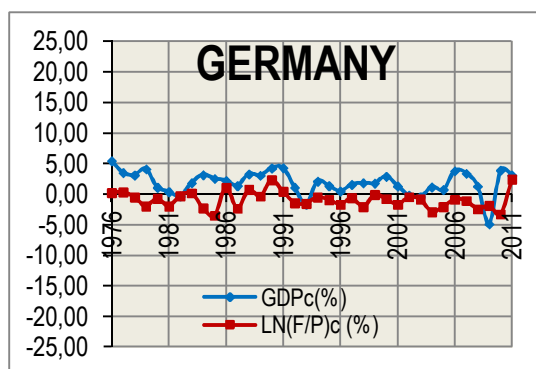
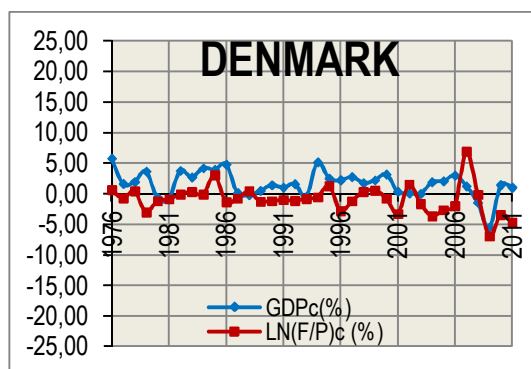
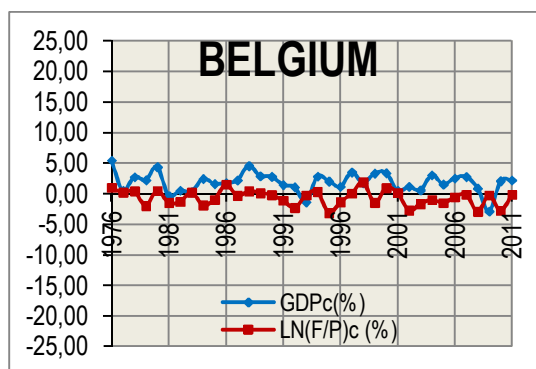
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 Μέσο κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. (σε δολάρια) κάθε κράτους για τη χρονική περίοδο 1975-2011

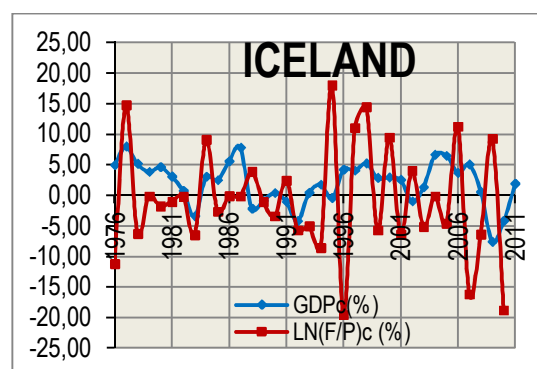
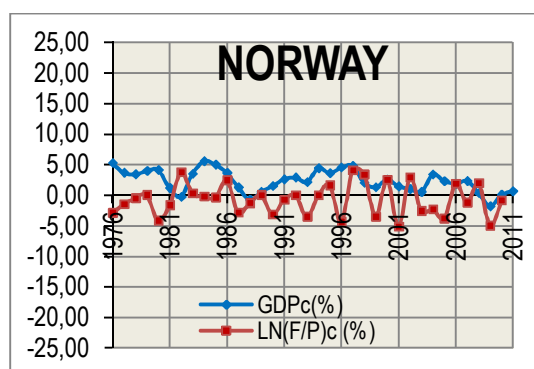
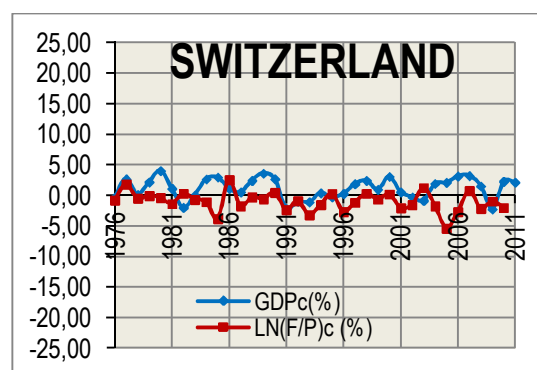
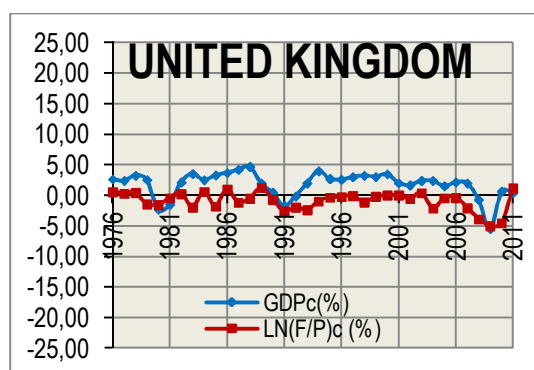
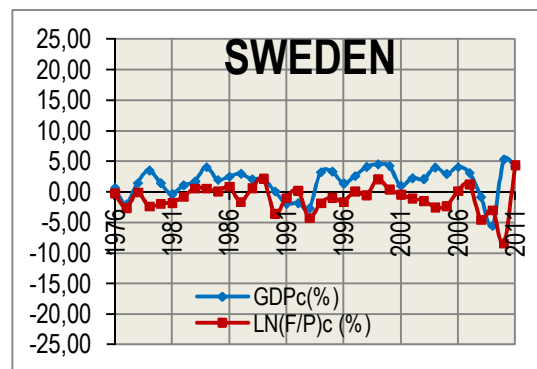
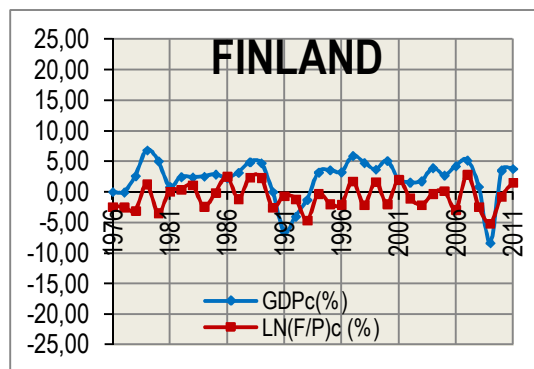
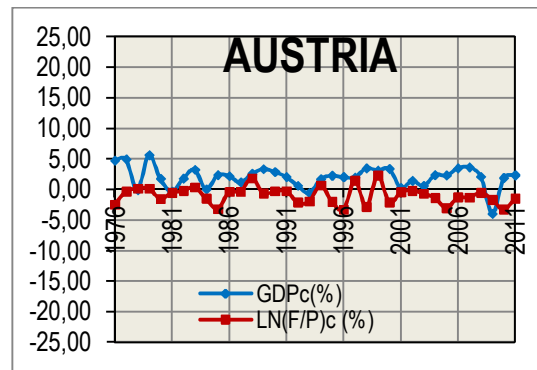
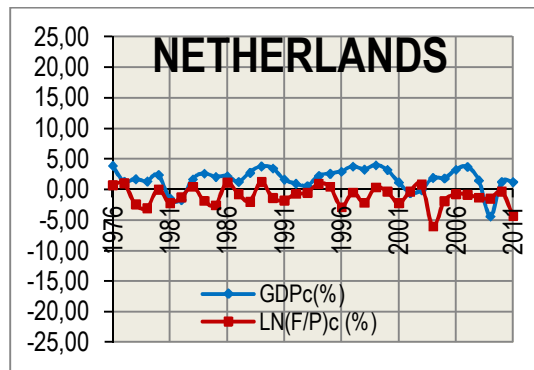
Πράγματι, η κατάταξη των χωρών ανάλογα με το μέσο κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. συμφωνεί σε γενικές γραμμές με εκείνη που προέκυψε ανάλογα με τη γεωγραφική θέση. Από τον πίνακα προκύπτει ότι οι βόρειες ευρωπαϊκές χώρες είναι οι πιο ευημερούσες και ακολουθούν οι δυτικές χώρες, με εξαίρεση την Ισλανδία που παρουσιάζει αρκετά υψηλότερο μέσο κατά κεφαλήν Α.Ε.Π.. Στη συνέχεια κατατάσσονται οι νότιες χώρες, με την Ιταλία να έχει υψηλότερο μέσο κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. από τις υπόλοιπες. Τέλος, οι ανατολικές χώρες παρουσιάζουν το χαμηλότερο μέσο κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. με τη Σλοβενία να βρίσκεται πιο κοντά στις νότιες χώρες.

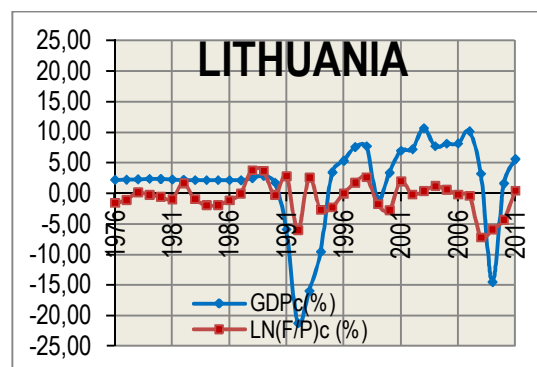
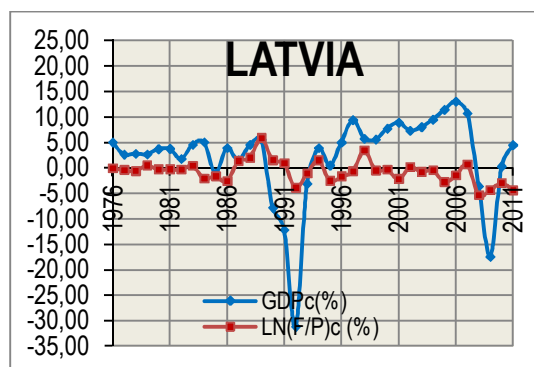
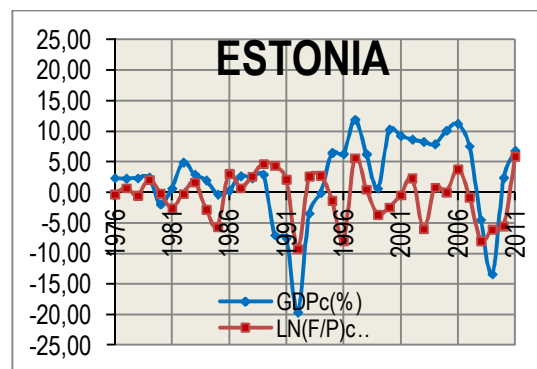
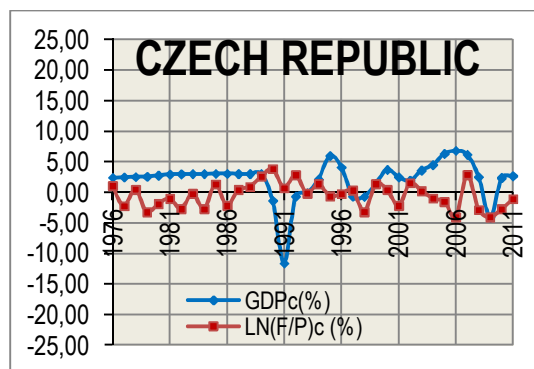
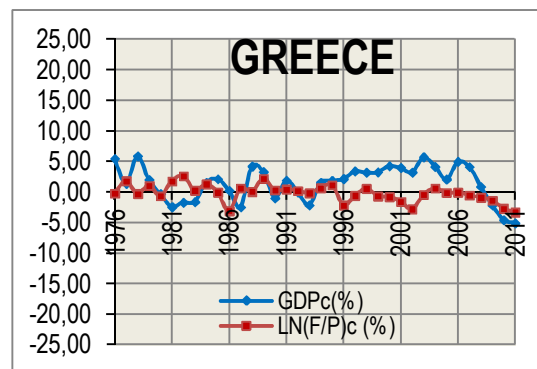
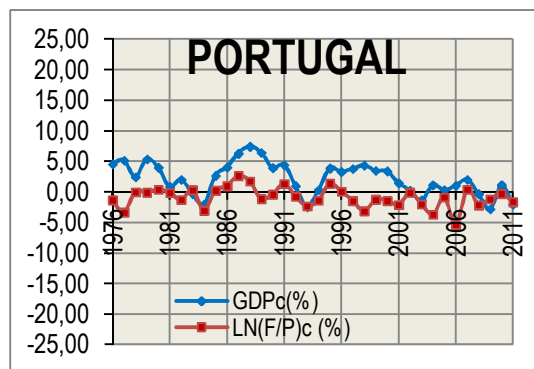
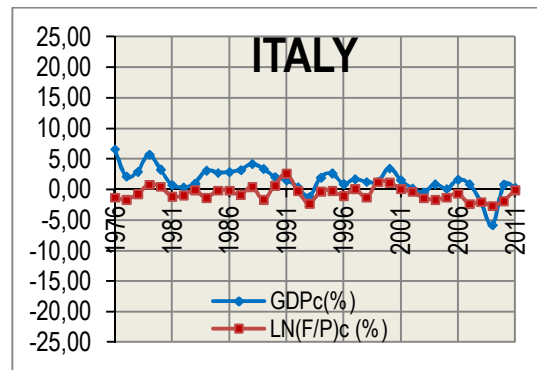
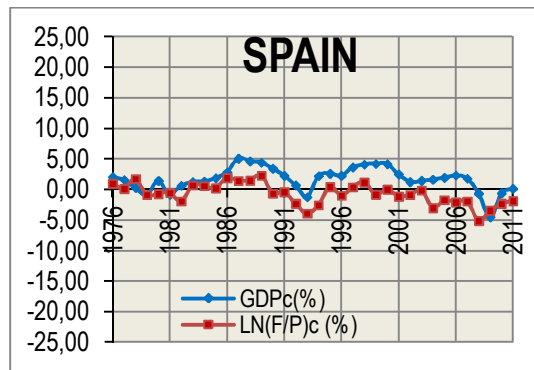
Όπως έχει ήδη αναφερθεί η παρούσα Διπλωματική Εργασία διερευνά την επιρροή της ετήσιας μεταβολής του Α.Ε.Π. στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Κρίθηκε επομένως σκόπιμο, όπως αναλύεται και στο επόμενο κεφάλαιο, να συσχετιστεί η μεταβολή αυτή του Α.Ε.Π. με την ετήσια μεταβολή του φυσικού λογαρίθμου του αριθμού των νεκρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού. Η μεταβολή αυτή υπολογίστηκε από τη σχέση:

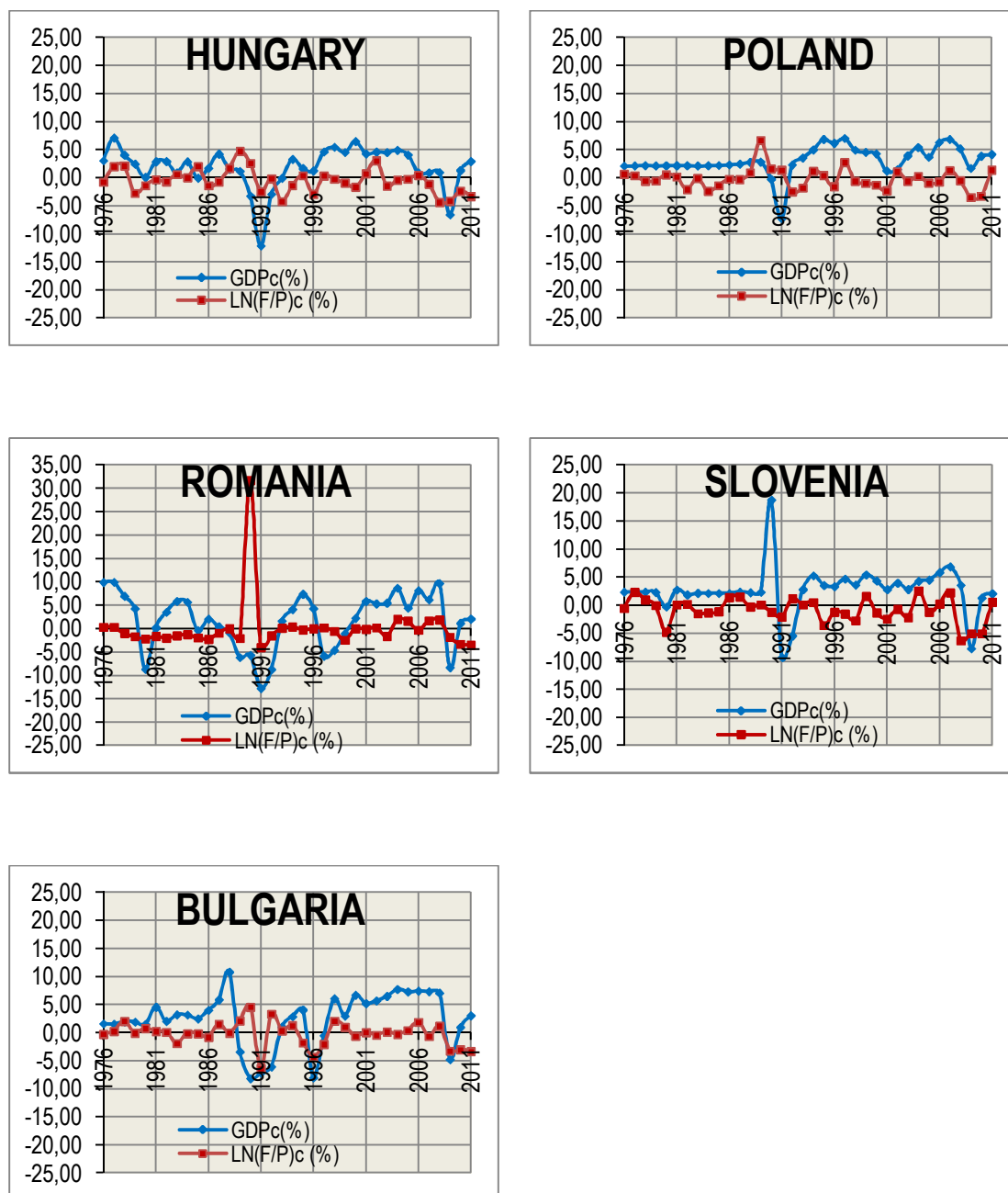
$$LN(F/P)_c = \frac{LN(F/P)_t - LN(F/P)_{t-1}}{LN(F/P)_{t-1}} (\%)$$

Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν σε κοινό διάγραμμα για την κάθε χώρα οι γραφικές παραστάσεις της ετήσιας μεταβολής του Α.Ε.Π. και της ετήσιας μεταβολής του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού συναρτήσει του χρόνου, όπως φαίνεται παρακάτω.









ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3 Διαχρονική εξέλιξη της ετήσιας μεταβολής του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. και της ετήσιας μεταβολής του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού σε 27 ευρωπαϊκά κράτη

Παρατηρείται ότι σε όλα τα διαγράμματα η γραφική παράσταση της ετήσιας μεταβολής του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα «ακολουθεί» αυτή της ετήσιας μεταβολής του Α.Ε.Π., δηλαδή όποτε παρατηρείται αύξηση της μεταβολής του Α.Ε.Π. παρατηρείται αντίστοιχα και αύξηση της μεταβολής των νεκρών στα οδικά ατυχήματα και το αντίστοιχο συμβαίνει με τη μείωση της μεταβολής τους. Μάλιστα, σε ορισμένες περιπτώσεις φαίνεται να επηρεάζεται η ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών από την ετήσια μεταβολή του Α.Ε.Π. της προηγούμενης χρονιάς.

Κρίθηκε επομένως σκόπιμο στην παρούσα Διπλωματική Εργασία να διερευνηθεί η συσχέτιση της ετήσιας μεταβολής του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. με την ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, και όχι της χρονική εξέλιξης των μεγεθών αυτών, ώστε να είναι εφικτός ο όσο το δυνατόν ακριβέστερος προσδιορισμός της επιρροής των οικονομικών μεταβολών που υφίσταται ένα κράτος-μέλος της Ε.Ε., όπως της οικονομικής κρίσης του 2008, στην οδική ασφάλεια. Επιπλέον, τα παραπάνω διαγράμματα δημιούργησαν την ανάγκη να διερευνηθεί και η συσχέτιση της μεταβολής του αριθμού των νεκρών που προκλήθηκαν από οδικά ατυχήματα με τη μεταβολή του Α.Ε.Π. της προηγούμενης χρονιάς.

4.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται η διαμόρφωση μιας πληρέστερης εικόνας για την κατανομή των τιμών των μεταβλητών μέσω της περιγραφικής στατιστικής. Οι συναρτήσεις που επιλέχθηκαν είναι εκείνες της μέσης τιμής, της τυπικής απόκλισης, του μεγίστου και του ελαχίστου. Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ GDP _{increase}				
Ομάδα κρατών	Σύνολο κρατών	Βορειοδυτικά κράτη	Νότια κράτη	Ανατολικά κράτη
N	792	360	144	168
Ελάχιστο	0	0	0	0
Μέγιστο	13	10,1	7,43	13
Μέσος Όρος	2,68	2,28	2,11	4,07
Τυπική απόκλιση	2,35	1,78	1,82	3,34

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3 Περιγραφικές συναρτήσεις της μεταβλητής της αύξησης του Α.Ε.Π.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ GDP _{decrease}				
Ομάδα κρατών	Σύνολο κρατών	Βορειοδυτικά κράτη	Νότια κράτη	Ανατολικά κράτη
N	792	360	144	168
Ελάχιστο	0	0	0	0
Μέγιστο	31,2	8,84	5,8	31,2
Μέσος Όρος	0,65	0,29	0,37	1,77
Τυπική απόκλιση	2,44	1,09	1,00	4,61

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4 Περιγραφικές συναρτήσεις της μεταβλητής της μείωσης του Α.Ε.Π.

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτει ότι οι τιμές της μεταβλητής GDP_{decrease} εμφανίζουν μικρότερο μέσο όρο από τις τιμές της μεταβλητής GDP_{increase} σε όλες τις

ομάδες των ευρωπαϊκών κρατών, ενώ η ομάδα των ανατολικών κρατών εμφανίζει μεγαλύτερη ακραία τιμή.

Επιπλέον, η τυπική απόκλιση των τιμών και για τις δύο μεταβλητές είναι μεγαλύτερη στην ομάδα των ανατολικών κρατών, δηλαδή οι ετήσιες μεταβολές του Α.Ε.Π. στα ανατολικά κράτη απέχουν σημαντικά από το μέσο όρο σε σχέση με τις άλλες δύο ομάδες κρατών, αλλά και με το σύνολό τους. Η ομάδα των βορειοδυτικών κρατών εμφανίζει μεγαλύτερη απόκλιση στις τιμές της μεταβλητής $GDP_{decrease}$ σε σχέση με την ομάδα των νότιων, ενώ το αντίστροφο συμβαίνει με τις τιμές της μεταβλητής $GDP_{increase}$.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας. Μετά τη συλλογή και την επεξεργασία των στοιχείων στο πρόγραμμα EXCEL, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ακολούθησε η **στατιστική ανάλυση** των δεδομένων. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το Γραμμικό Μικτό Μοντέλο.

Περιγράφονται, επομένως, αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης των κατάλληλων μοντέλων. Η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε σε τέσσερις φάσεις, από τις οποίες προέκυψαν τα αντίστοιχα μοντέλα. Αναπόσπαστο μέρος των αποτελεσμάτων αποτελούν οι **στατιστικοί έλεγχοι** που απαιτούνται για την αποδοχή ή μη των μοντέλων.

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

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

Αξίζει να σημειωθεί ότι πριν την επιλογή του τελικού μοντέλου κατά τη στατιστική ανάλυση, αναπτύχθηκαν μοντέλα λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης, τα οποία έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της μεθοδολογίας.

5.2 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

Μετά τη συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων στο EXCEL, με τη διαδικασία που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των στοιχείων. Σε πρώτο επίπεδο διερευνήθηκε η συσχέτιση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού με το Α.Ε.Π., τον χρόνο και την ετήσια ποσοστιαία μεταβολή του Α.Ε.Π. με τη μέθοδο της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης.

5.2.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα απαιτούμενα στοιχεία δεν ήταν πλήρη για ορισμένα κράτη και έτη και κατά συνέπεια δε συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση. Συγκεκριμένα, τα κράτη αυτά είναι η Κύπρος, η Μάλτα, η Σλοβακία, η Ισλανδία, η Νορβηγία και η Ελβετία.

Για την πραγματοποίηση της παλινδρόμησης, δημιουργήθηκε μία βάση δεδομένων που περιελάμβανε για κάθε κράτος (country) και για το αντίστοιχο έτος (year) τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα (fatalities), τον πληθυσμό (population), το Α.Ε.Π. (GDP), την ετήσια μεταβολή του Α.Ε.Π. (GDPc) όπως ορίστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού (F/P), καθώς και το φυσικό λογάριθμο του λόγου αυτού ($\ln(F/P)$).

Country	Year	GDP	GDPc	Population	Fatalities	F/P	LN(F/P)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 Αρχική μορφή βάσης δεδομένων

Εκτός από τη βάση δεδομένων που περιελάμβανε όλα τα κράτη, δημιουργήθηκαν κι άλλες τρεις επιπλέον βάσεις δεδομένων προκειμένου να εισαχθούν στο στατιστικό λογισμικό και να προκύψουν τα διαφορετικά στατιστικά μοντέλα για κάθε ομάδα κρατών. Όπως αναλύθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, δημιουργήθηκαν τρεις ομάδες, οι οποίες περιλαμβάνουν τα ακόλουθα κράτη:

ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΑ ΚΡΑΤΗ: Βέλγιο, Δανία, Γερμανία, Ιρλανδία, Γαλλία, Λουξεμβούργο, Ολλανδία, Αυστρία, Φινλανδία, Σουηδία, Ηνωμένο Βασίλειο

ΝΟΤΙΑ ΚΡΑΤΗ: Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία, Πορτογαλία

ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΚΡΑΤΗ: Βουλγαρία, Τσεχία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ουγγαρία, Πολωνία, Ρουμανία, Σλοβενία.

5.2.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

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

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

Στο αρχείο ελέγχου καθορίζονται, με τη χρήση της επιλογής της γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression), τα **πιθανά μοντέλα** συσχέτισης των μεταβλητών. Ως εξαρτημένη μεταβλητή επιλέγεται κάποια από τις F/P ή LN(F/P), ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές ένας συνδυασμός από τις μεταβλητές Year, GDP, GDPc. Τα πιθανά μοντέλα προκύπτουν από τους παραπάνω συνδυασμούς μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών.

Επόμενο βήμα είναι ο **στατιστικός έλεγχος** των μοντέλων με σκοπό την επιλογή εκείνου που προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα. Το πρόγραμμα αυτό κάνει εύκολο τον στατιστικό έλεγχο μεταξύ των μοντέλων, παρέχοντας ορισμένες πληροφορίες κατά την εξαγωγή των συμπερασμάτων (αρχείο αποτελεσμάτων). Οι πληροφορίες αυτές δίνονται με τη μορφή δύο δεικτών, του συντελεστή συσχέτισης R^2 και του δείκτη t (student). Ο πρώτος συντελεστής δέχεται τιμές μεταξύ του 0 και του 1, ενώ όσο πλησιέστερη στο 1 είναι η τιμή του, τόσο καταλληλότερο θεωρείται το μοντέλο. Ο δεύτερος συντελεστής όπως αναφέρεται στο υποκεφάλαιο 3.9, θα πρέπει να έχει τιμή σημαντικότητας $\text{sig.} \leq 0,05$ ή αλλιώς η τιμή του θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1,645. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του δείκτη αυτού, τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της ανεξάρτητης αυτής μεταβλητής στην τιμή της εξαρτημένης.

Μετά τον έλεγχο των μοντέλων βάσει των ανωτέρω 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.

5.2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Αφού πραγματοποιήθηκαν αρκετές δοκιμές με διαφορετικό κάθε φορά συνδυασμό μεταβλητών, τόσο για το σύνολο των κρατών όσο και για την κάθε ομάδα κρατών, προέκυψαν τρία διαφορετικά μοντέλα, στατιστικά αποδεκτά. Ως εξαρτημένη μεταβλητή επιλέχθηκε ο φυσικός λογάριθμος του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού και ως ανεξάρτητες το έτος και η ετήσια μεταβολή του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π..

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τα βορειοδυτικά και νότια κράτη είναι της περιόδου 1975-2011. Αντίθετα, το αντίστοιχο μοντέλο για τα ανατολικά κράτη δεν ήταν στατιστικά αποδεκτό. Για τον λόγο αυτό πραγματοποιήθηκαν δοκιμές χρησιμοποιώντας στοιχεία της περιόδου 1991-2011. Το μοντέλο που προέκυψε ήταν στατιστικά αποδεκτό, γεγονός που λήφθηκε υπόψη και στη στατιστική ανάλυση με το τελικό μοντέλο. Πιθανώς η διαφοροποίηση αυτή να οφείλεται στον διαφορετικό τρόπο υπολογισμού των στοιχείων (για παράδειγμα διαφορετικός τρόπος ορισμού νεκρών στα οδικά ατυχήματα), στην έλλειψη αρκετών στοιχείων για τη χρονική περίοδο πριν το 1991, με αποτέλεσμα τη μετ' έπειτα εκτίμησή τους, ή ενδεχομένως και στις ειδικές οικονομικές συνθήκες που επικρατούσαν στα κράτη αυτά πριν το 1991.

	Northwest countries		Southern countries		Eastern countries	
Parameter	B	t	B	t	B	t
Intercept	74,186	24,150	44,500	9,247	74,429	11,992
Year	-0,035	-22,627	-0,020	-8,215	-0,035	-11,188
GDPc	0,018	2,771	0,046	4,140	0,009	3,143
R ²	0,578		0,421		0,366	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 Αποτελέσματα λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης στα μοντέλα των ομάδων των κρατών με εξαρτημένη μεταβλητή το φυσικό λογάριθμο του αριθμού των νεκρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού ($LN(F/P)$)

Από τα τρία μοντέλα, επομένως, προέκυψε ότι ο **αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού μειώνεται με την πάροδο του χρόνου**, καθώς ο αντίστοιχος συντελεστής είχε αρνητικό πρόσημο. Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται και από τα διαγράμματα 4.1, στα οποία είναι εμφανής η πτωτική τάση του αριθμού των νεκρών στις προαναφερθείσες χρονικές περιόδους.

Το δεύτερο συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι η **αύξηση της μεταβολής του Α.Ε.Π. οδηγεί σε αύξηση του αριθμού των νεκρών** στα οδικά ατυχήματα και το αντίστοιχο συμβαίνει με τη μείωση, δηλαδή η **μείωση της μεταβολής του Α.Ε.Π. οδηγεί σε μείωση του αριθμού των νεκρών**.

Τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου οδήγησαν σε χρήσιμα συμπεράσματα, όμως για την ορθότερη αντιμετώπιση του θέματος θεωρήθηκε ότι έπρεπε να ληφθούν υπόψη δύο επιπλέον παράγοντες. Πρώτον, θα έπρεπε να εξεταστεί εάν εμφανίζεται το **φαινόμενο αυτοσυσχέτισης** και πώς θα μπορούσε αυτό να διορθωθεί προκειμένου να προκύψει ένα αξιόπιστο μοντέλο. Δεύτερον, προέκυψε το ζήτημα εάν θα έπρεπε να ληφθεί υπόψη η **ενδεχόμενη επιμέρους επιρροή του κάθε κράτους** στο τελικό μοντέλο, δηλαδή να διερευνηθεί εάν σε ένα μοντέλο που αφορά σε ένα σύνολο κρατών, το κάθε κράτος έχει ξεχωριστή επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή και εάν επηρεάζει την επίδραση των υπόλοιπων ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή.

Κρίθηκε επομένως σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί ένα πιο σύνθετο μαθηματικό μοντέλο, το οποίο θα επέτρεπε να ληφθούν υπόψη οι παραπάνω παράγοντες και θα έδινε απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα.

5.3 ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΙΚΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Ως συνέπεια των παραπάνω επιλέχθηκε το γραμμικό μικτό μοντέλο για τη διερεύνηση της συσχέτισης της μεταβολής του Α.Ε.Π. με τους νεκρούς στα οδικά ατυχήματα. Ένα πλεονέκτημα του μοντέλου αυτού έναντι της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης είναι ότι **επιτρέπει οι όροι σφάλματος της μεταβλητής να εμφανίζουν συσχέτιση**. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα **προσδιορισμού μιας μεταβλητής επαναλαμβανόμενων επιδράσεων (π.χ. έτος) και της δομής της συνδιακύμανσης αυτής της μεταβλητής**. Τέλος, μπορεί να συμπεριληφθεί στο

μοντέλο και η **επίδραση του παράγοντα του κράτους**, καθώς και να προσδιοριστεί η αλληλεπίδραση της μεταβλητής αυτής με τις άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές.

5.3.1 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΤΗΣ Ε.Ε.

5.3.1.1 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Μετά τη στατιστική ανάλυση με τη μέθοδο της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης πραγματοποιήθηκαν ορισμένες αρχικές δοκιμές με το Γραμμικό Μικτό Μοντέλο. Παρατηρήθηκε ότι το συγκεκριμένο μαθηματικό μοντέλο χρησιμοποιεί ένα κράτος ως κράτος αναφοράς, με το οποίο συγκρίνει τα υπόλοιπα και προκύπτει εάν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην επιρροή τους στο μοντέλο. Καθώς δεν προέκυπτε ένα μοντέλο στατιστικά αποδεκτό, προτιμήθηκε να γίνει η σύγκριση αυτή μεταξύ των ομάδων των κρατών. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε η **μεταβλητή της ομάδας των κρατών** (Country_g), η οποία και χρησιμοποιήθηκε στο μοντέλο. Σε όλα τα ανατολικά κράτη και για κάθε έτος δόθηκε στη μεταβλητή η τιμή 1, στα νότια κράτη δόθηκε η τιμή 2 και στα βορειοδυτικά κράτη δόθηκε η τιμή 3. Η ομάδα των βορειοδυτικών κρατών επιλέχθηκε να είναι η ομάδα αναφοράς, καθώς περιλαμβάνει τα περισσότερα κράτη.

Επιπλέον, λόγω του ότι στην παρούσα Διπλωματική Εργασία διερευνάται η επιρροή της μεταβολής του Α.Ε.Π. στα οδικά ατυχήματα, θεωρήθηκε ορθότερο να εκφραστεί και η εξαρτημένη μεταβλητή με τον ίδιο τρόπο. Δημιουργήθηκε λοιπόν η **μεταβλητή της ετήσιας ποσοστιαίας μεταβολής του φυσικού λογαρίθμου του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού** (LN(F/P)_c), η οποία ορίστηκε στο υποκεφάλαιο 4.3.

Με βάση τα παραπάνω δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα 4.3, τα οποία παρουσιάζουν τις γραφικές παραστάσεις των παραπάνω μεταβλητών συναρτήσει του χρόνου. Παράλληλα πραγματοποιήθηκαν επιπρόσθετες δοκιμές στο στατιστικό λογισμικό, τα αποτελέσματα των οποίων δεν έδιναν τη δυνατότητα ικανοποιητικής ερμηνείας του πρόσημου της μεταβλητής της μεταβολής του Α.Ε.Π.. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε η μεταβολή του Α.Ε.Π. να διαχωριστεί σε αύξηση και μείωση του Α.Ε.Π.. Δημιουργήθηκαν δηλαδή δύο επιπλέον μεταβλητές, η **αύξηση του Α.Ε.Π.** ($\text{GDP}_{\text{increase}}$) και η **μείωση του Α.Ε.Π.** ($\text{GDP}_{\text{decrease}}$). Στη μεν πρώτη αντιστοιχήθηκαν για κάθε έτος οι θετικές τιμές της μεταβολής του Α.Ε.Π., ενώ όπου δεν υπήρχε θετική τιμή δόθηκε η τιμή 0. Αντίστοιχα, στη δεύτερη μεταβλητή αντιστοιχήθηκε η απόλυτη τιμή της αρνητικής μεταβολής του Α.Ε.Π., ενώ για τα έτη κατά τα οποία δε σημειώθηκε μείωση του Α.Ε.Π. η μεταβλητή έπαιρνε την τιμή 0.

Από την παρατήρηση των διαγραμμάτων 4.3 προέκυψε η ανάγκη να διερευνηθεί εάν η μεταβολή του Α.Ε.Π. επηρεάζει τα ατυχήματα του επόμενου έτους. Δημιουργήθηκαν, κατά συνέπεια, οι μεταβλητές **αύξηση του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους** ($\text{GDP}_{\text{increase1}}$) και **μείωση του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους** ($\text{GDP}_{\text{decrease1}}$). Ουσιαστικά και για τις δύο μεταβλητές αντιστοιχήθηκαν σε κάθε έτος οι τιμές των αντίστοιχων μεταβλητών της προηγούμενης χρονιάς, δηλαδή η τιμή της μεταβλητής $\text{GDP}_{\text{increase1}}$ ενός έτους αντιστοιχεί στην τιμή της μεταβλητής $\text{GDP}_{\text{increase}}$ του προηγούμενου έτους και το αντίστοιχο ισχύει για τη μεταβλητή της μείωσης του Α.Ε.Π..

Με βάση τα παραπάνω δημιουργήθηκε η τελική βάση δεδομένων, η οποία παρουσιάζεται παρακάτω.

C O U N T R Y	COUN TRY _g	Y E A R	G D P	G D P c	GDP increase	GDP decrease	GDP increase 1	GDP decrease 1	Popula tion	Fatal ities	F/ P	LN (F/P)	LN (F/P) _c

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 Τελική μορφή βάσης δεδομένων

5.3.1.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

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

Πιο συγκεκριμένα, στο **αρχείο εισόδου** εισάγονται τα στοιχεία της τελικής βάσης δεδομένων, όπως αυτά παρουσιάστηκαν παραπάνω. Το **αρχείο ελέγχου** είναι εκείνο στο οποίο καθορίζονται από το χρήστη οι μεταβλητές που περιέχονται στο αρχείο εισόδου. Αρχικά, επιλέγεται η μεταβλητή επαναλαμβανόμενων επιδράσεων και η μεταβλητή-υποκείμενο στην οποία αντιστοιχεί. Σε αυτό το στάδιο μπορεί να προσδιοριστεί η δομή της συνδιακύμανσης της μεταβλητής αυτής. Στη συνέχεια επιλέγεται ποια από τις μεταβλητές θα είναι η εξαρτημένη, ποιες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές θα οριστούν ως συμμεταβλητές και ποιες ως παράγοντες σταθερών επιδράσεων. Επιπλέον, στο στάδιο αυτό καθορίζονται και οι αλληλεπιδράσεις των εξαρτημένων μεταβλητών που επιλέγονται να υπολογιστούν στο τελικό μοντέλο. Θα μπορούσε να το χαρακτηρίσει κανείς ως κώδικα επικοινωνίας μεταξύ του χρήστη και του λογισμικού. Περιέχει δηλαδή μια σειρά από χρήσιμες πληροφορίες προκειμένου το πρόγραμμα να ολοκληρώσει με επιτυχία τη στατιστική ανάλυση των στοιχείων που περιέχονται στο αρχείο δεδομένων εισόδου.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ως μεταβλητή-υποκείμενο επιλέγεται το κράτος, ως επαναλαμβανόμενη μεταβλητή το έτος και η δομή συνδιακύμανσής της η αυτοσυσχέτιση πρώτης τάξης (AR1). Ως εξαρτημένη μεταβλητή επιλέγεται κάποια από τις LN(F/P) και LN(F/P)_c, ενώ ως παράγοντας ορίζεται η ομάδα των κρατών και ως συμμεταβλητές η μεταβλητή GDP_c ή ένας συνδυασμός από τις μεταβλητές GDP_{increase}, GDP_{decrease}, GDP_{increase1} και GDP_{decrease1}. Τα πιθανά μοντέλα προκύπτουν από τους παραπάνω συνδυασμούς μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών, δηλαδή συμμεταβλητών και παράγοντα.

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

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 $LRT = -(L(b) - L(0))$, 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. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι στα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται και άλλα κριτήρια, τα οποία προκύπτουν από το παραπάνω (AIC, AICC, CAIC και BIC), αλλά στην παρούσα Διπλωματική Εργασία επιλέγεται να εξετάζεται το πρώτο.

Οι **έλεγχοι των σταθερών επιδράσεων** (tests of fixed effects) γίνονται με τα **F-tests**, όπου η τιμή σημαντικότητας των συντελεστών αυτών θα πρέπει να είναι **sig.<0,5**. Επίσης, ο **έλεγχος των συντελεστών των μεταβλητών των σταθερών επιδράσεων** γίνεται με το t-test. Προκειμένου η μεταβλητή να γίνει αποδεκτή θα πρέπει κι εδώ να ισχύει **sig.<0,5**.

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 .

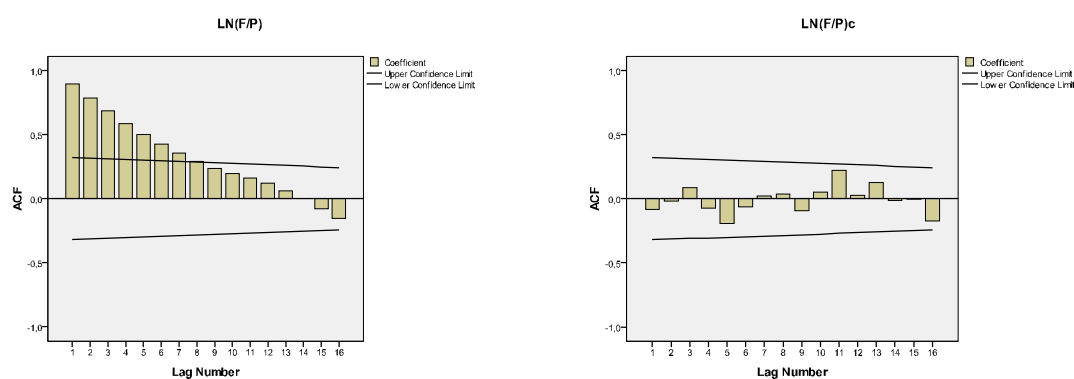
Μετά τον έλεγχο των μοντέλων βάσει των ανωτέρω κριτηρίων, ο έλεγχος συνεχίζεται, εξετάζοντας το μέγεθος επιρροής του σταθερού όρου. Φυσικά πρέπει να εξεταστεί εάν τα αποτελέσματα του μοντέλου οδηγούν σε λογικά συμπεράσματα και εάν μπορούν να ερμηνευτούν με βάση τις επικρατούσες συνθήκες και αντιλήψεις.

5.3.1.3 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΑΥΤΟΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ

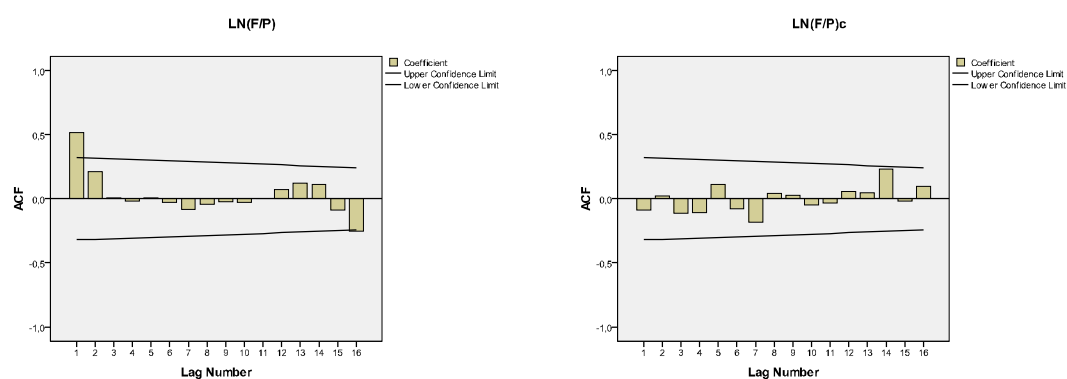
Το επόμενο βήμα αφορά στη διερεύνηση της ύπαρξης αυτοσυσχέτισης, δηλαδή εάν οι διάφορες τιμές του σφάλματος ε συσχετίζονται. Πρέπει να επισημανθεί ότι η αυτοσυσχέτιση είναι συνηθισμένο φαινόμενο όταν χρησιμοποιούνται στοιχεία χρονοσειρών.

Η διαδικασία της διερεύνησης της αυτοσυσχέτισης μιας μεταβλητής πραγματοποιείται στο SPSS μέσω της εντολής analyze (analyze → forecasting → autocorrelations). Η μεταβλητή που μας ενδιαφέρει εισάγεται στο πεδίο variables και στο αρχείο των αποτελεσμάτων ελέγχεται μέσω του κριτηρίου Box-Ljung Statistic εάν οι συντελεστές της αυτοσυσχέτισης είναι στατιστικά σημαντικοί. Προκειμένου να απαλειφθεί το φαινόμενο της αυτοσυσχέτισης, στο αρχείο ελέγχου υπάρχουν οι επιλογές natural transform και difference, με τις οποίες ουσιαστικά μετασχηματίζονται τα στοιχεία.

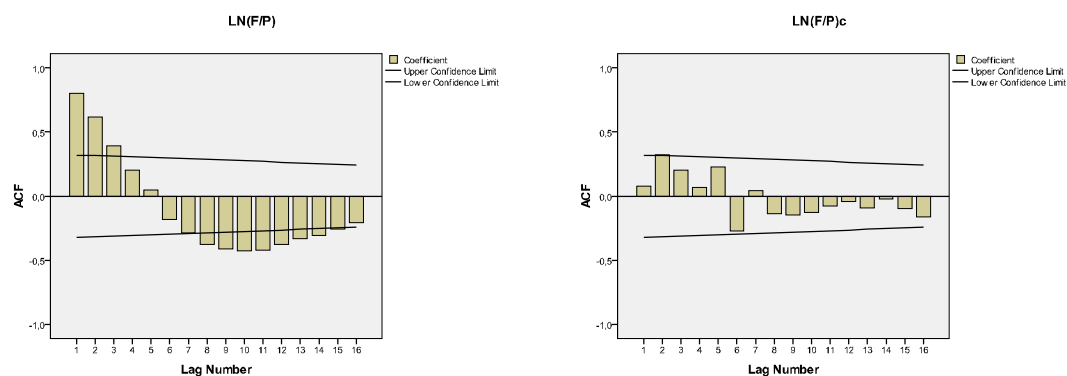
Εξετάστηκαν, επομένως, η εξαρτημένη μεταβλητή $\text{LN}(F/P)$ και η $\text{LN}(F/P)_c$ για κάθε ένα κράτος, προκειμένου να επιλεγθεί με μεγαλύτερη βεβαιότητα η εξαρτημένη μεταβλητή και να ελεγχθεί εάν είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί ο χρόνος ως μεταβλητή επαναλαμβανόμενων επιδράσεων. Η πρώτη μεταβλητή αποδείχτηκε ότι παρουσιάζει το φαινόμενο της αυτοσυσχέτισης, ενώ στην ετήσια μεταβολή της το φαινόμενο αυτό απαλείφεται. Παρακάτω παρουσιάζονται τα **διαγράμματα αυτοσυσχέτισης ορισμένων κρατών ενδεικτικά πριν και μετά τη μετατροπή των στοιχείων**.



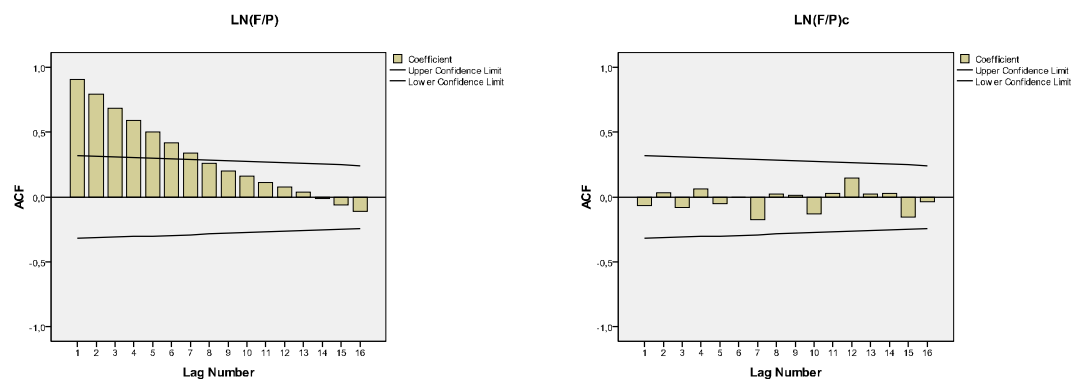
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1 Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής για το Βέλγιο



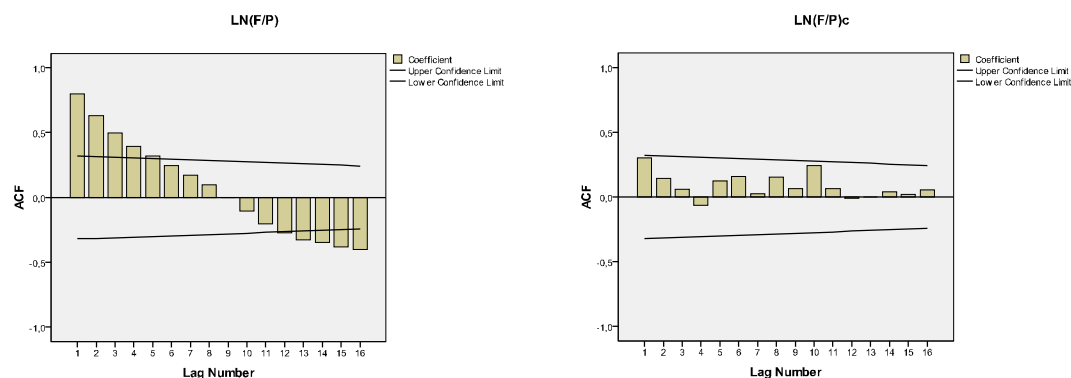
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2 Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής για τη Βουλγαρία



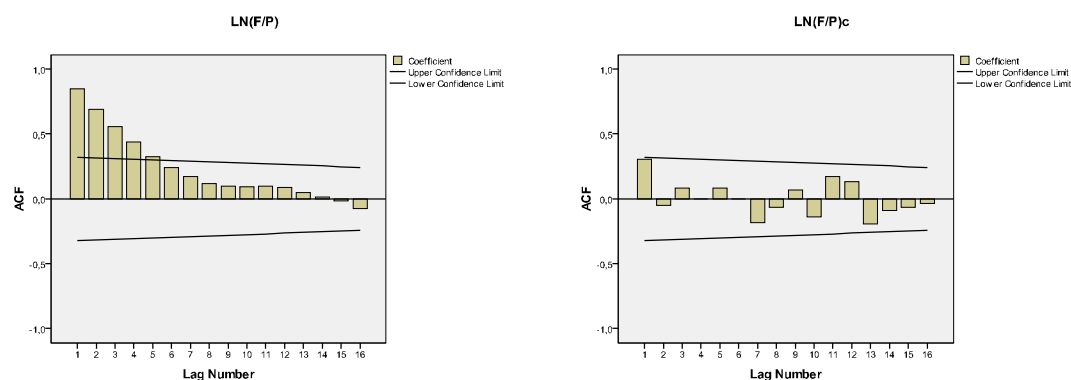
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3 Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής για την Τσεχία



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.4 Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής για τη Γερμανία



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.5 Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής για την Ελλάδα



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.6 Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής για την Ιταλία

5.3.1.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Μετά από αρκετές δοκιμές τα μοντέλα τα οποία προέκυπταν στατιστικά αποδεκτά και προσαρμόζονταν καλύτερα στα δεδομένα ήταν εκείνα με **εξαρτημένη τη μεταβλητή LN(F/P)_c** και **ανεξάρτητες τις μεταβλητές Country_g , $\text{GDP}_{\text{increase}}$ και $\text{GDP}_{\text{decrease}}$** . Στο μοντέλο, στο οποίο συμπεριλήφθηκε το έτος ως μεταβλητή επαναλαμβανόμενων

επιδράσεων και ορίστηκε η δομή συνδιακύμανσης ως AR1, ο συντελεστής ρ^2 δεν προέκυπτε στατιστικά σημαντικός, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής. Επομένως, **δεν ορίστηκε μεταβλητή επαναλαμβανόμενων επιδράσεων**. Άλλωστε, η έννοια του χρόνου περιλαμβάνεται στο μοντέλο μέσω των μεταβλητών, οι οποίες εκφράζονται ως ετήσιες μεταβολές των μεγεθών.

Τα αποτελέσματα του τελικού μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω.

Information Criteria ^a	
-2 Restricted Log Likelihood	3510,894
Akaike's Information Criterion (AIC)	3512,894
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	3512,900
Bozdogan's Criterion (CAIC)	3518,558
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	3517,558
The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.	
a. Dependent Variable: LN(F/P) _c (%).	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου για το σύνολο των κρατών

Type III Tests of Fixed Effects ^a				
Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	783	33,338	,000
COUNTRY _g	2	783,000	3,201	,041
GDPincrease	1	783,000	10,856	,001
GDPdecrease	1	783	9,203	,002
COUNTRY _g * GDPincrease	2	783,000	1,695	,184
COUNTRY _g * GDPdecrease	2	783,000	2,111	,122
a. Dependent Variable: LN(F/P) _c (%).				

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων του μοντέλου για το σύνολο των κρατών

Estimates of Fixed Effects ^b					
Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.
Intercept	-1,244426	,207987	783	-5,983	,000
[COUNTRYg=1]	,782258	,309251	783	2,530	,012
[COUNTRYg=2]	,332756	,391473	783,000	,850	,396
[COUNTRYg=3]	0 ^a	0	.	.	.
GDPincrease	,206848	,069439	783	2,979	,003
GDPdecrease	-,335937	,113128	783,000	-2,970	,003
[COUNTRYg=1] * GDPincrease	-,143852	,084411	783	-1,704	,089
[COUNTRYg=2] * GDPincrease	-,014526	,131804	783,000	-,110	,912
[COUNTRYg=3] * GDPincrease	0 ^a	0	.	.	.
[COUNTRYg=1] * GDPdecrease	,230295	,119257	783,000	1,931	,054
[COUNTRYg=2] * GDPdecrease	,062407	,232686	783,000	,268	,789
[COUNTRYg=3] * GDPdecrease	0 ^a	0	.	.	.
a. This parameter is set to zero because it is redundant.					
b. Dependent Variable: LN(F/P)c (%).					

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου για το σύνολο των κρατών

Estimates of Covariance Parameters ^a						
Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Residual	4,826224	,243917	19,786	,000	4,371071	5,328772
a. Dependent Variable: LN(F/P)c (%).						

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου για το σύνολο των κρατών

Όπως αναφέρθηκε ο έλεγχος προσαρμογής του μοντέλου εξετάζεται με το κριτήριο -2 Restricted Log Likelihood. Η τιμή του L για το άδειο μοντέλο προέκυψε $L(0)=3545,171$, ενώ η αντίστοιχη τιμή για το μοντέλο που περιλαμβάνει τις μεταβλητές προέκυψε $L(b)=3510,894$. Επομένως, η τιμή του LRT προκύπτει ίση με $LRT = 34,277$ με βαθμούς ελευθερίας $10-2=8$.

Από τους πίνακες στατιστικής για την κατανομή χ^2 προκύπτει ότι η τιμή του σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και για 8 βαθμούς ελευθερίας είναι $\chi^2=15,51$. Επομένως, ισχύει ότι $L > \chi^2$, άρα το μοντέλο είναι στατιστικά αποδεκτό.

Επίσης, παρατηρείται ότι **οι μεταβλητές του κράτους, της αύξησης του Α.Ε.Π. και της μείωσης του Α.Ε.Π. προκύπτουν στατιστικά σημαντικές**, σε αντίθεση με τις αλληλεπιδράσεις της μεταβλητής του κράτους με κάθε μία από τις υπόλοιπες δύο μεταβλητές.

Οι **συντελεστές των μεταβλητών $GDP_{increase}$ και $GDP_{decrease}$ προκύπτουν στατιστικά σημαντικοί**, όπως αποδεικνύεται από τα t-tests. Από τον ίδιο πίνακα προκύπτει ότι **η επιρροή της ομάδας των ανατολικών κρατών έχει στατιστικά σημαντική διαφορά από εκείνη των βορειοδυτικών κρατών**. Δεν ισχύει το ίδιο για την ομάδα των νότιων κρατών, καθώς η τιμή του συντελεστή t δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική. Επιπλέον, από τις αλληλεπιδράσεις των ομάδων των κρατών με τις μεταβλητές της αύξησης και μείωσης του Α.Ε.Π. **στατιστικά σημαντική διαφορά παρουσιάζει οριακά μόνο η αλληλεπίδραση της ομάδας των ανατολικών κρατών με τη μείωση του Α.Ε.Π.**

Τέλος, από τον πίνακα ελέγχου διακύμανσης των υπολοίπων, προκύπτει ότι **τα όρια σφάλματος είναι ανεξάρτητα** με διακύμανση περίπου ίση με 4,83.

5.3.1.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

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

$$LN(F/P)_c = -1,244 + 0,207 * GDP_{increase} - 0,336 * GDP_{decrease} + 0,782 * Country_{g=1} + 0,230 * Country_{g=1} * GDP_{decrease}$$

Η παραπάνω μαθηματική σχέση προέκυψε από τα στοιχεία των κρατών για τη χρονική περίοδο 1975-2011. Πρέπει να σημειωθεί ότι από το μοντέλο αφαιρέθηκαν οι χώρες Λουξεμβούργο και Σλοβενία, προκειμένου να προκύψει ένα στατιστικά αποδεκτό μοντέλο. Αυτό οφείλεται ίσως στο ότι το μεν Λουξεμβούργο είναι σημαντικά μικρότερη χώρα από τις υπόλοιπες, ενώ για τη δε Σλοβενία ίσως οφείλεται στη διαφοροποίησή της από τις υπόλοιπες ανατολικές χώρες. Όπως φαίνεται και από τα διαγράμματα του κεφαλαίου 4, τόσο η διαχρονική εξέλιξη του αριθμού των νεκρών της στα οδικά ατυχήματα όσο και η εξέλιξη αυτή σε σχέση με την αντίστοιχη εξέλιξη του Α.Ε.Π. διαφέρει σημαντικά από τις υπόλοιπες ανατολικές χώρες. Επιπλέον, η οικονομία της Σλοβενίας είναι αρκετά καλύτερη από των υπολοίπων χωρών, όπως προκύπτει από το μέσο κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. της. Δεδομένου, λοιπόν, ότι η ομαδοποίηση των χωρών έγινε με βάση κοινά χαρακτηριστικά τους ως προς την οδική ασφάλεια και την οικονομική ευημερία και κατ' επέκταση η σύγκριση των ομάδων των χωρών στο στατιστικό λογισμικό στηρίχτηκε σε αυτά τα χαρακτηριστικά, πιθανώς η έντονη αυτή διαφορά της Σλοβενίας να μην επιτρέπει στο μοντέλο να εξάγει ασφαλή συμπεράσματα.

Από τη μαθηματική σχέση προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής της αύξησης του Α.Ε.Π. ($GDP_{increase}$) είναι θετικός, το οποίο συνεπάγεται ότι αύξηση της τιμής της μεταβλητής αυτής επιφέρει αύξηση της μεταβολής του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, δηλαδή **η αύξηση της ετήσιας θετικής μεταβολής του Α.Ε.Π. έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ετήσιας μεταβολής των ατυχημάτων**.

Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής της μείωσης του Α.Ε.Π. ($GDP_{decrease}$) είναι αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι αύξηση της τιμής της μεταβλητής αυτής επιφέρει μείωση της μεταβολής του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Υπενθυμίζεται ότι η μεταβλητή αυτή έχει οριστεί ως η απόλυτη τιμή της αρνητικής μεταβολής του Α.Ε.Π., επομένως **όσο αυξάνεται η μείωση του Α.Ε.Π., η ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα μειώνεται.**

Επιπλέον, ο συντελεστής της μεταβλητής της ομάδας των ανατολικών κρατών ($Country_{g=1}$) προέκυψε στατιστικά σημαντικός και έχει θετικό πρόσημο. Δεδομένου ότι ως επίπεδο αναφοράς έχει οριστεί η ομάδα των βορειοδυτικών κρατών, η τιμή του παραπάνω συντελεστή σημαίνει ότι η **ομάδα των ανατολικών κρατών** συμβάλλει στην ετήσια μεταβολή του συνολικού αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στα κράτη-μέλη της Ε.Ε. κατά 0,782 περισσότερο από την ομάδα των βορειοδυτικών κρατών.

Τέλος, η **αλληλεπίδραση της ομάδας των ανατολικών κρατών με τη μείωση του Α.Ε.Π.** προέκυψε στατιστικά σημαντική και ο συντελεστής της έχει θετικό πρόσημο. Αυτό σημαίνει ότι η μείωση του Α.Ε.Π. στα ανατολικά κράτη συμβάλλει στην ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στο σύνολο των κρατών κατά 0,230 περισσότερο από την ομάδα των βορειοδυτικών κρατών.

5.3.1.6 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή που περιέχεται στη μαθηματική σχέση του μοντέλου της μεταβολής του αριθμού των νεκρών 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. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί η 1% μεταβολή της ανεξάρτητης.

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

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

Ο υπολογισμός της σχετικής επιρροής έγινε μόνο για τις μεταβλητές της αύξησης και μείωσης του Α.Ε.Π. εφαρμόζοντας την παραπάνω σχέση, όπου β_i ο συντελεστής της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής, X_i η τιμή της και Y_i η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής, όπως έχει προκύψει μετά την απολογαριθμοποίησή της. Για την εξαγωγή της τιμής της σχετικής επιρροής, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των παραπάνω τιμών.

Προέκυψε επομένως ότι **η μεταβλητή της μείωσης του Α.Ε.Π. παρουσιάζει μεγαλύτερη επιρροή από τη μεταβλητή της αύξησης του Α.Ε.Π. και μάλιστα έχει 7 φορές μεγαλύτερη επιρροή από αυτή.**

5.3.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΟΜΑΔΕΣ ΚΡΑΤΩΝ

5.3.2.1 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στη συνέχεια της στατιστικής ανάλυσης δημιουργήθηκαν τρεις διαφορετικές βάσεις δεδομένων για την κάθε μία ομάδα κρατών. Η κάθε βάση δεδομένων περιείχε μόνο τα κράτη που ανήκουν στην κάθε ομάδα, όπως προέκυψε από τον διαχωρισμό της προηγούμενης φάσης. Τα κράτη τα οποία δεν συμπεριλήφθηκαν στο τελικό μοντέλο του συνόλου των κρατών, δε λήφθηκαν υπόψη ούτε στα επιμέρους μοντέλα.

C O U N T R Y	Y E A R	G D P	GDP _c	GDP increase	GDP decrease	GDP increase 1	GDP decrease 1	Popula tion	Fatal ities	F/P	LN (F/P)	LN (F/P) _c

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8 Μορφή βάσεων δεδομένων επιμέρους ομάδων κρατών

Πρέπει να σημειωθεί ότι η αρίθμηση των κρατών έχει διατηρηθεί ίδια με εκείνη του πίνακα 4.1 και η χρονική περίοδος για την οποία εξετάζεται η κάθε ομάδα κρατών είναι 1975-2011 για τις ομάδες των βορειοδυτικών και νότιων κρατών, ενώ για τα ανατολικά κράτη είναι 1991-2011.

5.3.2.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Μετά την εξαγωγή του τελικού μοντέλου για το σύνολο των κρατών της Ε.Ε. ο καθορισμός των μεταβλητών στα επιμέρους μοντέλα ήταν αντίστοιχος με εκείνον του πρώτου μοντέλου. Συγκεκριμένα, δεν ορίστηκε μεταβλητή επαναλαμβανόμενων επιδράσεων όπως και παραπάνω και κατ' επέκταση ούτε μεταβλητή-υποκείμενο. Ως εξαρτημένη μεταβλητή επιλέχθηκε η μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού (LN(F/P)_c) και από τις ανεξάρτητες μεταβλητές ορίστηκε η μεταβλητή χώρα (Country) ως παράγοντας και ως συμμεταβλητές η αύξηση και η μείωση του Α.Ε.Π. του τρέχοντος αλλά και του προηγούμενου έτους (GDP_{increase}, GDP_{decrease}, GDP_{increase1}, GDP_{decrease1}).

Στη συνέχεια ο στατιστικός έλεγχος των μοντέλων γίνεται με τα κριτήρια τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω. Χρησιμοποιείται δηλαδή η μέθοδος της μεγιστοποίησης της πιθανοφάνειας για τη στατιστική εμπιστοσύνη του μοντέλου, ο έλεγχος των σταθερών επιδράσεων πραγματοποιείται με τα F-tests, ο έλεγχος των συντελεστών των μεταβλητών γίνεται με τα t-tests και ο έλεγχος της διακύμανσης των υπολοίπων με το κριτήριο Wald Z.

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

5.3.2.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΜΑΔΑΣ ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

5.3.2.3.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Μετά από αρκετές δοκιμές το μοντέλο το οποίο προέκυψε στατιστικά αποδεκτό και προσαρμοζόταν καλύτερα στα δεδομένα, ήταν αυτό με **εξαρτημένη μεταβλητή** τη μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού ($\text{LN}(\text{F/P})\text{c}$) και ως **ανεξάρτητες τις μεταβλητές $\text{GDP}_{\text{increase}}$, $\text{GDP}_{\text{decrease}}$, και $\text{GDP}_{\text{decrease1}}$** . Στα μοντέλα στα οποία οριζόταν ως παράγοντας η μεταβλητή Country δεν προέκυπταν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιμέρους κρατών της ομάδας. Αυτό λογικά συνέβαινε, διότι τα κράτη έχουν ταξινομηθεί με βάση κοινά χαρακτηριστικά ως προς την οδική ασφάλεια και την οικονομική ευημερία. Για το λόγο αυτό τελικά δεν επιλέχθηκε η εν λόγω μεταβλητή.

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για την ομάδα των βορειοδυτικών κρατών της Ε.Ε.

Information Criteria ^a	
-2 Restricted Log Likelihood	1362,951
Akaike's Information Criterion (AIC)	1364,951
Hurwich and Tsai's Criterion (AICC)	1364,963
Bozdogan's Criterion (CAIC)	1369,824
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	1368,824
The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.	
a. Dependent Variable: $\text{LN}(\text{F/P})\text{c}$ (%).	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου ομάδας βορειοδυτικών κρατών

Type III Tests of Fixed Effects ^a				
Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	355	51,742	,000
GDPincrease	1	355	11,550	,001
GDPdecrease	1	355	10,187	,002
GDPincrease1	1	355	,430	,513
GDPdecrease1	1	355	11,519	,001
a. Dependent Variable: $\text{LN}(\text{F/P})\text{c}$ (%).				

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων μοντέλου ομάδας βορειοδυτικών κρατών

Estimates of Fixed Effects ^a					
Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.
Intercept	-1,216694	,169145	355	-7,193	,000
GDPincrease	,186430	,054856	355	3,399	,001
GDPdecrease	-,265973	,083331	355	-3,192	,002
GDPincrease1	,035621	,054350	355	,655	,513
GDPdecrease1	-,281259	,082870	355	-3,394	,001
a. Dependent Variable: LN(F/P)c (%).					

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου ομάδας βορειοδυτικών κρατών

Estimates of Covariance Parameters ^a						
Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Residual	2,490438	,186929	13,323	,000	2,149739	2,885133
a. Dependent Variable: LN(F/P)c (%).						

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.12 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου ομάδας βορειοδυτικών κρατών

Όπως αναφέρθηκε ο έλεγχος προσαρμογής του μοντέλου εξετάζεται με το κριτήριο -2 Restricted Log Likelihood. Η τιμή του L για το άδειο μοντέλο προέκυψε $L(0)=1410,356$, ενώ η αντίστοιχη τιμή για το μοντέλο που περιλαμβάνει τις μεταβλητές προέκυψε $L(b)=1362,951$. Επομένως, η τιμή του LRT προκύπτει ίση με $LRT = 47,405$ με βαθμούς ελευθερίας $6-2=4$.

Από τους πίνακες στατιστικής για την κατανομή χ^2 προκύπτει ότι η τιμή του σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και για 4 βαθμούς ελευθερίας είναι $\chi^2=9,488$. Επομένως, ισχύει ότι $L > \chi^2$, άρα το μοντέλο είναι στατιστικά αποδεκτό.

Επίσης, παρατηρείται ότι **οι μεταβλητές της αύξησης του Α.Ε.Π. του τρέχοντος έτους, της μείωσης του Α.Ε.Π. του τρέχοντος, αλλά και του προηγούμενου έτους προκύπτουν στατιστικά σημαντικές**, σε αντίθεση με τη μεταβλητή της αύξησης του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους.

Οι **συντελεστές των μεταβλητών GDP_{increase}, GDP_{decrease} και GDP_{decrease1} προκύπτουν στατιστικά σημαντικοί**, όπως αποδεικνύεται από τα t-tests και μάλιστα η απόλυτη τιμή του δείκτη t είναι 3,399, 3,192 και 3,394 αντίστοιχα.

Τέλος, από τον πίνακα ελέγχου διακύμανσης των υπολοίπων, προκύπτει ότι **τα όρια σφάλματος είναι ανεξάρτητα** με διακύμανση περίπου ίση με 2,49.

5.3.2.3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα του τελικού μοντέλου εξάγεται η ακόλουθη μαθηματική σχέση για την ομάδα των βορειοδυτικών κρατών:

$$LN (F/P)_c = - 1,217 + 0,186 * GDP_{increase} - 0,266 * GDP_{decrease} - 0,281 * GDP_{decrease1}$$

Από τη μαθηματική σχέση προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής της αύξησης του Α.Ε.Π. ($GDP_{increase}$) είναι θετικός, το οποίο συνεπάγεται ότι αύξηση της τιμής της μεταβλητής αυτής επιφέρει αύξηση της μεταβολής του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, δηλαδή η **αύξηση της ετήσιας θετικής μεταβολής του Α.Ε.Π. έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ετήσιας μεταβολής των ατυχημάτων**.

Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής της μείωσης του Α.Ε.Π. ($GDP_{decrease}$) είναι αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι αύξηση της τιμής της μεταβλητής αυτής επιφέρει μείωση της μεταβολής του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Υπενθυμίζεται ότι η μεταβλητή αυτή έχει οριστεί ως η απόλυτη τιμή της αρνητικής μεταβολής του Α.Ε.Π., επομένως **όσο αυξάνεται η μείωση του Α.Ε.Π., η ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα μειώνεται**.

Επιπλέον, ο συντελεστής της μεταβλητής της μείωσης του Α.Ε.Π. που καταγράφηκε το προηγούμενο έτος ($GDP_{decrease1}$) είναι αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι αύξηση της τιμής της μεταβλητής αυτής επιφέρει μείωση της μεταβολής του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα το επόμενο έτος, δηλαδή **όσο αυξάνεται η μείωση του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους, η ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα του επόμενου έτους μειώνεται**.

5.3.2.3.3 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

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

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

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

Ο υπολογισμός της σχετικής επιρροής έγινε για τις μεταβλητές της αύξησης του Α.Ε.Π. του τρέχοντος έτος και της μείωσης του Α.Ε.Π. του τρέχοντος, αλλά και του προηγούμενου έτους εφαρμόζοντας την παραπάνω σχέση, όπου β_i ο συντελεστής της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής, X_i η τιμή της και Y_i η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής, όπως έχει προκύψει μετά την απολογαριθμοποίησή της. Για την εξαγωγή της τιμής της σχετικής επιρροής, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των παραπάνω τιμών.

Ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών δίνεται ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη μεταβλητή, δηλαδή της μείωσης του Α.Ε.Π. του τρέχοντος έτους. Η τιμή της σχετικής επιρροής

της αύξησης του Α.Ε.Π. είναι 1,93 και της μείωσης του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους είναι -2,90. Επομένως, η μεταβλητή της αύξησης του Α.Ε.Π. του τρέχοντος έτους έχει 1,93 φορές μεγαλύτερη επιρροή από τη μεταβλητή της μείωσης του Α.Ε.Π. του τρέχοντος έτους και η μεταβλητή της μείωσης του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους έχει 2,90 φορές μεγαλύτερη επιρροή από τη μεταβλητή της μείωσης του Α.Ε.Π. του τρέχοντος έτους.

5.3.2.4 ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΜΑΔΑΣ ΝΟΤΙΩΝ ΚΡΑΤΩΝ

5.3.2.4.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Μετά από αρκετές δοκιμές το μοντέλο το οποίο προέκυψε στατιστικά αποδεκτό και προσαρμοζόταν καλύτερα στα δεδομένα, ήταν αυτό με **εξαρτημένη μεταβλητή** τη μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού ($\text{LN}(\text{F/P})_c$) και ως **ανεξάρτητες τις μεταβλητές $\text{GDP}_{\text{increase}}$ και $\text{GDP}_{\text{decrease}}$** . Όπως και στο μοντέλο της ομάδας των βορειοδυτικών κρατών, στα μοντέλα της ομάδας των νότιων κρατών στα οποία οριζόταν ως παράγοντας η μεταβλητή κράτος δεν προέκυπταν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιμέρους κρατών της ομάδας. Αυτό λογικά συνέβαινε, διότι τα κράτη έχουν ταξινομηθεί με βάση κοινά χαρακτηριστικά ως προς την οδική ασφάλεια και την οικονομική ευημερία. Για το λόγο αυτό τελικά δεν επιλέχθηκε η εν λόγω μεταβλητή.

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για την ομάδα των νότιων κρατών της Ε.Ε.

Information Criteria ^a	
-2 Restricted Log Likelihood	515,087
Akaike's Information Criterion (AIC)	517,087
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	517,116
Bozdogan's Criterion (CAIC)	521,036
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	520,036

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

a. Dependent Variable: $\text{LN}(\text{F/P})_c$ (%).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.13 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου ομάδας νότιων κρατών

Type III Tests of Fixed Effects ^a				
Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	141	18,064	,000
GDPincrease	1	141	7,045	,009
GDPdecrease	1	141	4,326	,039

a. Dependent Variable: LN(F/P)c (%).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.14 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων μοντέλου ομάδας νότιων κρατών

Estimates of Fixed Effects ^a					
Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.
Intercept	-,911670	,214504	141	-4,250	,000
GDPincrease	,192322	,072458	141	2,654	,009
GDPdecrease	-,273530	,131512	141	-2,080	,039

a. Dependent Variable: LN(F/P)c (%).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.15 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου ομάδας νότιων κρατών

Estimates of Covariance Parameters ^a						
Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Residual	2,018905	,240448	8,396	,000	1,598598	2,549720

a. Dependent Variable: LN(F/P)c (%).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.16 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου ομάδας νότιων κρατών

Όπως αναφέρθηκε ο έλεγχος προσαρμογής του μοντέλου εξετάζεται με το κριτήριο -2 Restricted Log Likelihood. Η τιμή του L για το άδειο μοντέλο προέκυψε $L(0)=528,010$, ενώ η αντίστοιχη τιμή για το μοντέλο που περιλαμβάνει τις μεταβλητές προέκυψε $L(b)=515,087$. Επομένως, η τιμή του LRT προκύπτει ίση με $LRT = 12,923$ με βαθμούς ελευθερίας $4-2=2$.

Από τους πίνακες στατιστικής για την κατανομή χ^2 προκύπτει ότι η τιμή του σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και για 2 βαθμούς ελευθερίας είναι $\chi^2=5,991$. Επομένως, ισχύει ότι $L > \chi^2$, άρα το μοντέλο είναι στατιστικά αποδεκτό.

Επίσης, παρατηρείται ότι οι μεταβλητές της αύξησης του Α.Ε.Π. και της μείωσης του Α.Ε.Π. του τρέχοντος έτους προκύπτουν στατιστικά σημαντικές, σε αντίθεση με τη μεταβλητές της αύξησης και της μείωσης του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους, οι οποίες αφαιρέθηκαν από το μοντέλο.

Οι συντελεστές των μεταβλητών $GDP_{increase}$ και $GDP_{decrease}$ προκύπτουν επίσης στατιστικά σημαντικοί, όπως αποδεικνύεται από τα t-tests και μάλιστα η απόλυτη τιμή του δείκτη t είναι 2,654 και 2,080 αντίστοιχα.

Τέλος, από τον πίνακα ελέγχου διακύμανσης των υπολοίπων, προκύπτει ότι **τα όρια σφάλματος είναι ανεξάρτητα** με διακύμανση περίπου ίση με 2,02.

5.3.2.4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα του τελικού μοντέλου εξάγεται η ακόλουθη μαθηματική σχέση για την ομάδα των νότιων κρατών:

$$LN(F/P)_c = -0,912 + 0,192 * GDP_{increase} - 0,274 * GDP_{decrease}$$

Από τη μαθηματική σχέση προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής της αύξησης του Α.Ε.Π. ($GDP_{increase}$) είναι θετικός, το οποίο συνεπάγεται ότι αύξηση της τιμής της μεταβλητής αυτής επιφέρει αύξηση της μεταβολής του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, δηλαδή **η αύξηση της ετήσιας θετικής μεταβολής του Α.Ε.Π. έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ετήσιας μεταβολής των ατυχημάτων.**

Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής της μείωσης του Α.Ε.Π. ($GDP_{decrease}$) είναι αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι αύξηση της τιμής της μεταβλητής αυτής επιφέρει μείωση της μεταβολής του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Υπενθυμίζεται ότι η μεταβλητή αυτή έχει οριστεί ως η απόλυτη τιμή της αρνητικής μεταβολής του Α.Ε.Π., επομένως **όσο αυξάνεται η μείωση του Α.Ε.Π., η ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα μειώνεται.**

5.3.2.4.3 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Για την ομάδα των νότιων κρατών ο υπολογισμός της σχετικής επιρροής έγινε για τις μεταβλητές της αύξησης και της μείωσης του Α.Ε.Π. εφαρμόζοντας την παρακάτω 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 ανεξάρτητης μεταβλητής, X_i η τιμή της και Y_i η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής, όπως έχει προκύψει μετά την απολογαριθμοποίησή της. Για την εξαγωγή της τιμής της σχετικής επιρροής, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των παραπάνω τιμών.

Ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών δίνεται ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη μεταβλητή, δηλαδή της μείωσης του Α.Ε.Π.. Επομένως, προέκυψε ότι **η μεταβλητή της αύξησης του Α.Ε.Π. του τρέχοντος έτους έχει 1,09 φορές μεγαλύτερη επιρροή από τη μεταβλητή της μείωσης του Α.Ε.Π..**

5.3.2.5 ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΜΑΔΑΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΩΝ ΚΡΑΤΩΝ

5.3.2.5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Μετά από αρκετές δοκιμές το μοντέλο το οποίο προέκυψε στατιστικά αποδεκτό και προσαρμοζόταν καλύτερα στα δεδομένα, ήταν αυτό με **εξαρτημένη μεταβλητή** τη μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού (**LN(F/P)c**) και ως **ανεξάρτητες τις μεταβλητές GDP_{increase} και GDP_{decrease}**. Όπως και στα παραπάνω μοντέλα των επιμέρους ομάδων κρατών, στα μοντέλα της ομάδας των ανατολικών κρατών στα οποία οριζόταν ως παράγοντας η μεταβλητή κράτος δεν προέκυπταν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιμέρους κρατών της ομάδας. Αυτό λογικά συνέβαινε, διότι τα κράτη έχουν ταξινομηθεί με βάση κοινά χαρακτηριστικά ως προς την οδική ασφάλεια και την οικονομική ευημερία. Για το λόγο αυτό τελικά δεν επιλέχθηκε η εν λόγω μεταβλητή. Υπενθυμίζεται ότι το μοντέλο αυτό αφορά στη χρονική περίοδο 1991-2011, καθώς δεν προέκυψε στατιστικά αποδεκτό μοντέλο για τη χρονική περίοδο 1975-2011, όπως συνέβη και με τη μέθοδο της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης.

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για την ομάδα των ανατολικών κρατών της Ε.Ε.

Information Criteria ^a	
-2 Restricted Log Likelihood	772,815
Akaike's Information Criterion (AIC)	774,815
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	774,840
Bozdogan's Criterion (CAIC)	778,921
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	777,921
The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.	
a. Dependent Variable: LN(F/P)c (%).	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.17 Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου ομάδας ανατολικών κρατών

Type III Tests of Fixed Effects ^a				
Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	165	17,795	,000
GDPincrease	1	165	9,928	,002
GDPdecrease	1	165	5,630	,019
a. Dependent Variable: LN(F/P)c (%).				

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.18 Έλεγχος σταθερών επιδράσεων μοντέλου ομάδας ανατολικών κρατών

Estimates of Fixed Effects ^a					
Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.
Intercept	-1,477452	,350236	165	-4,218	,000
GDPincrease	,195726	,062118	165	3,151	,002
GDPdecrease	-,106771	,044997	165	-2,373	,019
a. Dependent Variable: LN(F/P)c (%).					

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.19 Συντελεστές σταθερών επιδράσεων μοντέλου ομάδας ανατολικών κρατών

Estimates of Covariance Parameters ^a						
Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Residual	5,590883	,615536	9,083	,000	4,505741	6,937366
a. Dependent Variable: LN(F/P)c (%).						

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.20 Έλεγχος διακύμανσης υπολοίπων μοντέλου ομάδας ανατολικών κρατών

Όπως αναφέρθηκε ο έλεγχος προσαρμογής του μοντέλου εξετάζεται με το κριτήριο -2 Restricted Log Likelihood. Η τιμή του L για το άδειο μοντέλο προέκυψε $L(0)=791,582$, ενώ η αντίστοιχη τιμή για το μοντέλο που περιλαμβάνει τις μεταβλητές προέκυψε $L(b)=772,815$. Επομένως, η τιμή του LRT προκύπτει ίση με $LRT = 18,767$ με βαθμούς ελευθερίας $4-2=2$.

Από τους πίνακες στατιστικής για την κατανομή χ^2 προκύπτει ότι η τιμή του σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και για 2 βαθμούς ελευθερίας είναι $\chi^2=5,991$. Επομένως, **ισχύει ότι $L > \chi^2$, άρα το μοντέλο είναι στατιστικά αποδεκτό.**

Επίσης, παρατηρείται ότι **οι μεταβλητές της αύξησης του Α.Ε.Π. και της μείωσης του Α.Ε.Π. του τρέχοντος έτους προκύπτουν στατιστικά σημαντικές**, σε αντίθεση με τη μεταβλητές της αύξησης και της μείωσης του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους, οι οποίες αφαιρέθηκαν από το μοντέλο.

Οι συντελεστές των μεταβλητών $GDP_{increase}$ και $GDP_{decrease}$ προκύπτουν επίσης στατιστικά σημαντικοί, όπως αποδεικνύεται από τα t-tests και μάλιστα η απόλυτη τιμή του δείκτη t είναι 3,151 και 2,373 αντίστοιχα.

Τέλος, από τον πίνακα ελέγχου διακύμανσης των υπολοίπων, προκύπτει ότι **τα όρια σφάλματος είναι ανεξάρτητα** με διακύμανση περίπου ίση με 5,59.

5.3.2.5.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα του τελικού μοντέλου εξάγεται η ακόλουθη μαθηματική σχέση για την ομάδα των ανατολικών κρατών:

$$\text{LN}(F/P)_c = -0,912 + 0,192 * \text{GDP}_{\text{increase}} - 0,274 * \text{GDP}_{\text{decrease}}$$

Από τη μαθηματική σχέση προκύπτει ότι ο συντελεστής της μεταβλητής της αύξησης του Α.Ε.Π. ($\text{GDP}_{\text{increase}}$) είναι θετικός, το οποίο συνεπάγεται ότι αύξηση της τιμής της μεταβλητής αυτής επιφέρει αύξηση της μεταβολής του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, δηλαδή **η αύξηση της ετήσιας θετικής μεταβολής του Α.Ε.Π. έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ετήσιας μεταβολής των ατυχημάτων.**

Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής της μείωσης του Α.Ε.Π. ($\text{GDP}_{\text{decrease}}$) είναι αρνητικός, το οποίο συνεπάγεται ότι αύξηση της τιμής της μεταβλητής αυτής επιφέρει μείωση της μεταβολής του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Υπενθυμίζεται ότι η μεταβλητή αυτή έχει οριστεί ως η απόλυτη τιμή της αρνητικής μεταβολής του Α.Ε.Π., επομένως **όσο αυξάνεται η μείωση του Α.Ε.Π., η ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα μειώνεται.**

5.3.2.5.3 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Για την ομάδα των ανατολικών κρατών ο υπολογισμός της σχετικής επιρροής έγινε για τις μεταβλητές της αύξησης και της μείωσης του Α.Ε.Π. έτους εφαρμόζοντας την παρακάτω σχέση

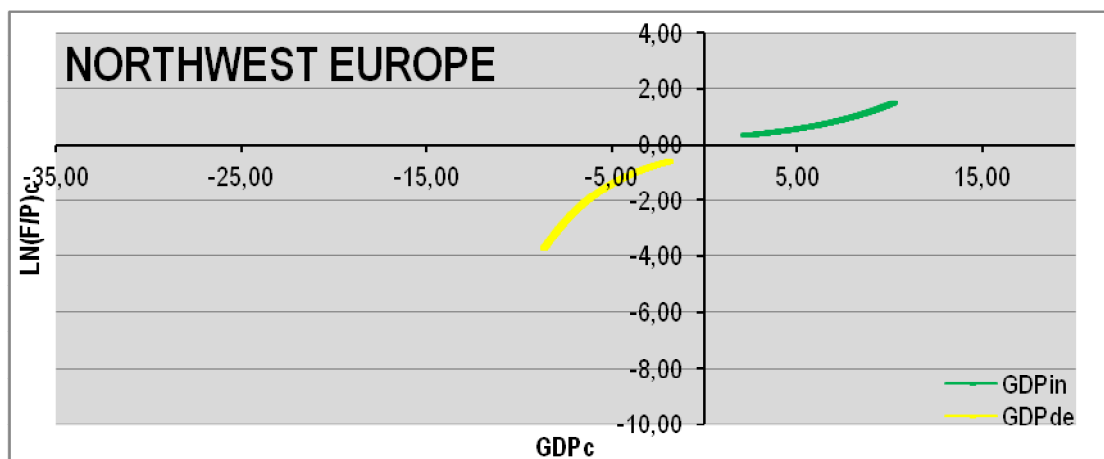
$$e_i = (\Delta Y_i / \Delta X_i) * (X_i / Y_i) = \beta_i * (X_i / Y_i)$$

όπου β_i ο συντελεστής της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής, X_i η τιμή της και Y_i η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής, όπως έχει προκύψει μετά την απολογαριθμοποίησή της. Για την εξαγωγή της τιμής της σχετικής επιρροής, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των παραπάνω τιμών.

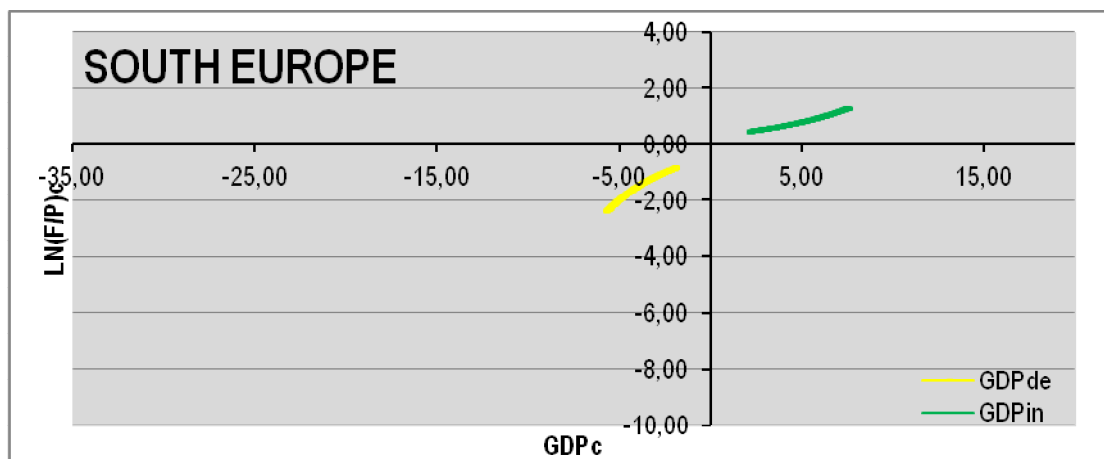
Ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών δίνεται ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη μεταβλητή, δηλαδή της αύξησης του Α.Ε.Π.. Επομένως, προέκυψε ότι **η μεταβλητή της μείωσης του Α.Ε.Π. του τρέχοντος έτους έχει 4,66 φορές μεγαλύτερη επιρροή από τη μεταβλητή της αύξησης του Α.Ε.Π..**

5.3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

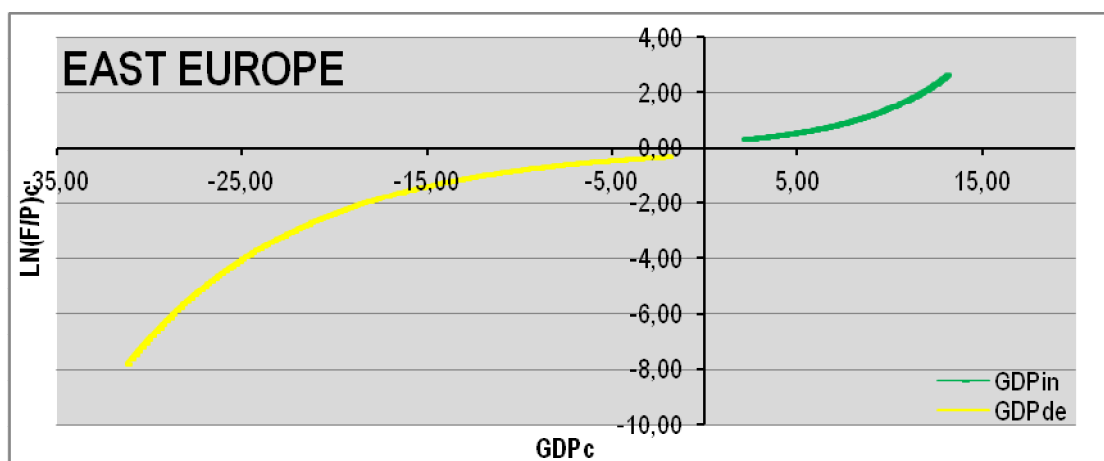
Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται ορισμένα διαγράμματα ευαισθησίας, που σχεδιάστηκαν με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή σε κάθε ομάδα κρατών.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.7 Διάγραμμα ευαισθησίας για την αύξηση και τη μείωση του Α.Ε.Π. στα βορειοδυτικά κράτη



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.8 Διάγραμμα ευαισθησίας για την αύξηση και τη μείωση του Α.Ε.Π. στα νότια κράτη



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.9 Διάγραμμα ευαισθησίας για την αύξηση και τη μείωση του Α.Ε.Π. στα ανατολικά κράτη

Στα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζεται η **ετήσια μεταβολή στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα** σε σχέση με την **ετήσια αύξηση του Α.Ε.Π.** (πράσινη γραμμή) και με την **ετήσια μείωση του Α.Ε.Π.** (κίτρινη γραμμή) για την κάθε ομάδα κρατών. Το διάγραμμα για παράδειγμα της αύξησης του Α.Ε.Π. προκύπτει εάν στην τελική εξίσωση διατηρώντας σταθερή την τιμή της μείωσης του Α.Ε.Π. και το σταθερό όρο, δίνονται τιμές στη μεταβλητή της αύξησης του Α.Ε.Π., μηδενίζοντας τις υπόλοιπες μεταβλητές εφόσον υπάρχουν. Πρέπει να σημειωθεί ότι παρ' όλο που η μεταβλητή της μείωσης του Α.Ε.Π. συμπεριλήφθηκε στο μοντέλο με την απόλυτη τιμή της, στα διαγράμματα ευαισθησίας λαμβάνεται υπόψη το πρόσημό της κι επιπλέον, η εξαρτημένη μεταβλητή επιλέγεται να απολογαριθμοποιηθεί, προκειμένου να είναι πιο εμφανής η επιρροή της εξαρτημένης μεταβλητής στη μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα παραπάνω διαγράμματα είναι τα εξής:

- Η ετήσια αύξηση του Α.Ε.Π. σχετίζεται θετικά με την ετήσια μεταβολή των νεκρών στα οδικά ατυχήματα και στις τρεις ομάδες κρατών, καθώς η γραφική παράσταση είναι αύξουσα. Αυτό αποδεικνύεται και από τα θετικά πρόσημα των συντελεστών, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.
- Η ετήσια μείωση του Α.Ε.Π. σχετίζεται αρνητικά με την ετήσια μεταβολή των νεκρών στα οδικά ατυχήματα και στις τρεις ομάδες κρατών, δηλαδή μεγαλύτερη κατά απόλυτη τιμή μείωση του Α.Ε.Π. συνεπάγεται μεγαλύτερη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.
- Τα ανατολικά κράτη-μέλη της Ε.Ε. έχουν εμφανίσει κατά την περίοδο 1991-2011 μεγαλύτερης τάξης μεταβολές του Α.Ε.Π. συγκριτικά με τα υπόλοιπα κράτη (κυρίως μεγαλύτερες ετήσιες μειώσεις του Α.Ε.Π.), με αποτέλεσμα να έχουν καταγράψει και μεγαλύτερες ετήσιες μεταβολές του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.
- Και στα τρία διαγράμματα η κλίση της γραφικής παράστασης που απεικονίζει την ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα σε σχέση με τη μείωση του Α.Ε.Π. είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη με την αύξηση του Α.Ε.Π., επομένως ο ρυθμός με τον οποίον επηρεάζει η μείωση του Α.Ε.Π. τη μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα είναι μεγαλύτερος σε σχέση με εκείνον της αύξησης του Α.Ε.Π..

5.4 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Προκειμένου να συγκριθούν τα μοντέλα και να εξαχθούν τα αντίστοιχα συμπεράσματα, συγκεντρώθηκαν τα αποτελέσματα των τεσσάρων μοντέλων σε έναν πίνακα. Παρακάτω παρουσιάζονται οι συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών του κάθε μοντέλου, καθώς και οι τιμές των t-tests με τους οποίους πραγματοποιήθηκε ο στατιστικός έλεγχος. Επιπλέον, παρουσιάζονται και η σχετική επιρροή της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής και η διακύμανση των υπολοίπων με τον αντίστοιχο στατιστικό έλεγχο.

Parameter	All countries				Northwest countries				Southern countries				Eastern countries			
	Estimate	t	Sig.	e _i [*]	Estimate	t	Sig.	e _i [*]	Estimate	t	Sig.	e _i [*]	Estimate	t	Sig.	e _i [*]
Intercept	-1,244	-5,983	0,000		-1,217	-7,193	0,000		-0,912	-4,250	0,000		-1,477	-4,218	0,000	
[Country= Eastern]	0,782	2,530	0,012													
GDP _{increase}	0,207	2,979	0,003	1,00	0,186	3,399	0,001	1,93	0,192	2,654	0,009	1,09	0,196	3,151	0,002	1,00
GDP _{decrease}	-0,336	-2,970	0,003	-7,00	-0,266	-3,192	0,002	-1,00	-0,274	-2,080	0,039	-1,00	-0,107	-2,373	0,019	-4,66
GDP _{decrease1}					-0,281	-3,394	0,001	-2,90								
[Country=Eastern]* GDP _{decrease}	0,230	1,931	0,054													
Parameter	Estimate	Wald Z	Sig.		Estimate	Wald Z	Sig.		Estimate	Wald Z	Sig.		Estimate	Wald Z	Sig.	
Residual	4,826	19,786	0,000		2,490	13,323	0,000		2,019	8,396	0,000		5,591	9,083	0,000	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.21 Συγκεντρωτικός πίνακας μοντέλων

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η μεταβλητή της μείωσης του Α.Ε.Π. παρουσιάζει μεγαλύτερη επιρροή από εκείνη της αύξησης του Α.Ε.Π. στην ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Μάλιστα, στο μοντέλο με το σύνολο των κρατών-μελών της Ε.Ε. η επιρροή αυτή είναι 7 φορές μεγαλύτερη.

Από τα μοντέλα των ομάδων των κρατών προέκυψε επίσης ότι η μεταβλητή της μείωσης του Α.Ε.Π. επηρεάζει τη μεταβολή του αριθμού των νεκρών περισσότερο από την αύξηση του Α.Ε.Π. τόσο στα βορειοδυτικά κράτη-μέλη της Ε.Ε. όσο και στα ανατολικά. Για την ακρίβεια, η μείωση του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή περίπου 1,5 φορά περισσότερο από την αύξηση του Α.Ε.Π. του τρέχοντος έτους στα βορειοδυτικά κράτη της Ε.Ε.. Στην ομάδα των ανατολικών κρατών η μείωση του Α.Ε.Π. του τρέχοντος έτους επηρεάζει την ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών πολύ περισσότερο από την αύξηση του Α.Ε.Π. σε σχέση με τις άλλες ομάδες κρατών, περίπου 4,5 φορές περισσότερο. Τέλος, στην ομάδα των νότιων κρατών η επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη είναι σχεδόν η ίδια.

5.5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 2008-2011

Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των ετήσιων μεταβολών του Α.Ε.Π. και των ετήσιων μεταβολών του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Διαπιστώθηκε δηλαδή ότι **οι ετήσιες διακυμάνσεις του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα «ακολουθούν» τις αντίστοιχες διακυμάνσεις του Α.Ε.Π.** Μάλιστα, στα βορειοδυτικά κράτη-μέλη της Ε.Ε. η ετήσια μείωση του Α.Ε.Π. συσχετίζεται με τη μείωση του αριθμού των νεκρών τόσο της ίδιας χρονιάς όσο και της επόμενης.

Τα αποτελέσματα αυτά εξήχθησαν από δεδομένα μιας μακράς χρονικής περιόδου, ώστε να ληφθούν υπόψη όλα τα είδη των ετήσιων επιδράσεων, από τις συστηματικές ετήσιες αυξήσεις του Α.Ε.Π. ως αποτέλεσμα της γενικότερης βελτίωσης του επιπέδου της οικονομικής κατάστασης των περισσότερων ευρωπαϊκών κρατών, μέχρι τις περιστασιακές ετήσιες μειώσεις του Α.Ε.Π. που έχουν παρατηρηθεί ως αποτέλεσμα κοινωνικοοικονομικών γεγονότων (π.χ. οικονομικές κρίσεις, όπως αυτές στις αρχές της δεκαετίας του '80 και από το 2008 κι έπειτα, οι πολιτικές αλλαγές στις ανατολικές ευρωπαϊκές χώρες στις αρχές της δεκαετίας του '90 κτλ.).

Μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων, θεωρήθηκε ενδιαφέρον να διερευνηθεί περισσότερο η κατάσταση της οικονομικής ύφεσης του 2008 στα εξεταζόμενα ευρωπαϊκά κράτη. Ο ακόλουθος πίνακας δείχνει την εξέλιξη του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα και του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. σε κάθε χώρα τη χρονική περίοδο 2007-2011.

	Νεκροί στα οδικά ατυχήματα					Κατά κεφαλήν Α.Ε.Π.				
	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
Βέλγιο	1071	944	942	840	843	38,27	38,61	37,51	38,29	39,14
Τσεχία	1221	1076	901	802	769	13,80	14,15	13,58	13,91	14,29
Γερμανία	4949	4477	4152	3648	4006	35,83	36,30	34,53	35,89	37,01
Εσθονία	196	132	100	79	101	12,48	11,92	10,33	10,58	11,31
Ιρλανδία	338	280	238	212	188	50,80	47,94	43,70	42,84	41,98
Ελλάδα	1612	1553	1456	1281	1100	24,79	25,01	24,46	23,34	22,16
Ισπανία	3823	3100	2714	2478	2298	26,92	26,74	25,53	25,38	25,41
Γαλλία	4620	4275	4273	3992	3969	35,11	34,88	33,73	34,05	34,42
Ιταλία	5131	4725	4237	3934	3941	30,95	30,31	28,55	28,78	28,86
Λιθουανία	740	499	370	300	299	8,61	8,88	7,60	7,72	8,15
Ουγγαρία	1232	996	822	739	639	11,15	11,26	10,52	10,66	10,97
Ολλανδία	709	677	644	640	550	41,92	42,55	40,69	41,20	41,71
Αυστρία	691	679	633	552	521	39,70	40,54	38,94	39,69	40,62
Πολωνία	5583	5437	4572	3907	4164	8,95	9,41	9,57	9,94	10,36
Πορτογαλία	974	885	840	845	782	18,72	18,66	18,14	18,34	17,97
Φινλανδία	380	344	279	272	290	41,69	42,05	38,55	39,92	41,44
Σουηδία	471	397	358	266	311	44,22	43,87	41,47	43,70	45,55
Ην.Βασίλειο	3059	2645	2222	1905	1998	39,29	39,02	36,90	37,15	37,32

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.22 Διαχρονική εξέλιξη του αριθμού των νεκρών και του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. ανά κράτος τη χρονική περίοδο 2007-2011

Παρατηρείται ότι από το 2007 κι έπειτα μια μικρότερη ή μεγαλύτερη μείωση του Α.Ε.Π. σημειώθηκε σε όλα τα κράτη ως αποτέλεσμα της οικονομικής ύφεσης. Την ίδια στιγμή, οι νεκροί στα οδικά ατυχήματα μειώνονται σε σημαντικό βαθμό, ενδεχομένως και ως αποτέλεσμα της μείωσης της κυκλοφορίας εξαιτίας της ύφεσης. Παρ' όλα αυτά, θα ήταν ενδιαφέρον να παρατηρήσει κανείς την πρόοδο των τελευταίων ετών, για παράδειγμα των δύο τελευταίων.

Σε αρκετές χώρες το **Α.Ε.Π. άρχισε να αυξάνεται ξανά μετά το 2009**. Στις περισσότερες από αυτές τις χώρες, παρατηρείται αύξηση στους νεκρούς στα οδικά ατυχήματα, κυρίως όχι την ίδια χρονιά (2010), αλλά την επόμενη (δηλαδή μετά από δύο συνεχόμενες ετήσιες αυξήσεις του Α.Ε.Π.), όπως για παράδειγμα στο Βέλγιο, στη Γερμανία, Εσθονία, Ιταλία, Φινλανδία, Σουηδία και στο Ηνωμένο Βασίλειο. Σε μερικές περιπτώσεις (π.χ. Ιταλία, Βέλγιο) η αύξηση του Α.Ε.Π. του 2010 ήταν πολύ μικρή κι επομένως, η αύξηση των νεκρών το 2010 ήταν επίσης πολύ μικρή.

Σε άλλες χώρες, κυρίως στις νότιες αλλά και στην Ιρλανδία, **το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. συνεχίζει να μειώνεται κατά την εξεταζόμενη περίοδο**, όπως επίσης και οι νεκροί στα οδικά ατυχήματα (Ελλάδα, Ιρλανδία, Ισπανία και Πορτογαλία). Είναι επομένως πιθανό ότι μόλις οι οικονομίες των χωρών αυτών αρχίσουν να επανακάμπτουν, ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα θα αρχίσει ίσως να αυξάνεται.

Παρατηρείται επίσης ότι υπάρχουν ορισμένες χώρες των οποίων η οικονομία έχει επανακάμψει από την ύφεση, αλλά ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα φαίνεται να έχει επηρεαστεί λιγότερο. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν χώρες των οποίων το Α.Ε.Π. άρχισε να αυξάνεται ξανά μετά το 2009, αλλά ο αριθμός των νεκρών συνέχισε να μειώνεται, όπως η Αυστρία, η Ολλανδία, η Ουγγαρία και η Τσεχία. Είναι απαραίτητη η παρακολούθηση των μελλοντικών εξελίξεων στις χώρες αυτές (ανάπτυξη και μέτρα οδικής ασφάλειας), η οποία θα επιτρέψει μια καλύτερη εικόνα για τη φύση αυτών των επιδράσεων.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η **διερεύνηση της επιρροής της μεταβολής του Α.Ε.Π. στα οδικά ατυχήματα** και συγκεκριμένα στην ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, ξεκίνησε η **βιβλιογραφική αναζήτηση** ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και παγκοσμίως, καθώς και των διαθέσιμων στοιχείων που ήταν απαραίτητα για τη συγκεκριμένη διερεύνηση.

Στη συνέχεια ακολούθησε η **συλλογή** των απαραίτητων για την εργασία στοιχείων από βάσεις δεδομένων διάφορων οργανισμών, όπως ο IRTAD, EUROSTAT, UNECE, OECD και USDA και αναπτύχθηκε η σχετική βάση δεδομένων. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν περιελάμβαναν τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, τον πληθυσμό και το κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Α.Ε.Π.) των 27 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη χρονική περίοδο 1975-2011.

Τη συλλογή των δεδομένων ακολούθησε η επεξεργασία τους προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη μεθοδολογία, αλλά και να κωδικοποιηθούν ώστε να εισαχθούν στο ειδικό στατιστικό λογισμικό. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το **Γραμμικό Μικτό Μοντέλο**. Αρχικά η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για το σύνολο των κρατών με εξαρτημένη μεταβλητή την ετήσια μεταβολή του φυσικού λογάριθμου του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού και ανεξάρτητες μεταβλητές την ετήσια αύξηση του Α.Ε.Π., την ετήσια μείωση του Α.Ε.Π. και την ομάδα των κρατών. Οι ομάδες των κρατών προέκυψαν από την κατάταξη των κρατών-μελών της Ε.Ε. ανάλογα με τη γεωγραφική τους θέση, καθώς παρατηρήθηκε ότι παρουσίαζαν σε γενικές γραμμές κοινά χαρακτηριστικά ως προς την εξέλιξη των ατυχημάτων και την οικονομική ευημερία. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν τρία διαφορετικά μοντέλα, τα οποία περιελάμβαναν ως εξαρτημένη μεταβλητή την ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα και ως ανεξάρτητες τη μείωση και αύξηση του Α.Ε.Π. για τις ομάδες των ανατολικών και νότιων κρατών, ενώ για τα βορειοδυτικές κράτη-μέλη τη μείωση και αύξηση του Α.Ε.Π. και τη μείωση του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η επιλογή των μοντέλων, τόσο για το σύνολο των κρατών όσο και για την κάθε ομάδα ξεχωριστά, έγινε έπειτα από αρκετές δοκιμές συνδυασμών ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών. Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε η ανάπτυξη και επεξήγηση των τελικών μοντέλων που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία, αφού πρώτα ελέγχθηκε κατά πόσο αυτά πληρούν τους απαραίτητους στατιστικούς ελέγχους. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα αποτελέσματα των μοντέλων.

	All countries				Northwest countries				Southern countries				Eastern countries			
Parameter	Estimate	t	Sig.	e _i [*]	Estimate	t	Sig.	e _i [*]	Estimate	t	Sig.	e _i [*]	Estimate	t	Sig.	e _i [*]
Intercept	-1,244	-5,983	0,000		-1,217	-7,193	0,000		-0,912	-4,250	0,000		-1,477	-4,218	0,000	
[Countryg= Eastern]	0,782	2,530	0,012													
GDP _{increase}	0,207	2,979	0,003	1,00	0,186	3,399	0,001	1,93	0,192	2,654	0,009	1,09	0,196	3,151	0,002	1,00
GDP _{decrease}	-0,336	-2,970	0,003	-7,00	-0,266	-3,192	0,002	-1,00	-0,274	-2,080	0,039	-1,00	-0,107	-2,373	0,019	-4,66
GDP _{decrease1}					-0,281	-3,394	0,001	-2,90								
[Countryg=Eastern]* GDP _{decrease}	0,230	1,931	0,054													
Parameter	Estimate	Wald Z	Sig.		Estimate	Wald Z	Sig.		Estimate	Wald Z	Sig.		Estimate	Wald Z	Sig.	
Residual	4,826	19,786	0,000		2,490	13,323	0,000		2,019	8,396	0,000		5,591	9,083	0,000	

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 τέθηκε αρχικά. Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής των μαθηματικών μοντέλων, τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Και από τα τέσσερα μοντέλα που αναπτύχθηκαν διαπιστώθηκε ότι η **ετήσια αύξηση του Α.Ε.Π. συσχετίζεται με την αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**. Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι η **ετήσια μείωση του Α.Ε.Π. συσχετίζεται με τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**.
2. Η συσχέτιση αυτή της μεταβολής του Α.Ε.Π. με τη μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα εξηγείται ενδεχομένως αν θεωρήσει κανείς ότι η μεταβολή της οικονομικής κατάστασης μιας χώρας μπορεί να επιφέρει **μεταβολή των κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών**. Για παράδειγμα, σε περίοδο οικονομικής κρίσης, η οποία συνοδεύεται από μείωση του εισοδήματος των πολιτών, αλλά και από πιθανή αύξηση των τιμών των καυσίμων, ο κυκλοφοριακός φόρτος μειώνεται. Επιπλέον, για τους παραπάνω λόγους είναι πιθανό να μειώνονται τα ταξίδια αναψυχής και άρα οι διανυόμενες αποστάσεις, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αριθμός των ατυχημάτων, αλλά και να κυκλοφορούν λιγότεροι ευάλωτοι χρήστες της οδού (νέοι, ηλικιωμένοι οδηγοί κλπ), οι οποίοι είναι συνήθως και οικονομικά ασθενέστεροι. Είναι επίσης πιθανό σε μία τέτοια περίοδο να αλλάζει και η οδηγική συμπεριφορά των πολιτών, οι οποίοι είτε μειώνουν την ταχύτητα κυκλοφορίας προκειμένου να κάνουν οικονομία στην κατανάλωση καυσίμων, είτε είναι πιο προσεκτικοί και ακολουθούν πιστά τους κανόνες οδικής κυκλοφορίας προκειμένου να αποφύγουν την επιβολή προστίμων.
3. Όπως προκύπτει από τα παραπάνω μοντέλα **η επιρροή της μεταβολής του Α.Ε.Π. στην ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα διαφέρει ανάλογα με την ομάδα των κρατών που εξετάζεται**. Δεδομένων των σημαντικών διαφορών ανάμεσα στις ομάδες των ευρωπαϊκών κρατών στο μέγεθος του Α.Ε.Π. αλλά και στο εύρος των ετήσιων μεταβολών του, είναι επόμενο η μεταβολή του Α.Ε.Π. να επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο τα οδικά ατυχήματα στις ομάδες αυτές.
4. Στην ομάδα των βορειοδυτικών κρατών διαπιστώθηκε επιπλέον ότι η **μείωση του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους συσχετίζεται με τη μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**. Πρέπει να σημειωθεί ότι διερευνήθηκε η επιρροή της μείωσης και της αύξησης του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους στα οδικά ατυχήματα σε όλες τις ομάδες των κρατών, καθώς και στο σύνολο των κρατών-μελών της Ε.Ε., αλλά η συσχέτιση αυτή προέκυψε στατιστικά σημαντική μόνο για τα βορειοδυτικά κράτη. Αυτό ίσως οφείλεται στην ικανότητα των ισχυρότερων οικονομιών να απορροφούν για ένα χρονικό διάστημα τα αποτελέσματα των οικονομικών κρίσεων.
5. Η **επιρροή της μείωσης του Α.Ε.Π. στη μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη επιρροή της**

αύξησης του Α.Ε.Π. Πιο συγκεκριμένα, στην ομάδα των βορειοδυτικών κρατών η επιρροή της μείωσης του Α.Ε.Π. του προηγούμενου έτους στη μεταβολή του αριθμού των νεκρών είναι μεγαλύτερη από την επιρροή τόσο της μείωσης όσο και της αύξησης του Α.Ε.Π. που καταγράφεται κατά το ίδιο έτος. Στην ομάδα των ανατολικών κρατών η επιρροή της μείωσης του Α.Ε.Π. είναι αρκετά μεγαλύτερη από εκείνη της αύξησης, ενώ στην ομάδα των νότιων κρατών είναι περίπου ίδια.

6. Η **ομάδα των ανατολικών κρατών** διαπιστώθηκε ότι **συμβάλλει περισσότερο στην ετήσια μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα για το σύνολο των κρατών**, συγκριτικά με τα βορειοδυτικά κράτη. Αντίθετα, η επιρροή των νότιων κρατών-μελών της Ε.Ε. δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση από εκείνη των βορειοδυτικών κρατών. Αυτό ίσως συμβαίνει διότι τα ανατολικά κράτη έχουν καταγράψει κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης μεγαλύτερης τάξης αυξομειώσεις του Α.Ε.Π. και κατ' επέκταση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Μάλιστα, η ετήσια μείωση του Α.Ε.Π. που έχει καταγραφεί στα ανατολικά κράτη επηρεάζει περισσότερο τη μεταβολή του συνολικού αριθμού των ατυχημάτων που καταγράφονται στα κράτη-μέλη της Ε.Ε..
7. Επιδιώκοντας τη **διερεύνηση της επιρροής του κάθε κράτους** στη μεταβολή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στα μοντέλα των επιμέρους ομάδων κρατών, δεν προέκυψε κάποια στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση από κράτος σε κράτος. Αυτό ίσως οφείλεται στην ομαδοποίηση των κρατών με βάση κοινά χαρακτηριστικά τους ως προς την οδική ασφάλεια και την οικονομική ευημερία.
8. Η **υποδιαίρεση του συνόλου των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε τρεις ομάδες** με βάση κοινά χαρακτηριστικά γεωγραφίας, οικονομίας και οδικής ασφάλειας αποτελεί μια κατάλληλη μέθοδο προσέγγισης της επιρροής της μεταβολής της οικονομικής κατάστασης κάθε ομάδας κρατών στην οδική ασφάλεια.
9. Η μέθοδος του **Γραμμικού Μικτού Μοντέλου** είναι κατάλληλη για την ανάλυση παραμέτρων οδικών ατυχημάτων σε σχέση με οικονομικούς παράγοντες. Τα τελικά μαθηματικά μοντέλα, τα οποία αναπτύχθηκαν με τη χρήση της μεθόδου αυτής, θεωρούνται γενικά αξιόπιστα, αφού είχαν καλή προσαρμογή στα δεδομένα.
10. Τα παραπάνω συμπεράσματα έχουν προκύψει από στατιστική ανάλυση δεδομένων για τη χρονική περίοδο 1975-2011 για το σύνολο των κρατών-μελών της Ε.Ε. και τις ομάδες των βορειοδυτικών και νότιων κρατών και για τη χρονική περίοδο 1991-2011 για την ομάδα των ανατολικών κρατών. Τα παραπάνω δείγματα κρίνονται ως επαρκή κι επομένως **τα αποτελέσματα μπορούν να γενικευτούν** ικανοποιητικά σε οικονομικές συνθήκες παρόμοιες με εκείνες που επικρατούσαν στην Ε.Ε. τα τελευταία 40 χρόνια.

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 των οικονομικών παραγόντων κατά τη φάση της αξιολόγησης της εφαρμογής του προγράμματος αυτού, ώστε να μπορούν να απομονώνουν την επιρροή των συγκεκριμένων μέτρων που εφαρμόστηκαν.

Επιπλέον, οι αρμόδιοι φορείς και τα όργανα λήψης αποφάσεων, στην προσπάθειά τους να μειωθεί ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων, θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη και την επιρροή μακροσκοπικών χαρακτηριστικών (π.χ. Α.Ε.Π., κοινωνία). Με αυτόν τον τρόπο θα είναι σε θέση να θέτουν τους σωστούς στόχους, οι οποίοι θα οδηγήσουν σε επιδόσεις οδικής ασφάλειας καλύτερες από τις αναμενόμενες και θα μπορούν να συγκριθούν σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Θα πρέπει, επομένως, η μείωση του αριθμού των ατυχημάτων που παρατηρείται σε περιόδους οικονομικής ύφεσης να μην αποτελεί καθησυχαστικό παράγοντα για τους αρμόδιους φορείς, αλλά να λαμβάνεται υπόψη η επιρροή της οικονομικής κατάστασης της χώρας και να εφαρμόζονται μέτρα που θα στοχεύουν στην περαιτέρω μείωση τόσο του αριθμού όσο και της σοβαρότητας των ατυχημάτων.

6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας μελετήθηκε η επιρροή της μεταβολής του Α.Ε.Π. στα οδικά ατυχήματα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τόσο στο σύνολο τους όσο και σε επιλεγμένες ομάδες. Αρκετά ενδιαφέροντα θα ήταν η **επέκταση της συγκεκριμένης έρευνας με επιπλέον μεταβλητές**, όπως τα ποσοστά ανεργίας της κάθε χώρας, οι τιμές αλλά και η κατανάλωση καυσίμων, η κατανάλωση αλκοόλ, καθώς και ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI).

Ένα ακόμα βήμα περαιτέρω έρευνας θα ήταν η διεξαγωγή της ίδιας ανάλυσης σε **μεγαλύτερο αριθμό χωρών**, που θα περιλαμβάνει δηλαδή και χώρες εκτός Ε.Ε., με στόχο να διερευνηθεί η επιρροή της μεταβολής του Α.Ε.Π. στα οδικά ατυχήματα αυτών και να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις. Με αυτόν τον τρόπο θα ελεγχθεί εάν η οικονομική παράμετρος που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία έχει την ίδια βαρύτητα παγκοσμίως.

Επιπλέον, σε επόμενη φάση θα μπορούσε να γίνει διερεύνηση της συσχέτισης της μεταβολής του Α.Ε.Π. και του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα με χρήση **άλλων στατιστικών μεθόδων**, όπως με κάποια μέθοδο ανάλυσης χρονοσειρών.

Τέλος, η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας θα μπορούσε να **επαναληφθεί μετά από λίγα χρόνια**, όπου περισσότερα στοιχεία θα είναι διαθέσιμα, ώστε να επαληθευτεί η ισχύς των αποτελεσμάτων, αλλά

και να αξιολογηθούν καλύτερα οι επιπτώσεις της τρέχουσας οικονομικής ύφεσης στην οδική ασφάλεια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Beaumont R., 2012. Analyzing repeated measures with Linear Mixed Models (Random Effects Models). www.robin-beaumont.co.uk
2. Chapman R.A., 1971. Number of accidents per Day and Times between Accidents. Traffic Engineering and Control. 12(2), pp.82-84
3. ERSO- European Road Safety Observatory. www.erso.eu
4. ETSC- European Transport Safety Council (2012). A challenging start towards the EU 2020 Road Safety Target. 6th Road Safety PIN Report, ETSC, Brussels, June 2012.
5. Eurostat, 2003. Panorama of transport: statistical overview of transport in the European Union: European Commission data 1970-2000. Luxembourg: Office for official Publications of the European Communities, 2003.
6. Hedlund J., Arnold R., Cerrelli E., Partyka S., Hoxie P., Skinner D., 1984. An Assessment of the 1982 Traffic Fatality Decrease. Accident Analysis and Prevention, Vol:16, No. 4, pp.247-261
7. Hojati T.A., Charles P., Ferreira L., Bin Kabit M.R., 2011. An analysis of traffic incidents on an Australian Urban road network. Australian Transport Research Forum Proceedings, Adelaide, Australia.
8. IRTAD-International Traffic Safety Data and Analysis Group (2012). Road Safety Annual Report 2011. OECD/International Transport Forum, 2012.
9. Koornstra M., 2007. Prediction of traffic fatalities and prospects for mobility becoming sustainable-safe. SWOV Research.
10. Lassarre S., 2001. Analysis of progress in road safety in ten European countries. Accident Analysis and Prevention, 33, pp. 743-751
11. Page Y., 2001. A statistical model to compare road mortality in OECD countries. Accident Analysis and Prevention, 33, pp. 371-385
12. Partyka S., 1984. Simple Models of Fatality Trends using Employment and Population data. Accident Analysis and Prevention, Vol:16, No 3, pp.211-222
13. Reinfurt D.W., Stewart J.R., Weaver N.L., 1991. The Economy as a Factor in Motor Vehicle Fatalities, Suicides and Homicides. Accident Analysis and Prevention, Vol:23, Issue:5, Dated: (1991), pp:453-462
14. Seltman H., 2012. Experimental Design For Behavioral and Social Sciences, Chapter 15 (Mixed Models). Online textbook (<http://www.stat.cmu.edu/~hseltman/309/Book/>), Cornegie Mellon University, Pittsburgh.

15. Tihansky D.P., 1974. Impact of the energy crisis on traffic accidents, *Accident Analysis and Prevention*, Vol:8, pp. 481-492
16. Wagenaar A.C., 1984. Effects of macroeconomic conditions on the incidence of motor vehicle accidents. *Accident Analysis and Prevention*, Vol:16, Issue:3, pp. 191-205
17. Werf J., 2003. Introduction to Mixed Models, notes for Models and Methods for Genetic Analysis, University of New England
18. WHO- World Health Organization. www.who.int/en
19. Yannis G., Koornstra M., 2006. Road Accident Data in the enlarged European Union-Learning from each other. ETSC, Best in Europe Conference 2006, Brussels
20. Yannis G., Antoniou C., Papadimitriou E., Katsochis D., 2011. When may road fatalities start to decrease? *Journal of Safety Research*, 42(1), pp.17-25
21. Yannis G., Antoniou C., Papadimitriou E., 2011. Autoregressive nonlinear time-series modeling of traffic fatalities in Europe. *Eur. Transp. Res. Rev.* (2011) pp.113–127
22. Zahavi Y., 1962. The problem of Accident Distribution. *Traffic Quarterly*. 16(4), pp.540-548
23. Αργυράκη Β., Βανιώτου Μ., Γιαννής Γ., Ευαγγελίδης Δ., Παπαδημητρίου Σ., Σακκή Μ., Σαφλιάνη –Πολίτη Χ., Σεκόπουλος Ν., 1994. Οι θέσεις του Τ.Ε.Ε. για τα οδικά ατυχήματα. Τ.Ε.Ε., Αθήνα.
24. Γιαννής Γ., Πνευματικού Α., 2004. Διαχρονική εξέλιξη βασικών παραμέτρων οδικής ασφάλειας σε επιλεγμένες ομάδες Ευρωπαϊκών κρατών. Διπλωματική Εργασία, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
25. Γιαννής Γ., Τσουμάνη Α., 2006. Συσχετίσεις μακροσκοπικών παραμέτρων οδικής ασφάλειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, Διπλωματική Εργασία, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
26. Κοκολάκης Γ., Σπηλιώτης Ι., 1990. Εισαγωγή στη θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική. Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα.
27. Κοκολάκης Γ., 2004. Σημειώσεις Ανάλυσης Χρονοσειρών. Τομέας Μαθηματικών, ΣΕΜΦΕ, Ε.Μ.Π., Αθήνα
28. Κουγιουμτζής Δ., 2011. Χρονικές Σειρές. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
29. Κουντούρη Φ., 2008. Χρονολογικές σειρές. *Econometric Lectures*, Ο.Π.Α., Αθήνα.

30. Μιμίκου Μ.Α., 2006. Τεχνολογία Υδατικών Πόρων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
31. Προφυλλίδης Β., Μποτζώρης Γ., 2005. Ανάλυση και μοντελοποίηση των παραμέτρων οδικής ασφάλειας. 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Πάτρα, 2005.
32. Σ.Ε.Σ.-Σύλλογος Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων, 2012. Οι θέσεις του Σ.Ε.Σ. για την Οδική Ασφάλεια στην Ελλάδα.
33. Σταθόπουλος Α., Καρλαύτης Μ., 2008. Σχεδιασμός Μεταφορικών Συστημάτων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
34. Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., 2003. Ανάπτυξη στρατηγικού σχεδίου για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα 2001-2005, εξειδίκευση δράσεων. Τ.Μ.Σ.Υ., Ε.Μ.Π., Αθήνα.
35. Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., 2005. Ανάπτυξη στρατηγικού σχεδίου για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα 2006-2010. Τ.Μ.Σ.Υ., Ε.Μ.Π., Αθήνα.
36. Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., 2011. Ανάπτυξη στρατηγικού σχεδίου για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα 2011-2020. Τ.Μ.Σ.Υ., Ε.Μ.Π., Αθήνα.
37. Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γκόλιας Ι.Κ., 1994. Οδική Ασφάλεια. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
38. Χρήστου Γ.Κ., 2002. Εισαγωγή στην Οικονομετρία (τόμοι Α και Β). Εκδόσεις Δαρδανός Ο.Ε./ Gutenberg, Αθήνα.