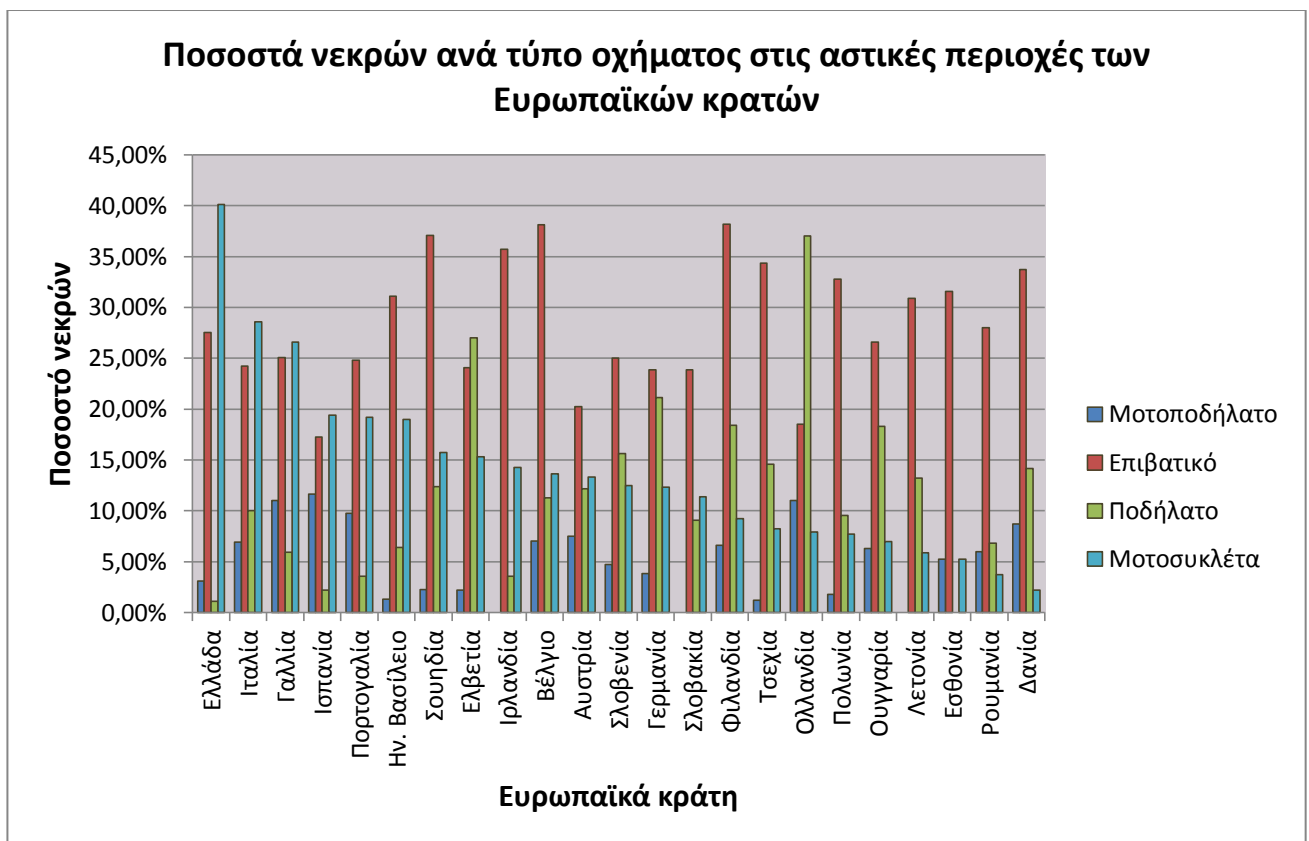




ΠΟΛΥΕΠΙΠΕΔΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ



ΧΟΥΣΤΟΥΛΑΚΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Αναπληρωτής καθηγητής ΕΜΠ
Αθήνα, Μάρτιος 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γιώργο Γιαννή, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, τόσο για την επιλογή του θέματος όσο και για την πολύτιμη καθοδήγησή του και την πολύ δημιουργική συνεργασία κατά την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Παράλληλα ευχαριστήσω τον κ. Ι. Γκόλια, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ και την κ. Ε. Βλαχογιάννη, Λέκτορα της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ για τις εύστοχες και χρήσιμες παρατηρήσεις τους πάνω στη Διπλωματική Εργασία.

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.

Ακόμη, ευχαριστώ τον κ. Παναγιώτη Παπαντωνίου, Υποψήφιο Διδάκτορα, για τη βοήθεια σε θέματα που αφορούσαν στη χρήση της βάσης δεδομένων CARE.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου για την ηθική στήριξη που μου προσέφερε κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Μάρτιος 2013
Ελευθερία Χουστουλάκη

ΠΟΛΥΕΠΙΠΕΔΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ

Ελευθερία Χουστουλάκη

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

ΣΥΝΟΨΗ:

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η πολυεπίπεδη ανάλυση των χαρακτηριστικών των οδικών ατυχημάτων στις αστικές περιοχές της Ευρώπης. Για την ανάλυση αναπτύχθηκε βάση δεδομένων που περιελάμβανε στοιχεία για τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, τα χαρακτηριστικά του οδηγού, του οδικού περιβάλλοντος και του τύπου οχήματος, το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π., τον πληθυσμό στις αστικές περιοχές και τον στόλο οχημάτων για 24 Ευρωπαϊκά κράτη για το έτος 2009. Αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν απλά και πολυεπίπεδα μοντέλα Poisson. Τα αποτελέσματα οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση της πολυεπίπεδης ανάλυσης σε δεδομένα με ιεραρχική δομή και ένθετες δομές δεδομένων, όπως τα δεδομένα ατυχημάτων στις αστικές περιοχές της Ευρώπης, είναι απαραίτητη για την σωστή εκτίμηση της επιρροής των παραμέτρων. Από την ανάλυση σε δεύτερο επίπεδο προέκυψε διαφοροποίηση στον αριθμό των νεκρών στις διάφορες Ευρωπαϊκές αστικές περιοχές κράτη συναρτώμενη από τα επιμέρους χαρακτηριστικά των αστικών περιοχών αυτών. Επιπλέον η εφαρμογή των μοντέλων αυτών οδήγησε στον προσδιορισμό της επιρροής των διαφόρων χαρακτηριστικών όπως οι καιρικές συνθήκες, το είδος οχήματος και η ηλικία του νεκρού στον αριθμό των νεκρών στις διάφορες αστικές περιοχές των Ευρωπαϊκών κρατών.

Λέξεις-Κλειδιά: πολυεπίπεδη ανάλυση, πολυεπίπεδα μοντέλα Poisson, αστικές περιοχές Ευρώπης

Multilevel analysis of road accident characteristics in urban areas in Europe

Eleftheria Choustoulaki

Supervisor: George Yannis, Associate Professor NTUA

ABSTRACT:

The objective of this Diploma Thesis is the multilevel analysis of road accident characteristics in urban areas in Europe. For this analysis a database was developed containing, road fatalities, characteristics of the driver, the road environment and the vehicle, GDP per capita, population in urban areas and vehicle fleet for 24 European countries for the year 2009. Simple and multilevel models were developed and applied. The results led to the conclusion that the use of hierarchical data structures and nested data structures, for data concerning accident in urban areas of Europe is necessary for the correct estimation of the parameters impact. From the second level analysis a differentiation in the number of fatalities in the various European urban areas was found, depending on the specific characteristics of these areas. Moreover the application of these models led to the identification of the impact of various parameters such as weather conditions, vehicle type, fatality age. on the number of fatalities in the various urban areas of the European countries.

Keywords: multilevel analysis, multilevel Poisson model, urban areas in Europe

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **πολυεπίπεδη ανάλυση χαρακτηριστικών οδικών ατυχημάτων στις αστικές περιοχές της Ευρώπης**, με χρήση πολυεπίπεδων μοντέλων Poisson.

Αφού μελετήθηκαν τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, προέκυψε ότι τα **δεδομένα** για την περαιτέρω ανάλυση, είναι εκείνα που συλλέγονται από τη βάση δεδομένων CARE και την EUROSTAT και αναπτύχθηκε η σχετική βάση δεδομένων. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν περιελάμβαναν τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, χαρακτηριστικά του οδικού περιβάλλοντος, του οδηγού και του οχήματος, τον πληθυσμό στις αστικές περιοχές, το κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Α.Ε.Π.) και τον στόλο οχημάτων 24 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το έτος 2009.

Για τη **στατιστική επεξεργασία των στοιχείων** καθώς και την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων σε ότι αφορά στον αριθμό των νεκρών, επιλέχθηκε η ανάπτυξη και η εφαρμογή της πολυεπίπεδης ανάλυσης Poisson.

Η ανάλυση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας **έγινε σε δύο επίπεδα**. Στο πρώτο επίπεδο γίνεται ανάλυση των χαρακτηριστικών των οδικών ατυχημάτων στις αστικές περιοχές ολόκληρης της Ευρώπης, ενώ στο δεύτερο επίπεδο η ανάλυση αφορά στη διερεύνηση της επιρροής των ίδιων χαρακτηριστικών στις αστικές περιοχές κάθε Ευρωπαϊκού κράτους ξεχωριστά. Αρχικά δημιουργήθηκε ένα μοντέλο με εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές των κρατών, τον λογάριθμο του πληθυσμού στις αστικές περιοχές και ως μεταβλητή μόνο τη σταθερά η οποία εξετάστηκε και στα δύο επίπεδα. Παρατηρήθηκε ότι η σταθερά ήταν στατιστικά σημαντική και στα δύο επίπεδα, άρα υπήρχε επιμέρους εξάρτηση των δεδομένων από τις αστικές περιοχές κάθε κράτους, επομένως μπορούσε να γίνει ανάλυση των χαρακτηριστικών και στα δύο επίπεδα.

Το πρώτο μοντέλο που αναπτύχθηκε είχε εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές των κρατών και όλες τις στατιστικά σημαντικές μεταβλητές, κάποιες από αυτές αναλυθήκαν και στα δύο επίπεδα (όπως η σταθερά και οι πεζοί). Το δεύτερο μοντέλο που έχει και πάλι ως εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των νεκρών και ως ανεξάρτητη μεταβλητή μόνο τα κράτη εξετάζει σε ποια κράτη διαφέρει αρκετά ο αριθμός των νεκρών σε σχέση με την Αυστρία που έχει επιλεγεί ως χώρα αναφοράς. Το τελευταίο μοντέλο δείχνει την **επιμέρους επιρροή του στόλου οχημάτων σε κάθε κράτος ξεχωριστά**.

Στον πίνακα 6.1 που ακολουθεί παρατίθενται τα αποτελέσματα των μοντέλων.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΝΕΚΡΩΝ		
	β	s.e	t
FIXED EFFECTS			
Σταθερά	-14,375	0,211	-68,128
Καιρικές συνθήκες			
Βροχή	-1,178	0.058	-20,31
Άλλο	-1,235	0.067	-18,433
Συνθήκες φωτισμού			
Φως ημέρας	0,343	0.034	10,088
Σούρουπο, Αυγή	-0,715	0.074	-9,662
Άλλο	0,519	0.192	2,703
Τύπος οχήματος			
Επιβατικό όχημα	0,732	0.071	10,31
Ποδήλατο	0,288	0.080	3,6
Πεζός	0,584	0.186	3,14
Μοτοσυκλέτα	0,789	0.075	10,52
Άλλο	-0,19	0,096	-1,979
Ηλικία			
20-29	0,574	0.057	10,07
30-59	0,405	0.052	7,788
>59	0,466	0.053	8,792
Φύλο			
Γυναίκα	-0,503	0.036	-13,972
Στόλος οχημάτων	-0,037	0,007	-5,286
RANDOM EFFECTS			
Level 2-Χώρες			
σ^2_{u0} (σταθερά)	0,672	0,207	3,246
σ^2_{u1} (πεζός)	0,614	0,204	3,01
Υπερδιασπορά	4,116	0,105	39,2
Βαθμοί ελευθερίας	16		
-2loglikelihood	17540,9		

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΝΕΚΡΩΝ					
	β	s.e.	t	ΣΤΟΛΟΣ		
	β	s.e.	t	β	s.e.	T
FIXED EFFECTS						
Σταθερά	-14,301	0,22	-65,005	-14,301	0,22	-65,005
Βέλγιο	-0,481	0,291	-1,653	-0,074	0,044	-1,682
Βουλγαρία	0,734	0,251	2,924	0,233	0,080	2,913
Τσεχία	0,134	0,273	0,491	0,023	0,046	0,500
Δανία	0,310	0,373	0,831	0,105	0,126	0,833
Εσθονία	1,279	0,735	1,740	0,503	0,289	1,740
Φιλανδία	0,661	0,398	1,661	0,178	0,107	1,664
Γαλλία	-1,224	0,235	-5,209	-0,031	0,006	-5,167
Γερμανία	-1,719	0,235	-7,315	-0,035	0,005	-7,000
Ελλάδα	0,367	0,248	1,480	0,045	0,031	1,452
Ουγγαρία	0,359	0,276	1,301	0,098	0,076	1,289
Ιρλανδία	0,383	0,445	0,861	0,155	0,180	0,861
Ιταλία	-0,528	0,230	-2,296	-0,011	0,005	-2,200
Λετονία	1,000	0,445	2,247	0,920	0,409	2,249
Ολλανδία	-1,049	0,292	-3,592	-0,108	0,030	-3,600
Πολωνία	-0,363	0,229	-1,585	-0,016	0,010	-1,600
Πορτογαλία	-0,121	0,268	-0,451	-0,020	0,044	-0,455
Ρουμανία	0,106	0,231	0,459	0,026	0,057	0,456
Σλοβακία	0,865	0,328	2,637	0,434	0,164	2,646
Σλοβενία	1,936	0,423	4,577	1,526	0,333	4,583
Ισπανία	-1,326	0,252	-5,262	-0,040	0,008	-5,000
Σουηδία	0,608	0,377	1,613	0,108	0,067	1,612
Ελβετία	-0,123	0,331	-0,372	-0,023	0,061	-0,377
Ην. Βασίλειο	-1,696	0,238	-7,126	-0,048	0,007	-6,857
Υπερδιασπορά	8,366	0,212	39,462	8,366	0,212	39,462
Βαθμοί ελευθερίας	24			24		
-2loglikelihood	19597,8			19597,8		

Τα αποτελέσματα της παραπάνω ανάλυσης οδήγησαν σε μια σειρά συμπερασμάτων όπως εκείνα που παρουσιάζονται παρακάτω.

1. Σε δεδομένα με ιεραρχική δομή και ένθετες δομές δεδομένων, όπως στον τομέα της οδικής ασφάλειας είναι απαραίτητη η πολυεπίπεδη ανάλυση, διότι αν αγνοηθεί ίσως θα υπάρξουν προβλήματα, όπως για παράδειγμα να υποτιμηθούν τα τυπικά σφάλματα και ως εκ τούτου να θεωρηθεί σημαντικό ένα αποτέλεσμα που στην πραγματικότητα οφείλεται στην τυχαιότητα των δεδομένων.
2. Από την ανάλυση σε δεύτερο επίπεδο προέκυψε διαφοροποίηση στον αριθμό των νεκρών στα διάφορα Ευρωπαϊκά κράτη όπου αυτό καταδεικνύει ότι **ο αριθμός των νεκρών στις αστικές περιοχές της Ευρώπης εξαρτάται από τα επιμέρους χαρακτηριστικά των αστικών περιοχών** των κρατών αυτών.
3. Προέκυψε επίσης, **διαφοροποίηση της επιρροής του στόλου των οχημάτων στον αριθμό των νεκρών** ανάμεσα στις αστικές περιοχές των διαφόρων κρατών, που ως χαρακτηριστικό των περιοχών εξηγεί εν μέρει την σχετική διακύμανση στον αριθμό των νεκρών στις περιοχές αυτές.
4. Από την πολυεπίπεδη ανάλυση προέκυψε ότι **η επιρροή της υπομεταβλητής “πεζός” στον αριθμό των νεκρών διαφοροποιείται ανάλογα τα χαρακτηριστικά των διαφόρων αστικών περιοχών.**
5. Φάνηκε επίσης ότι, **κατά τη διάρκεια βροχής μειώνεται ο αριθμός των νεκρών στις αστικές περιοχές** που πιθανώς οφείλεται αφενός στο ότι στη βροχή κυκλοφορούν λιγότερα οχήματα και αφετέρου στην ελάττωση της ταχύτητας των οχημάτων σε συνθήκες βροχής.
6. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, **αυξάνεται ο αριθμός των νεκρών στις αστικές περιοχές σε σχέση με την νύχτα και το σούρουπο ή την αυγή.** Η επιρροή αυτή φαίνεται αναμενόμενη καθώς κατά τη διάρκεια της ημέρας κυκλοφορούν περισσότερα οχήματα και το φως ημέρας αυξάνει την ορατότητα των οδηγών και οι οδηγοί τείνουν να οδηγούν αναλαμβάνοντας περισσότερους κινδύνους.
7. Όσον αφορά στον **τύπο οχήματος**, όλοι οι τύποι εκτός από τα λεωφορεία και τα φορτηγά οδηγούν σε **αύξηση του αριθμού των νεκρών στις**

αστικές περιοχές, με μεγαλύτερη επιρροή των μοτοσυκλετών λόγω της μεγάλης έκθεσης σε κίνδυνο που παρουσιάζουν και των επιβατικών οχημάτων λόγω του μεγάλου αριθμού τους.

8. Ο **αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα αυξάνεται όσο περισσότεροι πεζοί εμπλέκονται σ' αυτά**. Το αποτέλεσμα αυτό φαίνεται αναμενόμενο καθώς οι πεζοί είναι από τους πιο ευάλωτους χρήστες της οδού καθώς η εμπλοκή τους σε οδικό ατύχημα έχει αυξημένη πιθανότητα θανάτου.
9. Ο αριθμός των νεκρών σε αστικές περιοχές είναι αυξημένος για τις **ηλικιακές ομάδες 20-29**. Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι οδηγοί αυτής της ηλικιακής ομάδας κυκλοφορούν αναλαμβάνοντας περισσότερους κινδύνους.
10. Ο αριθμός των νεκρών σε αστικές περιοχές **μειώνεται όταν εμπλέκονται γυναίκες** πιθανώς επειδή κυκλοφορούν περισσότεροι άνδρες οδηγοί αλλά και διότι οι γυναίκες έχουν λιγότερο επιθετική συμπεριφορά.
11. Η **αύξηση του στόλου οχημάτων στις αστικές περιοχές μειώνει τον αριθμό των νεκρών**. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί διότι με την αύξηση των οχημάτων επικρατεί μεγαλύτερη συμφόρηση άρα οι οδηγοί μειώνουν την ταχύτητα οδήγησης, που αποτελεί βασική αιτία των ατυχημάτων.
12. Τα κράτη που διαφέρουν αρκετά όσον αφορά στον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές σε σχέση με την Αυστρία που επιλέχθηκε ως επίπεδο αναφοράς είναι η Βουλγαρία, η Εσθονία, η Γαλλία, η Γερμανία, η Ιταλία, η Λετονία, η Ολλανδία, η Πολωνία, η Ρουμανία, η Σλοβακία, η Σλοβενία, η Ισπανία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Στα ίδια κράτη εκτός από την Πολωνία και τη Ρουμανία παρατηρείται διαφορετική επιρροή του στόλου οχημάτων στον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές σε σχέση με την Αυστρία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	1
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	4
1.3 ΜΕΘΟΔΟΣ.....	5
1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	7
2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	11
2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	11
2.2 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ.....	11
2.2.1 Οδική ασφάλεια στην Νέα Υόρκη και στο Λος Άντζελες: σε σύγκριση με τις άλλες πόλεις των Η.Π.Α.....	11
2.2.2 Οδική ασφάλεια σε δύο Ευρωπαϊκές μεγαλουπόλεις: Λονδίνο και Παρίσι.....	13
2.2.3 Συγκριτικές αναλύσεις των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στην Ευρώπη.....	17
3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	21
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	21
3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΟΙΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ	21
3.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ-ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ.....	23
3.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ	23
3.4.1 Κανονική Κατανομή.....	23
3.4.2 Κατανομή Poisson	24

3.4.3 Αρνητική Διωνυμική Κατανομή	24
3.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ	25
3.5.1 Γραμμική Παλινδρόμηση	25
3.5.2 Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση	27
3.5.3 Παλινδρόμηση Poisson	28
3.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	30
3.6.1 Μέτρα καλής εφαρμογής παλινδρόμησης Poisson	31
3.7 ΠΟΛΥΕΠΙΠΕΔΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	33
3.8 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	36
4 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	39
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	39
4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	39
4.2.1 Βάσεις δεδομένων	39
4.2.2 Προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά τη συλλογή των στοιχείων και επίλυσή τους	42
4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	43
4.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ	57
5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	63
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	63
5.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	63
5.2.1 Περιγραφική στατιστική.....	64
5.2.2 Συσχέτιση μεταβλητών	65
5.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	66
5.4 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	68

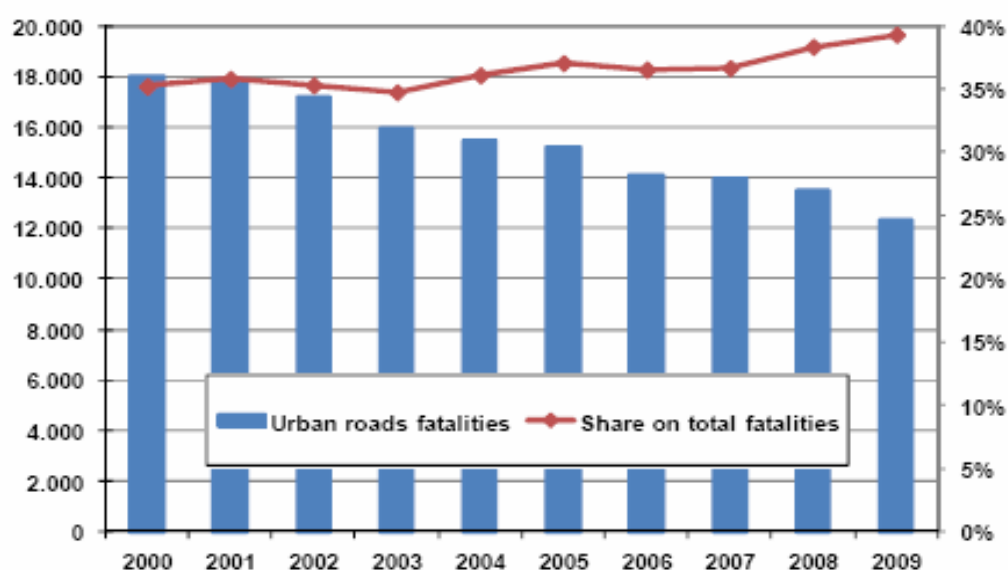
5.5 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ	72
5.6 ΠΟΛΥΕΠΙΠΕΔΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΤΩΝ ΝΕΚΡΩΝ	74
5.6.1 Περιγραφή αποτελεσμάτων μοντέλου	78
5.7 ΜΟΝΤΕΛΟ 2 ^{ΟΥ} ΕΠΙΠΕΔΟΥ-ΣΤΑΘΕΡΑ	82
5.7.1 Περιγραφή αποτελεσμάτων μοντέλου	84
5.8 ΜΟΝΤΕΛΟ 2 ^{ΟΥ} ΕΠΙΠΕΔΟΥ-ΣΤΟΛΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	85
5.8.1 Περιγραφή αποτελεσμάτων μοντέλου	87
5.9 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ	88
6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	91
6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	91
6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	93
6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	94
6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	95
7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	97

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

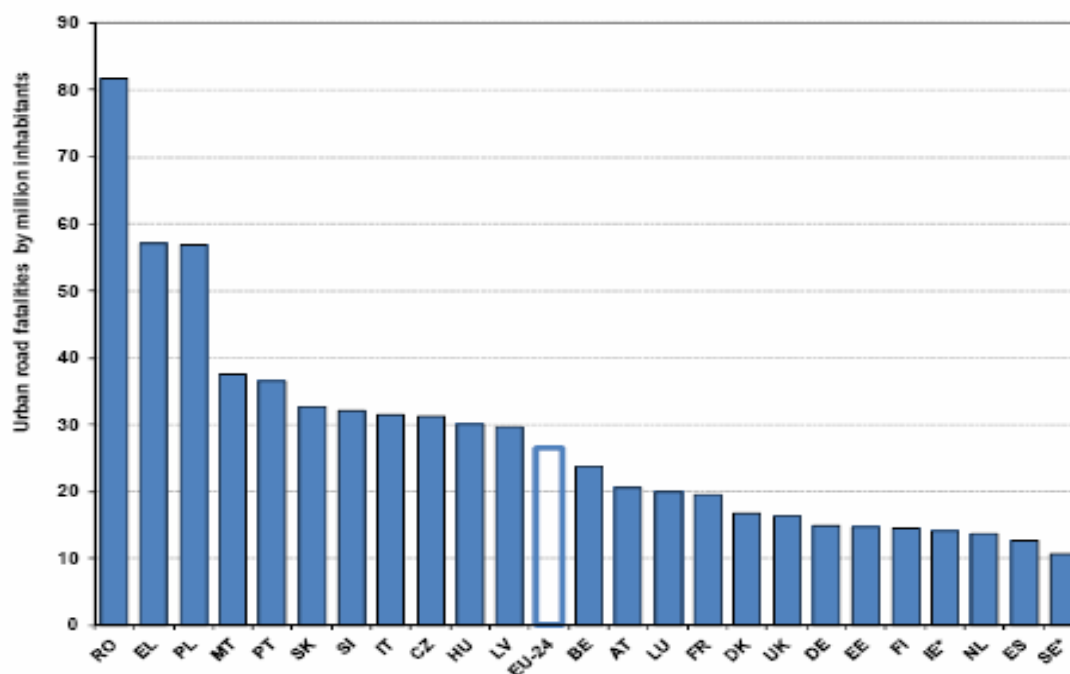
Χωρίς αμφιβολία, η **οδική ασφάλεια** αποτελεί ένα από τα βασικά κεφάλαια της συγκοινωνιακής τεχνικής και γενικά ένα σημαντικό αντικείμενο αφού επηρεάζει την καθημερινότητα του ανθρώπου. Πράγματι, σύμφωνα με επίσημα στοιχεία παρατηρείται μία συνεχής αύξηση του αριθμού των **οδικών ατυχημάτων**, όπου στις μέρες μας καθίσταται μία από τις **κύριες αιτίες θανάτου** κυρίως στις αστικές περιοχές των πόλεων.

Στην Ευρώπη τα ποσοστά των θανάτων εντός αστικής περιοχής έχουν ως εξής: στις Βορειοδυτικές χώρες εντός αστικής περιοχής το ποσοστό είναι 48.4% περιοχής, στις Νότιες είναι 47.7% και στις Ανατολικές 22.6%. Παρόλο που κατά την δεκαετία 2000-2009 οι θάνατοι στο αστικό οδικό δίκτυο μειώθηκαν κατά 32%, το 2009 12.301 άνθρωποι σκοτώθηκαν σε τροχαία ατυχήματα σε αστικές οδούς στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αυτός ο αριθμός αντιστοιχεί στο 38% όλων των θανάτων σε τροχαία ατυχήματα. Έτσι ενώ ο συνολικός αριθμός των θανάτων σε αστικές περιοχές έχει μειωθεί από το 2000, το ποσοστό του συνόλου των θανάτων που συνέβησαν μέσα σε αστικές περιοχές έχει αυξηθεί ελαφρώς από 35% σε 38%. (Διάγραμμα 1.1)



Διάγραμμα 1.1: Συνολικός αριθμός θανάτων σε αστικές περιοχές και ποσοστό του συνόλου των θανάτων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2000-2009(CARE, 2012).

Για να μπορέσει να γίνει σύγκριση των θανάτων σε αστικές περιοχές στις διάφορες χώρες, το αντίστοιχο μέγεθος του πληθυσμού έχει ληφθεί υπόψη. Έτσι, συγκρίνοντας τις Ευρωπαϊκές Χώρες το ποσοστό των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων σε αστικές περιοχές ανά εκατομμύριο κατοίκους είναι υψηλότερο στη Ρουμανία. (Διάγραμμα 1.2)



Διάγραμμα 1.2: Θανατηφόρα τροχαία ατυχήματα σε αστικές περιοχές ανά εκατομμύριο κατοίκους στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης(CARE, 2012).

Το θέμα της οδικής ασφάλειας είναι αρκετά πολύπλοκο διότι πέρα από την αναγκαιότητα βελτίωσης της συγκοινωνιακής υποδομής και του οδικού δικτύου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι κατά σειρά μειούμενης σπουδαιότητας κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- α) Η συμπεριφορά του χρήστη της οδού
- β) Το οδικό περιβάλλον
- γ) Το όχημα

Στις περισσότερες περιπτώσεις δύο ή και οι τρεις από τους παραπάνω παράγοντες συμβάλλουν στο ατύχημα. Η πολυπλοκότητα και η έλλειψη λεπτομερούς καταγραφής και ανάλυσης των συνθηκών υπό τις οποίες έγινε ένα ατύχημα, δεν επιτρέπουν πάντα

την αντικειμενική διαπίστωση της συμβολής κάθε παράγοντα. Εν τούτοις, διάφορες μελέτες ατυχημάτων σε βάθος δείχνουν ότι ο **χρήστης της οδού μόνος, ή σε συνδυασμό με τους άλλους δύο παράγοντες αποτελεί την κύρια αιτία των οδικών ατυχημάτων.**

Σύμφωνα με μελέτες που αφορούν στα αίτια των ατυχημάτων στις ΗΠΑ υπάρχει ευθύνη του ανθρώπινου παράγοντα στο 95% των ατυχημάτων, **το οδικό περιβάλλον στο 35% των ατυχημάτων και το όχημα στο 13% των ατυχημάτων.**

Οι βασικότερες συνθήκες οδού και γενικότερα του οδικού περιβάλλοντος που θεωρείται ότι έχουν επίδραση στην οδική ασφάλεια είναι οι παρακάτω (Φραντζεσκάκης 1991):

α) **Ανεπαρκή γεωμετρικά χαρακτηριστικά**, όπως: λωρίδες κυκλοφορίας και ερείσματα με ανεπαρκές πλάτος, έλλειψη ή με μικρό πλάτος και ύψος μεσαίων διαχωριστικών νησίδων, κακή διαμόρφωση κόμβων,

β) **Χαμηλά πρότυπα κατασκευής**, που αφορούν ολισθηρά οδοστρώματα και ανεπαρκής αποστράγγιση υδάτων,

γ) Κακή μελέτη, τοποθέτηση και κατασκευή **παρόδιων στοιχείων** όπως: στύλων, στηθαίων, διαφημιστικών πινακίδων, δένδρων, αναχωμάτων κ.λπ.,

δ) Κακή **οργάνωση της κυκλοφορίας** όπως: έλλειψη ή ανεπαρκής σήμανση, ανεπαρκής έλεγχος προσβάσεων (είσοδοι, έξοδοι) και στάθμευσης στην οδό,

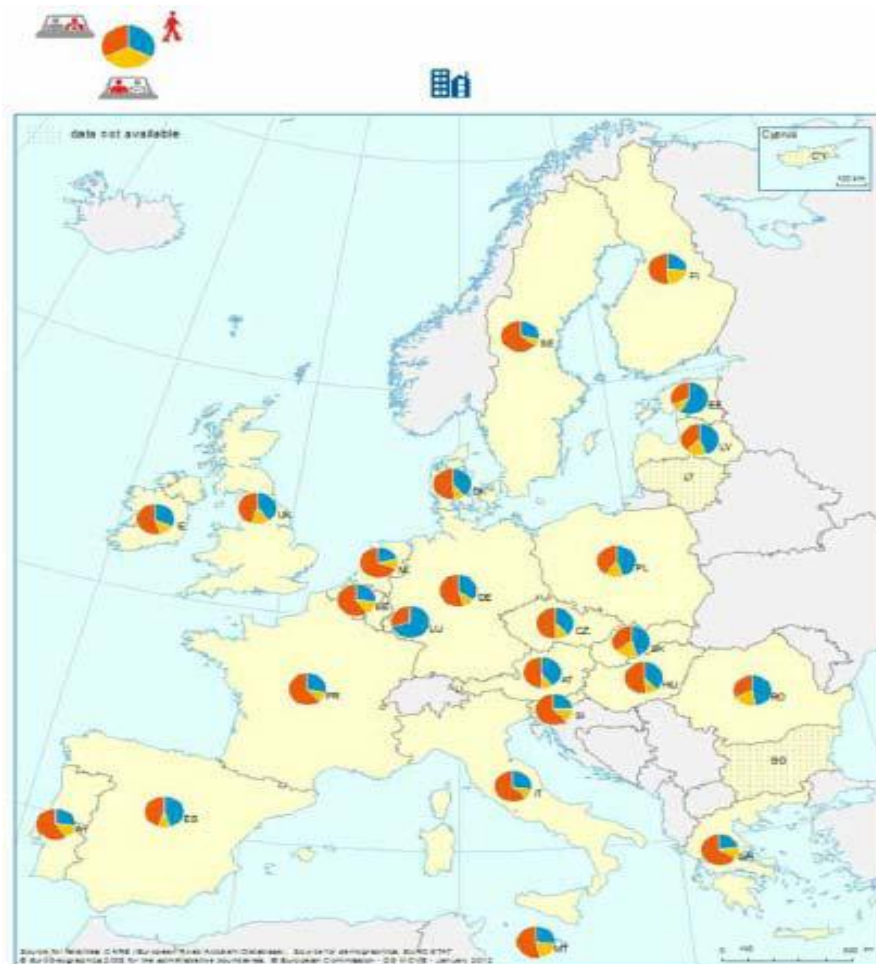
ε) Πλήρης έλλειψη ή ανεπάρκεια **οδικού φωτισμού**,

στ) Ανεπαρκής **έλεγχος και σήμανση κατά τη διάρκεια εργασιών** στο οδόστρωμα και,

ζ) Δυσμενείς **περιβαλλοντικές συνθήκες**, όπως ομίχλη, βροχή, υγρές επιφάνειες, χιόνι και πάγος, σκόνη, καπνός κ.λπ.

Όσον αφορά στον **τύπο οχήματος και στον χρήστη του οδικού δικτύου** για τους οποίους παρατηρούνται μεγάλα ποσοστά νεκρών σε αστικές περιοχές, σύμφωνα με έγκυρες πηγές, είναι τα δίκυκλα, τα ποδήλατα και ασφαλώς οι πεζοί. Στις Βορειοδυτικές χώρες ο αριθμός των νεκρών με δίκυκλα είναι 848 δηλαδή ποσοστό περίπου 22% των συνολικών νεκρών, στις Νότιες το αντίστοιχο ποσοστό είναι 32% και στις Ανατολικές 10%. Οι θάνατοι που έχουν καταγράψει κάνοντας χρήση ποδηλάτου είναι 472 στις Βορειοδυτικές χώρες, 203 στις Νότιες, 400 στις Ανατολικές και τα αντίστοιχα ποσοστά 13%, 6% και 10%. Τα ποσοστά αυτά είναι αρκετά μεγαλύτερα όταν εμπλέκονται πεζοί. Πιο συγκεκριμένα στις Βορειοδυτικές χώρες αγγίζει το 33%,

στις Νότιες το 31% και στις Ανατολικές το 45% (CARE). Άρα υπάρχουν διαφορετικά προβλήματα στις διαφορετικές ομάδες χρηστών. (Χάρτης 1.1)



Χάρτης 1.1:Ποσοστά νεκρών ανάλογα με τον χρήστη του οδικού δικτύου στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης(CARE 2012).

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν, στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **πολυεπίπεδη ανάλυση χαρακτηριστικών οδικών ατυχημάτων στις αστικές περιοχές της Ευρώπης.**

Πιο συγκεκριμένα, θα εξεταστεί ο βαθμός στον οποίο τα **διάφορα χαρακτηριστικά** του οδηγού (φύλο, ηλικία), του οχήματος, του οδικού περιβάλλοντος (καιρικές συνθήκες), τα οποία σχετίζονται με το πρώτο επίπεδο της ανάλυσης, αλλά και των κρατών (στόλος οχημάτων, πληθυσμός), όπου αναφέρονται στο δεύτερο επίπεδο, επηρεάζουν διαφορετικά τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στις αστικές περιοχές της Ευρώπης.

Προκειμένου να γίνει αυτή η ποσοτικοποίηση της επιρροής απαιτείται η **εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης** των δεδομένων. Άρα, επιμέρους στόχος της Διπλωματικής εργασίας αποτελεί η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου που θα αποτυπώνει επαρκώς τη σχέση μεταξύ των εξεταζόμενων παραμέτρων. Τα μοντέλα που θα αναπτυχθούν από τη διαδικασία ανάλυσης θα αποτυπώνουν επαρκώς την σχέση μεταξύ του αριθμού των νεκρών συναρτήσει των διάφορων χαρακτηριστικών, στις Ευρωπαϊκές χώρες.

Επιδιώκεται επομένως, μέσω των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας, να κατανοηθεί ο βαθμός και ο τρόπος με τον οποίο τα διάφορα χαρακτηριστικά του οδηγού, του οχήματος και του περιβάλλοντος επηρεάζουν τον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές των διαφόρων Ευρωπαϊκών χωρών και να γίνει μια συγκριτική αξιολόγηση των χωρών. Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι ο αριθμός των νεκρών σε κάθε χώρα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από άλλους παράγοντες, όπως ο αριθμός κυκλοφορούντων οχημάτων, ο πληθυσμός, τα μέτρα οδικής ασφάλειας, η οδική συμπεριφορά, κτλ.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΣ

Στο υποκεφάλαιο αυτό περιγράφεται συνοπτικά η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας.

Αρχικά, μετά τον ορισμό του θέματος και του επιδιωκόμενου στόχου, πραγματοποιήθηκε η **βιβλιογραφική ανασκόπηση** τόσο σε ελληνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιήθηκε αναζήτηση παρεμφερών επιστημονικών άρθρων, ερευνών και γενικών πληροφοριών σχετικά με το θέμα, που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες στη συγκεκριμένη έρευνα. Μέσω αυτών των ερευνών καταβλήθηκε προσπάθεια να αποκτηθεί μια εμπειρία στην επεξεργασία και ανάλυση αυτών των θεμάτων, αλλά και να αποφασιστεί η μέθοδος με βάση την οποία θα γίνει η επεξεργασία των στοιχείων και θα επιτευχθεί ο επιδιωκόμενος στόχος.

Αφού μελετήθηκαν τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, πραγματοποιήθηκε η **συλλογή των στοιχείων** που απαιτούνταν για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Για τον σκοπό αυτό έγινε χρήση της βάσης δεδομένων CARE από την οποία συλλέχθηκαν στοιχεία για κάθε κράτος-μέλος της Ε.Ε. για το έτος 2009. Όσον αφορά στον πληθυσμό, στο κατά κεφαλήν εισόδημα, καθώς και στον στόλο οχημάτων κάθε κράτους, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από το πληροφοριακό σύστημα Dakota Road Safety Knowledge System.

Στο συνέχεια, ταξινομήθηκαν τα συλλεχθέντα στοιχεία σε μια ενιαία βάση δεδομένων, στην οποία για κάθε κράτος 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.

Στο επόμενο στάδιο, ακολούθησε η **επιλογή της μεθόδου** στατιστικής επεξεργασίας των στοιχείων και η εισαγωγή της βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου διαδέχτηκε η ανάπτυξη και εφαρμογή των μαθηματικών μοντέλων και η **παρουσίαση των αποτελεσμάτων**, στο πλαίσιο της οποίας πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των χαρακτηριστικών του οδηγού, του οδικού περιβάλλοντος και του οχήματος στις αστικές περιοχές της Ευρώπης. Τέλος, προέκυψαν τα συμπεράσματα για τα συνολικά ερωτήματα της έρευνας.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται, υπό μορφή διαγράμματος ροής, τα διαδοχικά στάδια που ακολουθήθηκαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. (Διάγραμμα 1.3).



Διάγραμμα 1.3: Σχηματική απεικόνιση σταδίων Διπλωματικής Εργασίας

1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η δομή της διπλωματικής εργασίας, μέσω της συνοπτικής αναφοράς στο περιεχόμενο των κεφαλαίων της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Το κεφάλαιο αυτό 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. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στο μέρος του προβλήματος με το οποίο ασχολείται η

παρούσα διπλωματική. Γίνεται δηλαδή λόγος στα χαρακτηριστικά οδικής ασφάλειας στις αστικές περιοχές της Ευρώπης. Παρουσιάζεται ο στόχος της συγκεκριμένης έρευνας και περιγράφεται η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε. Το παρόν κεφάλαιο τελειώνει με την παρουσίαση της δομής της διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της **βιβλιογραφικής ανασκόπησης**. Περιγράφεται περιληπτικά ένα πλήθος ερευνών που εντοπίστηκαν σχετικά με τα ατυχήματα και τα χαρακτηριστικά της οδικής ασφάλειας στις αστικές περιοχές της Ευρώπης. Στο τέλος του κεφαλαίου, συνοψίζονται η σύνοψη και κριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των ερευνών, προκειμένου να διαπιστωθεί ποιες από αυτές μπορούν να συμβάλλουν ουσιαστικά στην παρούσα εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την πλήρη περιγραφή του **θεωρητικού υποβάθρου** στο οποίο θα στηριχθεί η κατασκευή των βάσεων δεδομένων και η στατιστική ανάλυση για την εξαγωγή των συμπερασμάτων. Με άλλα λόγια αναφέρεται στη θεωρητική βάση στην οποία θα στηριχθούν όσα θα διερευνηθούν στην παρακάτω Διπλωματική Εργασία. Ξεκινά με την περιγραφή βασικών στατιστικών αρχών και μεγεθών για να γίνει κατανοητή η προσέγγιση του θέματος από τη συγκεκριμένη μαθηματική σκοπιά, στη συνέχεια περιγράφει αναλυτικά μια σειρά ευρέως χρησιμοποιημένων μεθοδολογιών με τη χρησιμότητα και το πεδίο εφαρμογής τους ενώ καταλήγει στην επιλογή συγκεκριμένων μεθόδων από αυτές που περιγράφηκαν τεκμηριώνοντας παράλληλα αυτή την επιλογή. Έμφαση δίνεται επίσης στις μεθοδολογίες ελέγχου των αποτελεσμάτων καθώς και στον τρόπο που προσαρμόζονται οι μεθοδολογίες στα δεδομένα της Εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Το θέμα του κεφαλαίου αυτού είναι η **επεξεργασία των δεδομένων**. Επιλέγονται οι μεταβλητές οι οποίες ενδέχεται να έχουν ουσιαστική επίδραση στην οδική ασφάλεια. Στη συνέχεια και με τη βοήθεια της βάσης δεδομένων CARE διαμορφώθηκαν ερωτήματα (queries) από όπου προήλθαν οι αρχικοί πίνακες με ένα πλήθος χαρακτηριστικών. Ακολουθεί η περιγραφή της διαδικασίας διαμόρφωσης της βάσης δεδομένων έως την απόκτηση της τελικής μορφής της. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον τρόπο εισαγωγής της βάσης δεδομένων στο ειδικό στατιστικό λογισμικό. Επισημαίνονται επίσης τα κρίσιμα σημεία στη λειτουργία του λογισμικού και παρατίθενται οι διαδοχικές οθόνες εκτέλεσης της επεξεργασίας των στοιχείων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την **αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε** ως την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων. Αρχικά, περιγράφονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης και εφαρμογής μαθηματικού μοντέλου. Παρουσιάζονται, δηλαδή, τα δεδομένα εισόδου και εξόδου με ιδιαίτερη έμφαση στους στατιστικούς ελέγχους αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Γίνεται αναφορά στο σύνολο των διαδοχικών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν, Τα τελικά

αποτελέσματα συνοδεύονται από τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις που τα περιγράφουν και από διαγράμματα ευαισθησίας, για την ευκολότερη κατανόηση τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Το κεφάλαιο 6 αποτελεί το τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Σε αυτό περιλαμβάνονται τα **συνολικά συμπεράσματα** που προέκυψαν ύστερα από την ερμηνεία των μαθηματικών μοντέλων. Αποτελούν μία σύνθεση αρκετών ποσοτικοποιημένων στοιχείων σε συνδυασμό με τα επιμέρους αποτελέσματα του προηγούμενου κεφαλαίου. Επιπρόσθετα, καταγράφονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας είτε με άλλες μεθόδους, είτε με εξέταση πρόσθετων παραμέτρων και μεταβλητών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθεται ο κατάλογος **των βιβλιογραφικών αναφορών**. Ο κατάλογος αυτός περιλαμβάνει αναφορές, που αφορούν τόσο σε έρευνες που παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια της εισαγωγής και της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, όσο και σε στατιστικές έννοιες και μεθόδους, που αναλύθηκαν στο θεωρητικό υπόβαθρο.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Περιλαμβάνει την παρουσίαση αποτελεσμάτων από έρευνες συναφείς με το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται αποτελέσματα από έρευνες που αναφέρονται στην ανάλυση χαρακτηριστικών οδικής ασφάλειας σε αστικές περιοχές. Εκτός από τη συνοπτική παράθεση των αποτελεσμάτων των ερευνών, γίνεται και αναφορά στις μεθόδους ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων και την εξαγωγή των κατάλληλων μοντέλων. Αναφέρεται ότι οι έρευνες που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιήθηκαν στο εξωτερικό. Τέλος, μέσω της ανασκόπησης των μεθοδολογιών των ερευνών αυτών, επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός της καταλληλότερης μεθόδου για την αντιμετώπιση του αντικειμένου της διπλωματικής εργασίας.

2.2 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

2.2.1 Οδική ασφάλεια στην Νέα Υόρκη και στο Λος Άντζελες: σε σύγκριση με τις άλλες πόλεις των Η.Π.Α.

Αυτή η μελέτη εξέτασε την οδική ασφάλεια στις δύο μεγαλουπόλεις των ΗΠΑ, τη Νέα Υόρκη και το Λος Άντζελες. Μοτίβα των οδικών ατυχημάτων με θύματα σε αυτές τις μεγαλουπόλεις συγκρίθηκαν με εκείνα για το σύνολο των ΗΠΑ (Επίσης, περιλαμβάνονται στοιχεία και για τις δύο αντίστοιχες Πολιτείες, τη Νέα Υόρκη και την Καλιφόρνια. Τα στοιχεία για τα θανατηφόρα ατυχήματα πάρθηκαν από το Fatal Analysis Reporting Systems και τα στοιχεία για όλα τα ατυχήματα με παθόντες από το General Estimates System και τις Πολιτείες της Νέας Υόρκης και της Καλιφόρνια. Η εξεταζόμενη περίοδος ήταν 2002 έως 2009.

Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι τα ατυχήματα στις δύο μεγαλουπόλεις τείνουν να διαφέρουν σε πολλές πτυχές από τα τυπικά ατυχήματα στις ΗΠΑ. Σε αυτές περιλαμβάνονται θέματα που σχετίζονται με το πότε και πού αυτά τα ατυχήματα συνέβησαν, τη φύση των οδικών ατυχημάτων, τις καιρικές συνθήκες, τις συνθήκες φωτισμού, τα εμπλεκόμενα πρόσωπα, καθώς και τις ενέργειες του οδηγού.

Όσον αφορά στην μέθοδο, πραγματοποιήθηκαν τρία σύνολα αναλύσεων. Στο πρώτο σύνολο εξετάστηκαν οι κατανομές των δημογραφικών μεταβλητών που επιλέχθηκαν για

την Νέα Υόρκη και το Λος Άντζελες, σε σύγκριση με τις κατανομές για το σύνολο των ΗΠΑ, καθώς και με τις κατανομές για τις αντίστοιχες Πολιτείες (Νέα Υόρκη και Καλιφόρνια).

Το δεύτερο σύνολο των αναλύσεων περιλαμβάνει την εξέταση των δεδομένων για όλα τα θανατηφόρα ατυχήματα για μία περίοδο οχτώ ετών από το 2002 έως το 2009. Και πάλι, η σχετική σύγκριση τόσο για τη Νέα Υόρκη και το Λος Άντζελες ήταν το σύνολο των ΗΠΑ, ωστόσο, περιλαμβάνονται επίσης και τα στοιχεία για την Πολιτεία της Νέας Υόρκης και της Καλιφόρνια. Εξετάστηκε μια ποικιλία των μεταβλητών που σχετίζονται με τα οδικά ατυχήματα, τα οχήματα, τους οδηγούς και όσων συμμετέχουν.

Το τρίτο σύνολο των αναλύσεων ήταν ανάλογο με το δεύτερο αλλά στην περίπτωση αυτή εξετάστηκαν όλα τα ατυχήματα, σε αντίθεση με το δεύτερο σύνολο που εξετάστηκαν μόνο τα θανατηφόρα. Και πάλι, εξετάστηκαν τα δεδομένα από οκτώ χρόνια (2002-2009).

Ο Πίνακας 2.1 περιλαμβάνει τον αριθμό των οδικών ατυχημάτων που εξετάζονται στις δύο σειρές αναλύσεων.

Analysis	New York	Los Angeles	U.S.A.	NY (state)	CA (state)
Fatal crashes	2.366	2.086	295.781	10.312	28.361
All crashes	647.546	449.498	48.218.016	2.354.520	4.054.652

Πίνακας 2.1: Αριθμός ατυχημάτων που εξετάστηκαν στην ανάλυση των θανατηφόρων ατυχημάτων και όλων των ατυχημάτων.

Τα αποτελέσματα της μελέτης έχουν ως εξής:

Πρότυπα των θανατηφόρων ατυχημάτων και των ατυχημάτων με παθόντες

Οι αναλύσεις των ατυχημάτων που συγκρίνουν την Νέα Υόρκη και το Λος Άντζελες με το σύνολο των ΗΠΑ έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Όσον αφορά στις **καιρικές συνθήκες** τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν πως στο Λος Άντζελες συμβαίνουν λιγότερα ατυχήματα με παθόντες αλλά και θανατηφόρα οδικά ατυχήματα κατά την διάρκεια βροχής και χιονόπτωσης ενώ στην Νέα Υόρκη τα ατυχήματα με παθόντες αλλά και με νεκρούς είναι περισσότερα κατά την διάρκεια βροχής.

Ανάλογα ήταν και τα αποτελέσματα για την **κατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος**. Στο Λος Άντζελες παρατηρήθηκαν λιγότερα ατυχήματα με παθόντες και θανατηφόρα ατυχήματα τόσο σε βρεγμένους οδούς όσο και σε οδούς με χιόνι, ενώ στην Νέα Υόρκη τα οδικά ατυχήματα και με νεκρούς και με παθόντες ήταν περισσότερα σε βρεγμένους οδούς.

Μια άλλη μεταβλητή που εξετάστηκε είναι οι **συνθήκες φωτισμού** στις οδούς. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν πως στο σκοτάδι σε οδούς χωρίς φωτισμό συμβαίνουν λιγότερα ατυχήματα, ενώ σε φωτισμένους οδούς τα οδικά ατυχήματα και με παθόντες και με νεκρούς αυξάνονται. Τα δύο τελευταία μοντέλα δείχνουν ότι τα ατυχήματα στο σκοτάδι σε οδούς χωρίς φωτισμό είναι πιο σοβαρές.

Μελετώντας κάποια χαρακτηριστικά του **χρήστη της οδού** αλλά και του **οδηγού** προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα. Παρατηρούνται περισσότεροι θάνατοι πεζούς και δικυκλιστές, ειδικά στη Νέα Υόρκη. Περισσότεροι άνδρες οδηγοί εμπλέκονται σε οδικά ατυχήματα με παθόντες και με νεκρούς, ειδικά στη Νέα Υόρκη. Όσον αφορά στην ηλικία του οδηγού, συμβαίνουν περισσότερα ατυχήματα και κυρίως θανατηφόρα ατυχήματα που αφορούν τους οδηγούς ηλικίας 25-34 ετών. Περισσότερα ατυχήματα, όχι θανατηφόρα, αφορούν τους οδηγούς 35-55 ετών. Τα μοντέλα της ανάλυσης δείχνουν ότι γενικώς οι οδηγοί 35-55 ετών τείνουν να εμπλέκονται σε λιγότερο σοβαρά ατυχήματα.

Ολοκληρώνοντας την μελέτη παρατηρείται ότι τα οδικά ατυχήματα με παθόντες αλλά και τα θανατηφόρα ατυχήματα τόσο στην Νέα Υόρκη όσο και στο Λος Άντζελες, **τήνουν να διαφέρουν σε αρκετά σημεία** από τα τυπικά ατυχήματα στο σύνολο των Η.Π.Α.

2.2.2 Οδική ασφάλεια σε δύο Ευρωπαϊκές μεγαλουπόλεις: Λονδίνο και Παρίσι

Η συγκεκριμένη μελέτη εξέτασε την οδική ασφάλεια δύο ευρωπαϊκών μεγαλουπόλεων, το Λονδίνο και το Παρίσι. Πρότυπα για θανατηφόρα ατυχήματα (και για τις δύο πόλεις) και για όλα τα ατυχήματα (για το Λονδίνο μόνο) συγκρίθηκαν με τα πρότυπα για τα οδικά ατυχήματα για κάθε αντίστοιχο έθνος στο σύνολό του. Τα δεδομένα για το Λονδίνο και το Ηνωμένο Βασίλειο προήλθαν από το Υπουργείο Μεταφορών, και περιλαμβάνουν λεπτομερή στοιχεία των ατυχήματα για τα έτη 2005 - 2011. Τα στοιχεία για το Παρίσι και τη Γαλλία προήλθαν από το ONISR, και περιλαμβάνουν στοιχεία των θανατηφόρων ατυχημάτων από το 2007 έως το 2011.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα δημογραφικά στοιχεία για τον πληθυσμό και τα οδικά ατυχήματα σε αυτές τις δύο μεγαλουπόλεις έχουν την τάση να διαφέρουν σε

πολλές πτυχές σε σύγκριση με τους αντίστοιχους εθνικούς μέσους όρους. Τα πρότυπα για τα ατυχήματα διέφεραν σε θέματα σχετικά με το πότε και πού συνέβησαν, ποίος εμπλέκεται, τον αριθμό των οχημάτων που εμπλέκονται, τις καιρικές συνθήκες, τις συνθήκες φωτισμού, και τις ενέργειες του οδηγού πριν το ατύχημα. Επίσης συζητήθηκαν ομοιότητες και διαφορές μεταξύ αυτών των δύο ευρωπαϊκών μεγαλουπόλεων και των δύο αμερικανικών μεγαλουπόλεων (Νέα Υόρκη και Λος Άντζελες).

Όσον αφορά στην μέθοδο, είναι παρόμοια με εκείνη της προηγούμενης μελέτης. Τρία σύνολα με αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν. Στην πρώτη σειρά εξετάζονται κατανομές με τις δημογραφικές μεταβλητές που επιλέχθηκαν για το Λονδίνο και το Παρίσι, και σε σύγκριση με τις κατανομές για το Ηνωμένο Βασίλειο (UK) και τη Γαλλία, αντίστοιχα.

Η δεύτερη σειρά αναλύσεων αφορά στην εξέταση όλων των οδικών ατυχημάτων που αναφέρθηκαν από την αστυνομία και συμπεριλαμβάνουν έναν τραυματισμό στο Ηνωμένο Βασίλειο για την περίοδο επτά ετών από το 2005 έως το 2011. Οι συγκρίσεις έγιναν μεταξύ Λονδίνου και ολόκληρου του Ηνωμένου Βασιλείου. Εξετάστηκε ένα σύνολο μεταβλητών που σχετίζονται με τα ατυχήματα, τα οχήματα που εμπλέκονται, και τα θύματα.

Τέλος στην τρίτη σειρά των αναλύσεων εξετάστηκαν τα θανατηφόρα ατυχήματα στη Γαλλία για την περίοδο των πέντε ετών από το 2007 έως το 2011. Αναλυτικά στοιχεία για μη-θανατηφόρα ατυχήματα δεν ήταν διαθέσιμα και δεδομένα και για τις δύο μεταβλητές ήταν διαθέσιμα μόνο για τα έτη 2010 και το 2011. Οι συγκρίσεις έγιναν μεταξύ Παρισιού και ολόκληρης της Γαλλίας. Επίσης εξετάστηκε ένα σύνολο μεταβλητών που σχετίζονται με τα ατυχήματα, τα οχήματα που εμπλέκονται, και τους θανάτους.

Ο Πίνακας 2.13 παραθέτει τον αριθμός των συγκρούσεων που εξετάστηκαν στις δύο σειρές αναλύσεων των ατυχημάτων.

Analysis	2005-2011		2007-2011	
	London	U.K.	Paris	France
Injury crashes	81.149	1.210.044	78.770	360.386
Persons killed	521	17.830	700	21.123
Persons injured	93.159	1.625.020	91.667	453.645

Πίνακας 2.2: Αριθμός συντριβών που εξετάστηκαν στην ανάλυση των θανατηφόρων και όλων των ατυχημάτων.

Τα αποτελέσματα της μελέτης έχουν ως εξής:

Πρότυπα των θανατηφόρων συγκρούσεων και των ατυχημάτων στο Ηνωμένο Βασίλειο και στο Λονδίνο

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων των ατυχημάτων που συγκρίνουν Λονδίνο με το σύνολο του Ηνωμένου Βασιλείου παρουσιάζονται στην συνέχεια. Περιλαμβάνουν συγκρίσεις τόσο των θανατηφόρων ατυχημάτων όσο και των ατυχημάτων με τραυματισμούς.

Αρχικά, εξετάζοντας τον **τύπο οχήματος** προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα. Σε περισσότερα θανατηφόρα ατυχήματα και ατυχήματα με παθόντες εμπλέκονται ποδήλατα, μοτοσυκλέτες, λεωφορεία και παρόμοια οχήματα, ενώ τα οδικά ατυχήματα και με νεκρούς αλλά και με τραυματίες είναι λιγότερα για τα αυτοκίνητα και τα ταξί.

Τα αποτελέσματα της ανάλυση των χαρακτηριστικών που αφορούν τον **χρήστη οδού**, έδειξαν ότι είναι περισσότερα τα ατυχήματα με παθόντες και νεκρούς με θύματα πεζούς ή ποδηλάτες και λιγότερα με θύματα επιβάτες αυτοκινήτων, ταξί, φορτηγών, ή οχημάτων για εμπορευματικές μεταφορές. Τα ατυχήματα με παθόντες αυξάνονται για τους χρήστες μοτοσυκλετών και για επιβάτες λεωφορείου (ή παρόμοιου οχήματος), αλλά με καμία ουσιαστική διαφορά στα θανατηφόρα ατυχήματα, που δείχνει ότι αυτά τα ατυχήματα τείνουν να είναι λιγότερο σοβαρά.

Όσον αφορά στον **τύπο θύματος** παρατηρούνται περισσότερα ατυχήματα με παθόντες και θανατηφόρα ατυχήματα με θύματα πεζούς και λιγότερα με θύματα επιβάτες, οδηγούς ή αναβάτες.

Η ανάλυση για τα **χαρακτηριστικά του οδηγού** έδειξε ότι οι άνδρες εμπλέκονται σε περισσότερα ατυχήματα με παθόντες καθώς και θανατηφόρα ατυχήματα που (και το αντίστροφο για τις γυναίκες οδηγούς) και περισσότερα ατυχήματα με παθόντες καθώς και θανατηφόρα ατυχήματα αφορούν τους οδηγούς 26 έως 45 ετών. Οδηγοί ηλικίας 16 έως 20 ετών καθώς και άνω των 65 ετών εμπλέκονται σε λιγότερα οδικά ατυχήματα με παθόντες και λιγότερα θανατηφόρα ατυχήματα.

Για το **φύλο του θύματος** έδειξε πως τα ατυχήματα με παθόντες και άνδρα ως θύμα ήταν περισσότερα από τα θανατηφόρα ατυχήματα, ενώ για τις γυναίκες το αντίστροφο. Οι δύο αυτές τάσεις δείχνουν ότι οι συγκρούσεις που αφορούν άνδρες θύματα είναι λιγότερο σοβαρές από ό, τι στο υπόλοιπο Ηνωμένο Βασίλειο. Όσον αφορά στην **ηλικία του θύματος** τα αποτελέσματα έδειξαν πως συνέβησαν λιγότερα ατυχήματα με παθόντες, αλλά περισσότερα θανατηφόρα ατυχήματα με θύματα ηλικίας από 0 έως 10 ετών και 56 και άνω, υποδεικνύοντας ότι τα ατυχήματα που αφορούν αυτές τις ηλικιακές ομάδες τείνουν να είναι πιο σοβαρά, ενώ τα ατυχήματα τόσο με παθόντες όσο και με νεκρούς με θύματα ηλικίας από 11 έως 20 ετών ήταν λιγότερα. Περισσότερα

ήταν τα οδικά ατυχήματα με παθόντες καθώς και θανατηφόρα ατυχήματα με θύματα ηλικίας από 26 έως 45 ετών.

Μια άλλη μεταβλητή της μελέτης ήταν και οι **καιρικές συνθήκες**, όπου Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν πως τα ατυχήματα με παθόντες και νεκρούς ήταν περισσότερα σε καλοκαιρία και λιγότερα κατά την διάρκεια βροχής, χιονόπτωσης και ομίχλης.

Αντίστοιχα, και η ανάλυση της **κατάστασης της επιφάνειας του οδοστρώματος** έδειξε πως τα ατυχήματα τόσο με νεκρούς όσο και με παθόντες ήταν περισσότερα σε στεγνούς οδούς και λιγότερα σε βρεγμένους, χιονισμένους και παγωμένους οδούς.

Εξετάζοντας τις **συνθήκες φωτισμού** προέκυψε πως τα περισσότερα ατυχήματα με παθόντες και θανατηφόρα έγιναν σε φωτισμένους οδούς και λιγότερα έγιναν σε οδούς χωρίς φωτισμό. Αυτά τα δύο αποτελέσματα είναι πιθανό να οφείλονται στην κατανομή των οδών με φωτισμό και χωρίς φωτισμό στο Λονδίνο σε σχέση με το υπόλοιπο Ηνωμένο Βασίλειο.

Πρότυπα των θανατηφόρων συγκρούσεων στο Παρίσι και στην Γαλλία

Οι αναλύσεις των ατυχημάτων που συγκρίνουν το Παρίσι με το σύνολο της Γαλλίας παρουσιάζονται παρακάτω. Η συγκεκριμένη ανάλυση αφορά στα θανατηφόρα οδικά ατυχήματα μόνο. (Αναλυτικά στοιχεία για οδικά ατυχήματα με παθόντες δεν ήταν διαθέσιμα).

Αρχικά, εξετάζοντας τον **χρήστη οδού** παρατηρούνται περισσότεροι θάνατοι πεζών, μοτοσικλετιστών καθώς και αναβατών μοτοποδηλάτων και λιγότεροι θάνατοι επιβατών οχημάτων και ποδηλάτων. Όσον αφορά στην **ηλικία** οι λιγότεροι θάνατοι παρατηρήθηκαν στις ηλικίες από 18 έως 24 ετών.

Μία άλλη μεταβλητή που εξετάστηκε ήταν τα **πρόσθετα μέτρα θανατηφόρου ατυχήματος**, όπου παρατηρήθηκαν περισσότεροι θάνατοι που εμπλέκονται μηχανοκίνητα δίκυκλα και / ή μοτοσικλέτες (περίπου διπλάσια από το ποσοστό για τη Γαλλία), πεζοί και χρήστες του οδικού δικτύου 75 ετών και άνω. Οι νέοι οδηγοί θεωρούνται λιγότερο υπεύθυνοι για θανατηφόρα ατυχήματα και τα θανατηφόρα ατυχήματα με οδηγούς ή πεζούς που έχουν καταναλώσει αλκοόλ ήταν λιγότερα.

Από τις παραπάνω επισημάνσεις παρατηρείται ότι **τα ατυχήματα με παθόντες και θανατηφόρα ατυχήματα σε Λονδίνο και Παρίσι διαφέρουν σε αρκετά σημεία από τις συγκρούσεις στο σύνολο της αντίστοιχης χώρας.**

Σύγκριση των μεγαλουπόλεων Ευρώπης και των ΗΠΑ

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι ομοιότητες και οι διαφορές για τις τέσσερις μεγαλουπόλεις. Αναλυτικά στοιχεία ατυχημάτων για το Παρίσι δεν ήταν διαθέσιμα για αυτό η σύγκριση των προτύπων των ατυχημάτων με τις ομοιότητες και τις διαφορές βασίζεται κυρίως στα δεδομένα από το Λονδίνο, τη Νέα Υόρκη και το Λος Άντζελες.

Πρότυπα ατυχημάτων

Οι **ομοιότητες** που παρατηρήθηκαν είναι οι εξής:

- Περισσότερα ατυχήματα και θάνατοι για τους πεζούς και τους ποδηλάτες.
- Περισσότερα ατυχήματα και θάνατοι που εμπλέκονται άνδρες οδηγοί.
- Περισσότερα ατυχήματα που εμπλέκονται οδηγοί ηλικίας 25-45 (έως και 55 ετών για τις πόλεις των ΗΠΑ)
- Λιγότερα οδικά ατυχήματα στο σκοτάδι σε οδούς χωρίς φωτισμό, αλλά περισσότερες συγκρούσεις στο σκοτάδι σε οδούς με φωτισμό, πιθανότατα λόγω της μεγαλύτερης κατανομής των οδών με φωτισμό μέσα στις μεγαλουπόλεις σε σύγκριση με κάθε έθνος στο σύνολό του.
- Λιγότερες συγκρούσεις κατά τη διάρκεια της βροχής και σε βρεγμένους δρόμους (εκτός από Νέα Υόρκη) και λιγότερες συγκρούσεις κατά τη διάρκεια χιονόπτωσης και σε χιονισμένες οδούς, πιθανώς οφείλονται σε διαφορές στις καιρικές συνθήκες για αυτές τις μεγαλουπόλεις που εξετάστηκαν σε σχέση με κάθε έθνος στο σύνολό του (π.χ., στο Λονδίνο τυπικά το κλίμα είναι ηπιότερο σε σχέση με το υπόλοιπο του Ηνωμένου Βασιλείου δηλαδή, λιγότερο βροχή, λιγότερο χιόνι, υψηλότερες θερμοκρασίες).

Οι **διαφορές** που παρατηρήθηκαν είναι οι εξής:

- Λιγότερα θανατηφόρα ατυχήματα που εμπλέκονται ποδήλατα στο Παρίσι, σε την αντίθεση με τις άλλες τρεις μεγαλουπόλεις.

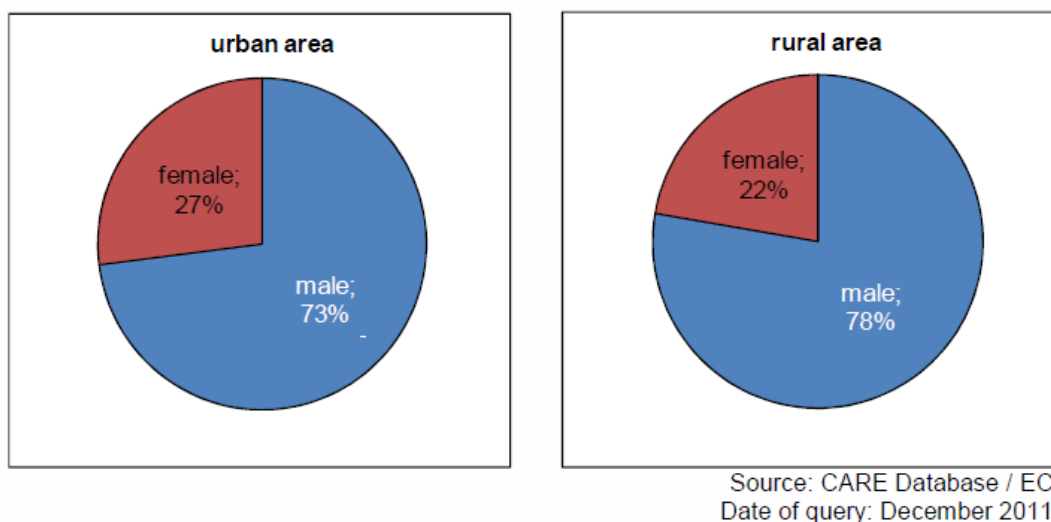
2.2.3 Συγκριτικές αναλύσεις των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στην Ευρώπη.

Η συγκεκριμένη μελέτη αφορά στις **αστικές περιοχές** των Ευρωπαϊκών πόλεων και έγιναν αναλύσεις διάφορων μεταβλητών που αφορούν τον οδηγό, το περιβάλλον αλλά και τον χρήστη οδού από το Dakota Road Safety Knowledge System. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται και με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των εκτός αστικών περιοχών.

Αρχικά εξετάζοντας το **φύλο και την ηλικία των θυμάτων** προκύπτει ότι τα ποσοστά των θανάτων των ηλικιωμένων σε οδικά ατυχήματα το 2009 είναι πολύ υψηλότερα εντός των αστικών περιοχών από εκτός αστικών περιοχών. Μια πιθανή εξήγηση μπορεί να είναι ότι οι εκδρομές που κάνουν οι ηλικιωμένοι είναι συνήθως σύντομες και ως επί το πλείστον τις κάνουν ως πεζοί και επειδή δεν ταξιδεύουν συχνά εκτός των αστικών περιοχών. Η τάση αυτή αντιστρέφεται για τις ηλικιακές ομάδες μεταξύ 15 και 54, όπου το ποσοστό των θανατηφόρων ατυχημάτων είναι υψηλότερο εκτός αστικών περιοχών.

Συνεχίζοντας τη μελέτη στις Ευρωπαϊκές χώρες παρατηρείται πως το 2009 περισσότερο από το 60% των θανάτων ηλικιωμένων στην Πολωνία και στην Ουγγαρία έχασαν τη ζωή τους σε αστικές περιοχές. Στη Ρουμανία το αντίστοιχο ποσοστό είναι πάνω από 80% σε αντίθεση με την Εσθονία και τη Φινλανδία όπου λιγότερο από το ένα τρίτο των θανάτων ηλικιωμένων έχασαν τη ζωή τους σε ατυχήματα μέσα σε αστικές περιοχές.

Όσον αφορά στον ποσοστό θανάτων κατά **φύλο**, μεγαλύτερο ποσοστό των γυναικών έχασαν την ζωή τους σε αστικές περιοχές σε σχέση με τις αγροτικές περιοχές (Εικόνα 2.1). Η Ελλάδα είναι η χώρα με το χαμηλότερο ποσοστό γυναικών που έχασαν τη ζωή τους σε οδούς αστικών περιοχών, ενώ η Δανία έχει το μεγαλύτερο ποσοστό θανάτων γυναικών σε αστικές οδούς.



Εικόνα 2.1: Θάνατοι ανάλογα με το φύλο σε αστικές και αγροτικές περιοχές για το έτος 2009.

Τέλος μελετώντας τον **χρήστη οδού** προκύπτει πως εντός των αστικών περιοχών, 50% των θανάτων είναι οδηγοί και 37% πεζοί, ενώ εκτός των αντίστοιχα ποσοστά είναι 69% για οδηγούς και 10% για πεζούς. Η Ολλανδία έχει το μεγαλύτερο ποσοστό θανάτων οδηγών, 69% και ακολουθούν η Σουηδία με 66% και η Ελλάδα με 62%, ενώ ο

μέσος όρος στην Ευρωπαϊκή Ένωση ο μέσος όρος είναι 50%. Η Φιλανδία με 22%, η Ρουμανία και η Σλοβακία με 19% έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό σε θανάτους επιβατών και η Εσθονία με 58% έχει το μεγαλύτερο ποσοστό σε θανάτους πεζών όταν στην Ευρωπαϊκή Ένωση ο μέσος όρος είναι 13% για τους επιβάτες και 37% για τους πεζούς. Όσον αφορά στα χαμηλότερα ποσοστά παρατηρούνται στην Εσθονία με 32% και στην Ρουμανία με 33% που έχουν το χαμηλότερο ποσοστό νεκρών οδηγών, στην Σουηδία με 6%, το χαμηλότερο ποσοστό νεκρών επιβατών και στην Ολλανδία με 20%, το χαμηλότερο ποσοστό νεκρών σε πεζούς.

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. Αναπτύσσονται κάποιες βασικές λειτουργίες του ειδικού στατιστικού λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε και 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:

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

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

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

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:

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

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 περίπου το 99% των δεδομένων

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

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

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 ο οποίος ορίζεται ως: $\rho = (\sigma_{XY} / \sigma_X) * (1/\sigma_Y)$

Ο συντελεστής συσχέτισης ρ εκφράζει τον βαθμό και τον τρόπο που οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται. Δεν εξαρτάται από τη 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 :

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

3.4 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 Κανονική Κατανομή

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:

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

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

3.4.2 Κατανομή 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:

$$F(x) = (\mu^x \cdot e^{-\mu}) / x!$$

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 Αρνητική Διωνυμική Κατανομή

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 Γραμμική Παλινδρόμηση

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

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

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

Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση υπάρχει μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή X και μία εξαρτημένη μεταβλητή Y , που προσεγγίζεται ως μια γραμμική συνάρτηση του X . Η τιμή y_i της Y , για κάθε τιμή της x_i της X , δίνεται από την σχέση: $y_i = \alpha + \beta \cdot x_i + \varepsilon_i$

Το πρόβλημα της 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 την μεταβολή της μεταβλητής Y όταν η μεταβλητή X μεταβληθεί κατά μια μονάδα.

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

Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνονται οι παρακάτω υποθέσεις:

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

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

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

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

Οι υποθέσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι ίδιες με εκείνες της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, δηλαδή υποθέτει κανείς ότι τα σφάλματα ε_i της παλινδρόμησης (όπως και η τυχαία μεταβλητή Y για κάθε τιμή της X) ακολουθούν κανονική κατανομή με σταθερή διασπορά. Γενικά το πρόβλημα και η εκτίμηση της

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

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:

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

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 Παλινδρόμηση Poisson

Η παλινδρόμηση Poisson είναι ίσως η πιο διαδεδομένη μέθοδος για την ανάπτυξη προτύπων που αφορούν διακριτά και ανεξάρτητα μεταξύ τους δεδομένα. Για να γίνει κατανοητή η παρουσίαση της μεθοδολογίας που θα περιγραφεί χρησιμοποιείται ένα παράδειγμα, αυτό των οδικών ατυχημάτων που προκύπτουν σε ένα σύνολο οδικών τμημάτων σε μια πόλη για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Θεωρώντας ότι τα οδικά ατυχήματα είναι σπάνια γεγονότα ανεξάρτητα μεταξύ τους μπορεί να γίνει η υπόθεση ότι ακολουθούν την κατανομή Poisson, με άλλα λόγια η πιθανότητα να εμφανιστούν y_i ατυχήματα δίδεται από τον τύπο:

$$P(y_i) = \frac{e^{-\lambda_i} * \lambda_i^{y_i}}{y_i!}$$

όπου:

$P(y_i)$ = η πιθανότητα να εμφανιστούν y_i ατυχήματα στην εξεταζόμενη περιοχή στη χρονική περίοδο αναφοράς,

λ_i = ο μέσος όρος της κατανομής Poisson δηλαδή ο αναμενόμενος αριθμός ατυχημάτων στην εξεταζόμενη περιοχή.

Η σχέση αυτή μπορεί να μετασχηματιστεί έτσι ώστε για ένα δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης να είναι γνωστός ο αριθμός των ατυχημάτων που μπορούν να συμβούν στην περιοχή ελέγχου. Έτσι η πιθανότητα $\Pi(x)$ να συμβούν σε μια θέση το πολύ x ατυχήματα δίδεται από τη σχέση:

$$\Pi(x) = \sum_{z=0}^{z=x} \frac{e^{-\lambda} * \lambda^z}{z!}$$

Η μέθοδος της παλινδρόμησης Poisson στοχεύει στον υπολογισμό της παραμέτρου λ της κατανομής Poisson, μέσω της οποίας γίνεται δυνατός ο υπολογισμός της πιθανότητας να συμβεί ορισμένος αριθμός ατυχημάτων στην εξεταζόμενη περιοχή. Για τον υπολογισμό χρησιμοποιείται μια σειρά μεταβλητών, οι οποίες θεωρείται ότι επηρεάζουν το φαινόμενο εμφάνισης ατυχημάτων. Οι μεταβλητές αυτές μπορεί να είναι γεωμετρικά χαρακτηριστικά, κυκλοφοριακές παράμετροι, χαρακτηριστικά

σηματοδότησης, καιρικές συνθήκες, χαρακτηριστικά οχημάτων, χαρακτηριστικά χρηστών και άλλες.

Οι μεταβλητές αυτές μπορεί να εισάγονται στο πρότυπο με διάφορες μορφές ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν ώστε να απεικονίζεται σωστά η επιρροή τους στο μέσο όρο λ . Οι μεταβλητές μπορούν να είναι συνεχείς ή διακριτές, ενώ ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στις διακριτές ανεξάρτητες μεταβλητές ώστε να αναγνωρισθεί εάν αυτές είναι κατηγορικές ή κλιμακωτές. Για παράδειγμα, η αντιμετώπιση μιας μεταβλητής ως σειριακής(ordinal) χρειάζεται προσοχή καθώς τα διάφορα επίπεδα της μπορεί να μην είναι ξεκάθαρα ενώ η αντιμετώπιση μιας σειριακής μεταβλητής ως απλή ονομαστική(nominal) θα στερήσει από το πρότυπο μεγάλη επεξηγηματική ικανότητα.

Ο υπολογισμός της παραμέτρου λ πραγματοποιείται με τη χρήση του απλού λογαριθμοκανονικού προτύπου και η σχέση μπορεί να εκφραστεί μαθηματικά ως εξής:

$$\lambda_i = \text{EXP}([\beta][X_i]) \text{ ή ισοδύναμα } \ln(\lambda_i) = [\beta][X_i]$$

όπου το X_i είναι ένα διάνυσμα επεξηγηματικών(ανεξάρτητων) μεταβλητών και το β είναι το διάνυσμα των εκτιμώμενων παραμέτρων, μίας για κάθε μεταβλητή. Το λ_i στην πραγματικότητα δίνει τον αριθμό των γεγονότων(οδικά ατυχήματα) τα οποία αναμένεται να συμβούν στην εξεταζόμενη χρονική περίοδο. Η εκτίμηση του διανύσματος των παραμέτρων β πραγματοποιείται με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας, με τη συνάρτηση πιθανοφάνειας να δίδεται από την παρακάτω σχέση:

$$L(\beta) = \prod_i \frac{\text{EXP}[-\text{EXP}([\beta][X_i])] * [\text{EXP}([\beta][X_i])]^{y_i}}{y_i!}$$

Ο λογάριθμος της παραπάνω συνάρτησης είναι πιο εύκολος στο χειρισμό και για το λόγο αυτό πολλές φορές χρησιμοποιείται έναντι της ίδιας της συνάρτησης:

$$LL([\beta]) = \sum_{i=1}^n [-\text{EXP}([\beta][X_i]) + y_i[\beta][X_i] - \text{LN}(y_i!)]$$

Οι παράμετροι που προκύπτουν από τη διαδικασία της μεθόδου μέγιστης πιθανοφάνειας χρησιμοποιούνται για να εξαχθούν συμπεράσματα για τα άγνωστα χαρακτηριστικά του πληθυσμού τα οποία θεωρείται ότι επηρεάζουν τη διαδικασία εμφάνισης των γεγονότων. Η μέθοδος αυτή παράγει παραμέτρους οι οποίες είναι συνεπείς και αποτελεσματικές.

3.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

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

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

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

Όσον αφορά στους **συντελεστές της εξίσωσης**, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα λογικής ερμηνείας των 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. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που η ταχύτητα διαδρομής αποτελεί την ανεξάρτητη και οι χρονικοί διαχωρισμοί την εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου θα πρέπει ο συντελεστής β_i της ταχύτητας να έχει αρνητικό πρόσημο. Η τιμή του συντελεστή θα πρέπει και αυτή να ερμηνεύεται λογικά δεδομένου ότι, αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής (x_i) κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β_i μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά τότε πρόκειται για την ελαστικότητα (elasticity).

Η **ελαστικότητα** αντικατοπτρίζει την ευαισθησία μιας εξαρτημένης μεταβλητής Y στην μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί η 1% μεταβολή της ανεξάρτητης. Η ελαστικότητα, για γραμμικά πρότυπα, δίνεται από την σχέση:

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

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

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

Όπου, s.e : τυπικό λάθος (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. Στον πίνακα που δίνεται στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κρίσιμες τιμές του συντελεστή t (t^*) για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης.

Βαθμός Ελευθερίας	Επίπεδο Εμπιστοσύνης				
	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
80	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

Πίνακας 3.1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t

Έτσι για μέγεθος δείγματος περί τα 80 και επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι $t^* = 1,7$ και για επίπεδο εμπιστοσύνης 90% είναι $t^* = 1,3$. Αν λοιπόν έχουμε $t = -3,2$ για κάποια ανεξάρτητη μεταβλητή X_i τότε παρατηρείται ότι η απόλυτη τιμή του t είναι μεγαλύτερη από την τιμή του t^* (1,7) και άρα είναι αποδεκτή η μεταβλητή ως στατιστικά σημαντική για το 95% των περιπτώσεων.

3.6.1 Μέτρα καλής εφαρμογής παλινδρόμησης Poisson

Για την αξιολόγηση ενός προτύπου παλινδρόμησης Poisson χρησιμοποιείται μια **σειρά μέτρων αξιολόγησης της εφαρμογής του στα δεδομένα**, κάποια από τα οποία παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες με εκείνα που παρουσιάστηκαν για τη μέθοδο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Τα μέτρα αυτά αφορούν είτε στον υπολογισμό δεικτών, είτε στη διεξαγωγή στατιστικών ελέγχων. Ο μελετητής θα πρέπει να λαμβάνει πάντοτε υπόψη εκτός από τις τιμές που παρέχουν τα μέτρα καλής εφαρμογής, το πρότυπο συνολικά αλλά και η κάθε παράμετρος ξεχωριστά να παρέχουν λογικά αποτελέσματα που πιθανώς να συμφωνούν με προηγούμενες συναφείς έρευνες, ειδάλλως να μπορούν να ερμηνευθούν με επιστημονικό τρόπο πάντοτε κατά την κρίση του μηχανικού. Τα μέτρα καλής εφαρμογής σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να αποτελούν το μοναδικό κριτήριο για την αξιολόγηση ενός προτύπου παρά να στηρίζουν και να επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματα που έχουν ερμηνευθεί με λογικό τρόπο.

Κατά την ανάπτυξη ενός προτύπου ένας από τους βασικότερους κανόνες είναι να περιγράφει επαρκώς τα δεδομένα με **το μικρότερο δυνατό αριθμό μεταβλητών**, απαίτηση που έχει ως αποτέλεσμα όσο το δυνατόν απλούστερα(και συνεπώς

εύχρηστα) και ταυτόχρονα ικανά πρότυπα. Κατά την ανάπτυξη ενός προτύπου και προτού η διαδικασία καταλήξει στην τελική του μορφή πραγματοποιούνται έλεγχοι-συγκρίσεις του προτύπου με άλλα πρότυπα που χρησιμοποιούν λιγότερες μεταβλητές (από το ίδιο σύνολο) ώστε να διαπιστωθεί εάν κάποιο απομειωμένο πρότυπο εξηγεί με την ίδια αποτελεσματικότητα (ή με μικρή απώλεια επεξηγηματικής ικανότητας) τα δεδομένα, και συνεπώς προτιμάται από το συνολικό πρότυπο, το οποίο είναι πιο περίπλοκο. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται σε καθορισμένο επίπεδο πιθανότητας.

Ο στατιστικός έλεγχος των λόγων πιθανοφάνειας χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της επιρροής των παραμέτρων. Για να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια προσπαθούμε ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας $L = -\log(\text{likelihood})$ να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος και προτιμούνται τα μοντέλα με μικρότερο λογάριθμο της συνάρτησης πιθανοφάνειας L . Μοντέλα που περιέχουν πολλές μεταβλητές είναι περισσότερο σύνθετα και χρειάζεται ένας κανόνας να αποφασίζει εάν η μείωση του $L = -\log(\text{likelihood})$ αξίζει την αυξημένη πολυπλοκότητα και για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε το **Likelihood Ratio Test (LRT)** (κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας). Σύμφωνα με το κριτήριο του λόγου πιθανοφάνειας (LRT) εάν η διαφορά

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

όπου $L(b) = L(\text{μοντέλο με τις } p \text{ μεταβλητές})$ ενώ $L(0) = L(\text{μοντέλο χωρίς τις } p \text{ μεταβλητές})$, είναι μεγαλύτερη από την τιμή του κριτηρίου χ^2 για p βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5% το μοντέλο είναι στατιστικά προτιμότερο από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές και γίνονται δεκτές οι μεταβλητές ως σημαντικές.

Το άθροισμα των αποκλίσεων μεταξύ των παρατηρούμενων και των προβλεπόμενων από το πρότυπο τιμών G^2 αποτελεί έναν ακόμη δείκτη καλής εφαρμογής του προτύπου. Το μέγεθος αυτό ισούται με μηδέν για ένα πρότυπο με τέλεια εφαρμογή. Ωστόσο η τιμή αυτή μόνο θεωρητικά μπορεί να επιτευχθεί και αποτελεί ένα κατώτατο όριο, καθώς η προβλεπόμενη από το πρότυπο τιμή του λ είναι συνεχής ενώ η πραγματική τιμή της είναι ακέραια, συνεπώς η διαφορά τους πρακτικά δεν μπορεί πρακτικά να είναι μηδέν. Η χαμηλή τιμή του G^2 μπορεί να παράσχει μια ένδειξη για την επιτυχία του προτύπου και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$G^2 = 2 \sum_{i=1}^n y_i \text{LN} \left(\frac{y_i}{\hat{\lambda}_i} \right)$$

Ο στατιστικός δείκτης R^2 που παρουσιάστηκε για την απλή γραμμική παλινδρόμηση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παλινδρόμηση Poisson καθώς ο υπολογισμός των σταθερών όρων β γίνεται με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας και όχι με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Εναλλακτικά υπολογίζεται ένας αντίστοιχος δείκτης ο οποίος βασίζεται σε ανηγμένες διαφορές (standardized residuals), **ο δείκτης**

R_p^2 . Το εύρος τιμών του δείκτη είναι το ίδιο με εκείνο του κλασσικού δείκτη R^2 δηλαδή από μηδέν έως ένα, με τις υψηλότερες τιμές να υποδηλώνουν καλύτερη προσαρμογή του προτύπου στα δεδομένα. Ο δείκτης δίδεται από τη σχέση:

$$R_p^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{y_i - \hat{\lambda}_i}{\sqrt{\lambda_i}} \right]^2}{\sum_{i=1}^n \left[\frac{y_i - \bar{y}}{\sqrt{\bar{y}}} \right]^2}.$$

Στις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν και παρουσιάζονται σε επόμενο κεφάλαιο ο συντελεστής συσχέτισης εξετάζεται πάντοτε σε συνδυασμό με όλες τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν ενώ οι τιμές του κυμάνθηκαν πάντοτε σε υψηλά επίπεδα της τάξης του 0,8 και άνω.

Ένα ακόμα μέτρο καλής εφαρμογής το οποίο χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της συνολικής εφαρμογής του προτύπου είναι ο **στατιστικός δείκτης ρ^2** . Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται :

$$\rho^2 = 1 - \frac{L(b)}{L(0)}$$

όπου $L(b)$ είναι ο λογάριθμος της συνάρτησης μέγιστης πιθανοφάνειας για ένα πρότυπο με όλες τις μεταβλητές (unrestricted model) ενώ $L(0)$ είναι η ίδια συνάρτηση για το πρότυπο χρησιμοποιώντας ως επεξηγηματικό παράγοντα μόνο τον σταθερό όρο β_0 και θέτοντας όλα τα υπόλοιπα β_i ίσα με μηδέν. Για ένα πρότυπο με άψογη εφαρμογή ο δείκτης ρ^2 έχει την τιμή ένα, καθώς η συνάρτηση πιθανοφάνειας για ένα τέτοιο πρότυπο είναι ίση με ένα (όλα τα εναλλακτικά πιθανά αποτελέσματα θα προβλεπόταν από το πρότυπο με πιθανότητα ίση με 1) και συνεπώς ο λογάριθμος της συνάρτησης ισούται με μηδέν. Έτσι όσο πιο κοντά στην τιμή ένα βρίσκεται ο στατιστικός δείκτης ρ^2 , τόσο περισσότερη διακύμανση στις παρατηρήσεις εξηγεί το πρότυπο.

3.7 ΠΟΛΥΕΠΙΠΕΔΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Υπάρχουν πολλοί ορισμοί και εγχειρίδια για την πολυεπίπεδη ανάλυση, όμως οι ορισμοί αυτοί μοιράζονται μία έννοια, **την ιδέα των ιεραρχιών ή ένθετες δομές δεδομένων**. Υπάρχουν άτομα και μεταβλητές που περιγράφουν αυτά τα άτομα, αλλά υπάρχουν και σύνολα που ομαδοποιούνται τα άτομα και μεταβλητές που περιγράφουν αυτά τα μεγαλύτερα σύνολα (Raudenbush and Bryk, 2002).

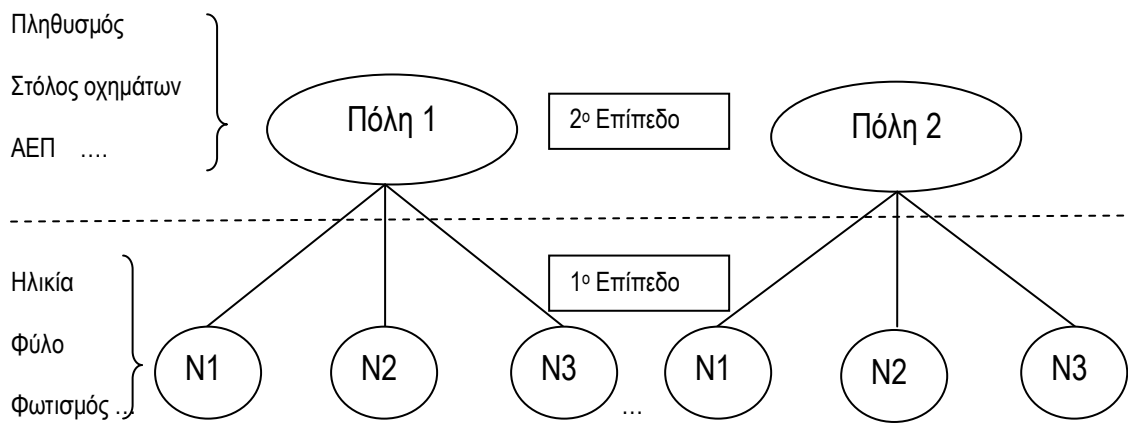
Τα πολυεπίπεδα μοντέλα έχουν αναπτυχθεί ως επί το πλείστον σε εκπαιδευτική και κοινωνική έρευνα (π.χ., Aitkin & Longford, 1986, Kreft, 1994, Kreft et al., 1995), όπου πολλά αντικείμενα αυτών των ερευνών είναι ιεραρχικά δομημένα (π.χ.: οι μαθητές στις

τάξεις, τάξεις στα σχολεία, εργαζόμενοι σε τμήματα, τμήματα των επιχειρήσεων, υπόπτων στα δικαστήρια, απογόνους εντός των οικογενειών). Ωστόσο, δομικά ίδιες μέθοδοι χρησιμοποιούνται συνήθως και σε άλλους κλάδους. Στην επιστήμη της βιοϊατρικής αυτά τα μοντέλα που συχνά αναφέρονται ως μοντέλα mixed-effects ή random-effects (Bates & Pinheiro, 1995) χρησιμοποιούνται μεταξύ των άλλων για την ανάλυση καμπύλης ανάπτυξης (Lindsey, 1993), αναλύσεις επιβίωσης (Sargent, 1998), και επιδημιολογικές αναλύσεις (Diez-Roux, 2002, Carrière & Bouyer, 2002). Στην οικονομετρία είναι τα ίδια μοντέλα που είναι γνωστά ως random-coefficient regression models (π.χ. Longford, 1993), χρησιμοποιούνται για ανάλυση των αλλαγών κινδύνου-απόδοσης (Lee, et al, 2006). Παρά το γεγονός ότι τα πρώτα πολυεπίπεδα μοντέλα αφορούν γραμμικά μοντέλα, έχουν επεκταθεί για τη χρήση των διακριτών δεδομένων και δεδομένων από μετρήσεις (Lee & Nelder, 2001) και μη γραμμικές αναλύσεις (Pinheiro & Bates, 1995).

Αν και τα πολυεπίπεδα μοντέλα είναι ευρέως διαδεδομένα σε πολλούς επιστημονικούς κλάδους, **είναι σχετικά νέα στον τομέα της έρευνας οδικής ασφάλειας** και εφαρμόζονται μόνο σε ένα μικρό αριθμού μελετών. Αυτός ο τομέας είναι ακόμη πιο σχετικός διότι ένθετες δομές δεδομένων είναι ο κανόνας και όχι η εξαίρεση σε αυτόν τον τομέα. Στις έρευνες στην άκρη του δρόμου, όπως μετρήσεις ταχύτητας, έλεγχος της ζώνης ασφαλείας, ή τους ελέγχους αλκοόλ, τα αυτοκίνητα είναι ένθετα μέσα στις τοποθεσίες μετρήσεων.

Τα ατυχήματα και ο αριθμός των θυμάτων είναι ιεραρχικά δομημένες δομές ανάλογα με τη χωρικές ή διοικητικές μονάδες, όπως νομούς και περιφέρειες. Το ίδιο ισχύει και για τη στατιστική περιγραφή των δραστηριοτήτων επιβολής του νόμου, όπως ο αριθμός των παραβάσεων ταχύτητας ή οι έλεγχοι αλκοόλ.

Τα ατυχήματα δείχνουν μια ιεραρχική δομή, επειδή είναι οι οδηγοί και οι επιβάτες είναι ένθετα σε οχήματα, οχήματα σε ατυχήματα, στα ατυχήματα στις περιοχές (Jones και Jørgensen, 2003). Επιπλέον, τα πολυεπίπεδα μοντέλα μπορούν να εφαρμοστούν σε επανειλημμένες μετρήσεις, για παράδειγμα παραστάσεις οδήγησης, όπου τα αποτελέσματα απόδοσης είναι ένθετα μέσα στα άτομα που τα παρήγαγαν (Burns et al. 1999).



Όσον αφορά στις **εξισώσεις των πολυεπίπεδων μοντέλων** ένα κλασσικό γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης για ένα μεγάλο δείγμα δεδομένων μπορεί να επεκταθεί για να αντιπροσωπεύει τα πολλαπλά επίπεδα των δεδομένων. Η μορφή του **απλού μοντέλου στην γραμμική παλινδρόμηση** είναι η εξής:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + e_i$$

όπου αναφέρεται αναλυτικά και παραπάνω.

Στις αναλύσεις των πολυεπίπεδων μοντέλων, τα οποία αποτελούν προέκταση του μοντέλου της γραμμικής παλινδρόμησης αναλύονται τα δεδομένα σε διαφορετικά επίπεδα. Οι εξισώσεις είναι οι εξής:

Πρώτο επίπεδο: Στο πρώτο επίπεδο της ανάλυσης η εξίσωση είναι η ακόλουθη:

$$y_i = \beta_{0j} + \beta_{1j} x_{1ij} + \beta_{2j} x_{2ij} + \dots + \beta_{qj} x_{qij} + e_{ij}$$

όπου y η προβλεπόμενη τιμή για την εξαρτημένη μεταβλητή, β είναι οι παράμετροι στο πρώτο επίπεδο της ανάλυσης (σταθερές ή προβλεπτικές κλίσεις), x_{qij} η ανεξάρτητη μεταβλητή q (όπου $q = 1, 2, 3..$) για το άτομο i που ανήκει στην ομάδα j και τέλος, e_{ij} είναι τα σφάλματα των ατόμων i που ανήκουν στην ομάδα j «γύρω» από την εξαρτημένη μεταβλητή στο πρώτο επίπεδο της ανάλυσης (δηλαδή οι αποστάσεις τους από την εξαρτημένη μεταβλητή).

Δεύτερο επίπεδο: Στο δεύτερο επίπεδο της ανάλυσης η εξίσωση είναι η ακόλουθη όπου οι συντελεστές του πρώτου επιπέδου (σταθερές και προβλεπτικές κλίσεις) γίνονται εξαρτημένες μεταβλητές και αναλύονται περεταίρω (π.χ. προβλέπονται από άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές του δεύτερου επιπέδου):

$$\beta_{qj} = \gamma_{q0} + \gamma_{q1} w_{1j} + \gamma_{q2} w_{2j} + \dots + \gamma_{qk} w_{kj} + u_{qj}$$

όπου γ_q είναι οι συντελεστές του δεύτερου επιπέδου (σταθερές και προβλεπτικές κλίσεις) των μεταβλητών του δεύτερου επιπέδου (όπου $k = 1, 2, 3..$), w_{kj} είναι οι ανεξάρτητες μεταβλητές του δεύτερου επιπέδου και u_{qj} είναι το σφάλμα γύρω από την εξαρτημένη μεταβλητή στο δεύτερο επίπεδο ανάλυσης. Ο δείκτης q εκφράζει τους συντελεστές, σταθερές και κλίσεις. Ο δείκτης j την ομάδα, και ο k τον αριθμό αυτών των συντελεστών (π.χ. 1,2,3). Για παράδειγμα ο συντελεστής $\gamma_{q2} w_{2j}$ εκφράζει την προβλεπτική κλίση γ της 2^{ης} ανεξάρτητης μεταβλητής w η οποία εκφράζει χαρακτηριστικό της τάξης j .

Η μορφή του **πολυεπίπεδου μοντέλου της Poisson** είναι η εξής:

$$\log(\pi_{ij}) = \log(E_{ij}) + \beta_{0j} + \beta_{1j} x_j + e_j$$

$$\beta_{0j} = \beta_0 + u_{0j}$$

$$\beta_{1j} = \beta_1 + u_{1j}$$

όπου το E_{ij} αντιπροσωπεύει τον αναμενόμενο αριθμό των περιπτώσεων για κάθε επίπεδο.

Η κατανομή Poisson χρησιμοποιείται για να μοντελοποιηθεί η τυχαία διακύμανση των παραμέτρων του χαμηλότερου επιπέδου σε υψηλότερα επίπεδα όπου υποτίθεται ότι είναι πολυμεταβλητή κανονική (Rasbash et al., 2000).

Μια αποτελεσματική διαδικασία εκτίμησης για αυτό το μη-γραμμικό μοντέλο είναι προγνωστική οιονεί πιθανότητας (Langford et al., 1998). Ωστόσο, μία παράμετρος διασποράς στο χαμηλότερο επίπεδο μπορεί να εκτιμηθεί, έτσι ώστε:

$$\text{var}(\pi_{ij}) = \alpha \pi_{ij}$$

Εάν $\alpha = 1$, τότε η διακύμανση ακολουθεί την κατανομή Poisson, εάν $\alpha > 1$ τότε υπάρχει extra-Poisson διακύμανση, και αν $\alpha < 1$ το μοντέλο είναι με διασπορά όπως μπορεί να συμβεί όταν πολλές από τις μετρήσεις είναι μηδέν. Ωστόσο, αρκετά συχνά υπάρχουν θεωρητικοί λόγοι να υποθέσουμε την extra-Poisson διακύμανση στα στοιχεία (Dean, 1992 Hauer, 2001). Για παράδειγμα, αυτή είναι η περίπτωση όταν τα ατυχήματα προέρχονται από πολύ ετερογενείς πληθυσμούς. Αυτή η κατάσταση μπορεί να περιγραφεί περαιτέρω με μια αρνητική διωνυμική κατανομή.

Αν αγνοηθεί μια ιεραρχική δομή προκύπτουν δύο κατηγορίες προβλημάτων: **στατιστικά προβλήματα και εννοιολογικά προβλήματα**. Το πρώτο είδος προβλημάτων έχει αναφερθεί προηγουμένως. Λόγω της εξάρτησης των παρατηρήσεων με τις ιεραρχικές δομές δεδομένων, υπάρχει ο κίνδυνος να υποτιμηθούν τα τυπικά σφάλματα και ως εκ τούτου να θεωρηθεί ως σημαντικό ένα αποτέλεσμα που στην πραγματικότητα οφείλεται στην τύχη (Rasbash et al., 2004). Τα εννοιολογικά προβλήματα των αποτελεσμάτων οφείλονται στην ύπαρξη μεταβλητών που επηρεάζουν διαφορετικά επίπεδα στην ιεραρχία των δεδομένων και στις πιθανές αλληλεπιδράσεις τους. Οι μεταβλητές που σχετίζονται με υψηλότερα επίπεδα τάξης αναφέρονται επίσης ως συναφείς πληροφορίες.

3.8 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Η ανάλυση παλινδρόμησης Poisson έγινε με τη βοήθεια ειδικού στατιστικού προγράμματος. Μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης στο MICROSOFT EXCEL, τα στοιχεία τοποθετήθηκαν σε αρχεία και μεταφέρθηκαν στο ειδικό στατιστικό πρόγραμμα και ακολουθήθηκαν οι ενέργειες που συνοπτικά παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Αρχικά, καθορίστηκαν οι μεταβλητές στο πεδίο μεταβλητών (Names). Εκεί δίνονται οι ονομασίες και καθορίζονται οι ιδιότητές τους (όνομα, τύπος μεταβλητής, αριθμός

ψηφίων, κωδικοποίηση τιμών κ.α). Είναι σημαντικό να γίνει διάκριση των μεταβλητών σε συνεχείς (scale), διατεταγμένες (ordinal) και διακριτές (nominal).

Στην συνέχεια ακολούθησαν οι εξής εντολές:

Averages and Correlations: Διαδικασίες για την παραγωγή περιγραφικών αποτελεσμάτων, με την επιλογή **Averages**. Πρόκειται για χρήσιμες στατιστικές περιγραφικές συναρτήσεις (μέσος, τυπική απόκλιση). Η διαδικασία που μετράει τη συσχέτιση ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών γίνεται μέση της επιλογής **Correlation** από την εντολή Averages and Correlations και πάλι.

Από το πεδίο **Model** επιλέγεται η εντολή **Equations** και διαμορφώνεται η εξίσωση για την ανάλυση. Στην εντολή Equations επιλέγεται η εξαρτημένη μεταβλητή (αριθμός νεκρών), η ανάλυση παλινδρόμησης Poisson καθώς και τα δύο επίπεδα ανάλυσης (πρώτο επίπεδο: αριθμός ατυχημάτων σε κάθε χώρα και δεύτερο επίπεδο: οι χώρες). Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που θα μελετηθούν στην ανάλυση τοποθετούνται καθεμία ξεχωριστά από το πεδίο **Add Term** και πατώντας την εντολή Start ξεκινάει η ανάλυση.

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

- Οι τιμές και τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης β_i να μπορούν να εξηγηθούν λογικά.
- Η τιμή του στατιστικού ελέγχου t να είναι μεγαλύτερη από εκείνες που αναφέρονται στον Πίνακα 3.1 για τα διάφορα επίπεδα εμπιστοσύνης και
- Η τιμή του (LRT) σύμφωνα με το Likelihood Ratio Test να είναι μεγαλύτερη από την τιμή του κριτηρίου χ^2 για p βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ούτως ώστε το μοντέλο είναι στατιστικά προτιμότερο από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές.

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό της την ανάλυση χαρακτηριστικών οδικών ατυχημάτων στις αστικές περιοχές της Ευρώπης. Μετά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας και την επιλογή της καταλληλότερης μεθοδολογίας, ήταν απαραίτητη η συλλογή των δεδομένων 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 την αξιοπιστία των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν. Παράλληλα, γίνεται αναφορά στα **προβλήματα διαθεσιμότητας** που παρουσιάστηκαν κατά τη συλλογή τους και στους τρόπους με τους οποίους αντιμετωπίστηκαν. Στο στάδιο της επεξεργασίας παρουσιάζεται ο τρόπος κωδικοποίησης των στοιχείων και εισαγωγής τους στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για την επίτευξη του σκοπού της διπλωματικής εργασίας απαιτήθηκε η **συλλογή στοιχείων** που αφορούσαν στον πληθυσμό στις αστικές περιοχές των Ευρωπαϊκών κρατών, στον ετήσιο αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων, στο Α.Ε.Π. των κρατών-μελών της Ε.Ε. και στον ετήσιο αριθμό θανάτων που προκλήθηκαν από οδικά ατυχήματα για συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του οδηγού, του οδικού περιβάλλοντος και του μέσου για το έτος 2009. Η συλλογή των παραπάνω στοιχείων από μία μόνο βάση δεδομένων δεν ήταν δυνατή και κατά συνέπεια αναζητήθηκαν περισσότερες βάσεις δεδομένων. Οι χρησιμοποιηθείσες βάσεις αναλύονται παρακάτω.

4.2.1 Βάσεις δεδομένων

Μία από τις βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη συλλογή των στοιχείων ήταν η **Ευρωπαϊκή Βάση Οδικών Ατυχημάτων, CARE** (CARE- Community database on Accidents on the Roads in Europe). Η βάση αυτή αποτελεί μια πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, προκειμένου να δημιουργηθεί μία βάση δεδομένων εξατομικευμένων στοιχείων οδικών ατυχημάτων. Περιέχονται αναλυτικά στοιχεία για κάθε ένα ατύχημα, όπως αυτά συγκεντρώνονται από τα κράτη μέλη της Ε.Ε.. Η δομή του συστήματος CARE εξασφαλίζει μεγάλη ευελιξία και δυνατότητες πολλαπλής επεξεργασίας των πληροφοριών που εισάγονται, ανοίγοντας νέες προοπτικές στον τομέα ανάλυσης των ατυχημάτων.

Οι διαφορές στα εθνικά συστήματα συλλογής στοιχείων των ατυχημάτων, οι διαφορές στη δομή των εθνικών αρχείων, οι διαφορετικές πληροφορίες που συλλέγονται και οι διαφορετικοί αντίστοιχοι ορισμοί που χρησιμοποιούνται ήταν τα βασικά προβλήματα τα οποία είχε να αντιμετωπίσει η ανάπτυξη της βάσης δεδομένων CARE ώστε να καταστεί λειτουργική και χρήσιμη. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκαν **ειδικοί αλγόριθμοι μετατροπής**, με στόχο την αύξηση της συμβατότητας των στοιχείων και, κατά συνέπεια τη βελτίωση της χρησιμότητας της βάσης δεδομένων CARE.

Σήμερα η βάση δεδομένων CARE περιλαμβάνει στοιχεία 7 έως 10 ετών για τα περισσότερα κράτη της Ε.Ε. Στόχος της διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάλυση σε ένα έτος. Έτσι συλλέχθηκαν τα στοιχεία για τα έτη 2008, 2009, και 2010 και επιλέχθηκε να γίνει η ανάλυση για το έτος 2009 εφόσον υπήρχαν περισσότερα και ολοκληρωμένα στοιχεία για το συγκεκριμένο έτος για όλα τα κράτη.

Ορισμένα από τα προβλήματα στον ορισμό των δεδομένων έχουν ήδη λυθεί και υπάρχουν σήμερα μεταβλητές ατυχημάτων που περιέχουν άμεσα συγκρίσιμες τιμές. Ειδικότερα, εκτός του ενιαίου ορισμού του νεκρού (νεκρός εντός 30 ημερών από το οδικό ατύχημα), του ατυχήματος και του αυτοκινητοδρόμου, μια σειρά από βασικές μεταβλητές έχουν πλήρως εναρμονιστεί, παρέχοντας τη δυνατότητα για απευθείας συγκρίσεις. Συγκεκριμένα, πρόκειται για τις μεταβλητές (με τις αντίστοιχες τιμές):

- **Κατηγορία νεκρού** (οδηγός, επιβάτης, πεζός)
- **Φύλο νεκρού** (άνδρας, γυναίκα, άγνωστο)
- **Ηλικία νεκρού** (ηλικία, άγνωστο)
- **Τύπος οχήματος** (επιβατικό ή ταξί, αγροτικό, λεωφορείο, φορτηγό <3,5 τ, φορτηγό >3,5 τ, μοτοποδήλατο, μοτοσικλέτα, ποδήλατο, άλλο)
- **Τύπος περιοχής** (εντός / εκτός κατοικημένης περιοχής)
- **Διασταύρωση** (σταυροδρόμι, ανισόπεδος κόμβος, σιδηροδρομική διάβαση, κυκλικός κόμβος, κόμβος τύπου "T" ή "Y", άλλος, εκτός διασταύρωσης)
- **Τύπος ατυχήματος** (νωτομετωπική σύγκρουση, μετωπική σύγκρουση, πλαγιομετωπική σύγκρουση, παράσυρση πεζού, πολλαπλή σύγκρουση, ατύχημα ενός οχήματος χωρίς πρόσκρουση σε εμπόδιο, ατύχημα ενός οχήματος με πρόσκρουση σε εμπόδιο, παράσυρση ζώου, σύγκρουση με σταθμευμένο όχημα, άλλο)
- **Συνθήκες φωτισμού** (φως ημέρας, σούρουπο/αυγή, νύχτα, νύχτα χωρίς φωτισμό οδού, νύχτα με φωτισμό οδού)
- **Καιρικές συνθήκες** (ομίχλη, βροχή, χιόνι, άνεμος, ξηρές, άλλο)
- **Ημέρα της εβδομάδας**

Η **Ελλάδα** συμμετέχει ενεργά στην οργάνωση και λειτουργία της Βάσης Δεδομένων CARE, με τη συμμετοχή στις σχετικές επιτροπές (CARE-Experts Group κλπ.) και τις αντίστοιχες ερευνητικές προσπάθειες (έργα CAREPLUS 1 και 2 κλπ.) σε ευρωπαϊκό

επίπεδο. Παράλληλα, τα εθνικά στοιχεία οδικών ατυχημάτων αποστέλλονται χωρίς σημαντικές καθυστερήσεις, με αποτέλεσμα σήμερα το CARE να περιέχει πλήρη, εναρμονισμένα και επίκαιρα στοιχεία για την Ελλάδα.

Η ύπαρξη της βάσης δεδομένων CARE μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην ανταλλαγή εμπειριών στον τομέα της οδικής ασφάλειας, στη σύγκριση του επιπέδου οδικής ασφάλειας ανάμεσα στα ευρωπαϊκά κράτη, στον εντοπισμό και τον ποσοτικό υπολογισμό των προβλημάτων οδικής ασφάλειας, στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μέτρων οδικής ασφάλειας και στην υποστήριξη της λήψης νέων μέτρων τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο (European Commission, 1996, European Commission, 2001).

Κατόπιν της συλλογής των στοιχείων από τις διάφορες διεθνείς πηγές που αναφέρθηκαν προηγουμένως, δημιουργήθηκε αφενός μία βάση δεδομένων με στοιχεία που αφορούσαν οδικά ατυχήματα που συνέβησαν στα ευρωπαϊκά κράτη και αφετέρου συμπληρώθηκε η υπάρχουσα βάση δεδομένων της CARE με πληθυσμιακά στοιχεία.

Από τα προαναφερθέντα αρχεία της βάσης δεδομένων της CARE επιδιώχθηκε μέσα από μία συστηματική διαδικασία να συγκεντρωθούν στοιχεία για όσο το δυνατόν περισσότερες μεταβλητές που ο ερευνητής θεωρεί ότι είναι περισσότερο σημαντικές όσον αφορά στην επιρροή τους στο δείκτη επικινδυνότητας. Από τη στατιστική ανάλυση θα προκύψει ποιες από αυτές είναι πρωτεύουσας σημασίας.

Τα στοιχεία των οδικών ατυχημάτων που τελικά επιλέχθηκαν από την βάση δεδομένων της CARE για το έτος 2009 για την παρούσα Διπλωματική Εργασία φαίνονται στον πίνακα 4.1.

Αριθμός νεκρών μέσα σε τριάντα ημέρες από το οδικό ατύχημα
Καιρικές συνθήκες <ol style="list-style-type: none"> 1) Καλοκαιρία 2) Ομίχλη 3) Βροχή 4) Άνεμοι 5) Χιονόνερο, Χαλάζι 6) Χιόνι 7) Άλλα 8) Άγνωστο
Συνθήκες φωτισμού <ol style="list-style-type: none"> 1) Φως ημέρας 2) Σούρουπο, Αυγή 3) Νύχτα 4) Νύχτα με φωτισμό οδού 5) Νύχτα χωρίς φωτισμό οδού

6) Άγνωστο
Τύπος οχήματος (η βάση δεδομένων περιείχε και τους πεζούς σαν μια κατηγορία)
1) Επιβατικό
2) Αγροτικό
3) Λεωφορείο
4) Φορτηγό <3,5 τ.
5) Φορτηγό >3,5 τ.
6) Μοτοποδήλατο
7) Μοτοσικλέτα
8) Ποδήλατο
9) Πεζοί
10) Άγνωστο
Ηλικία νεκρού σε ομάδες
1) Ηλικία
2) Άγνωστο
Φύλο νεκρού
1) Άνδρας
2) Γυναίκα
3) Άγνωστο

Πίνακας 4.1: Περιγραφή επιλεγμένων μεταβλητών της βάσης δεδομένων για το έτος 2009.

Η αναζήτηση στοιχείων για τον ετήσιο πληθυσμό της αστικής περιοχής κάθε χώρας, τον στόλο των οχημάτων αλλά και το Α.Ε.Π. των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης έγινε 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.

4.2.2 Προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά τη συλλογή των στοιχείων και επίλυσή 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. 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 είναι κατά το δυνατόν ομοιόμορφα και συγκρίσιμα.

Το μόνο πρόβλημα που παρουσιάστηκε κατά τη συλλογή των δεδομένων ήταν η **μη διαθεσιμότητα** σε ορισμένες περιπτώσεις όλων των απαιτούμενων στοιχείων, κυρίως εκείνα που αφορούσαν στον στόλο οχημάτων για το έτος 2009. Στις περιπτώσεις αυτές γνωρίζοντας τον ρυθμό αύξησης του στόλου τα προηγούμενα έτη υπολογίστηκε και ο στόλος του έτους 2009, αυξάνοντας τον όμως με μικρότερο ρυθμό λόγω της οικονομικής κρίσης που ξεκίνησε το 2008. Επιπλέον, τα στοιχεία για τους νεκρούς στις χώρες Κροατία, Ισλανδία, Λουξεμβούργο και Μάλτα ήταν είτε ελλιπή είτε ο αριθμός των νεκρών ήταν πολύ μικρός οπότε αποφασίστηκε να αφαιρεθούν αυτά τα κράτη από την ανάλυση και τελικά η μελέτη πραγματοποιήθηκε για 24 Ευρωπαϊκές χώρες που αναφέρονται παρακάτω.

4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Εφόσον συλλέχθηκαν τα στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω από τη βάση δεδομένων CARE που αφορούν στην ηλικία, στο φύλο των νεκρών και στα χαρακτηριστικά του οδικού περιβάλλοντος και στον τύπο οχημάτων επιλέχθηκαν τα στοιχεία οδικών ατυχημάτων τα οποία θεωρήθηκαν ως τα σημαντικότερα, για να **δημιουργηθούν οι αρχικοί συγκεντρωτικοί πίνακες** που θα αποτελούσαν τη βάση για να καταλήξει στη συνέχεια η έρευνα στο τελικό αποτέλεσμα. Ενδεικτικά παρατίθενται στη συνέχεια ορισμένοι από τους αρχικούς συγκεντρωτικούς πίνακες που συμπληρώθηκαν στην πρώτη φάση της παρούσας έρευνας και αναφέρονται στα συμπεράσματα που προκύπτουν.

Στους επόμενους πίνακες 4.2-4.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στον αριθμό των νεκρών ανά κατάσταση καιρικών συνθηκών, στις Ευρωπαϊκές χώρες. Παρατηρείται ότι η πλειοψηφία των ατυχημάτων με νεκρούς (83%) πραγματοποιείται με καλοκαιρία, ενώ το ποσοστό των ατυχημάτων που έχουν αποτέλεσμα νεκρό που πραγματοποιείται σε βροχή είναι πολύ πιο χαμηλό (9%). **Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι οδηγοί κατά την διάρκεια βροχόπτωσης είναι πολύ πιο προσεκτικοί στην οδήγησή τους.** Παρόλα αυτά στην Πορτογαλία το 17.7% των νεκρών προέρχεται από ατυχήματα κατά την διάρκεια βροχής, ενώ όπως αναφέρθηκε στο σύνολο των Ευρωπαϊκών χωρών που εξετάζονται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία το ποσοστό νεκρών σε βροχή είναι μόνο 9%. Τα μεγαλύτερα ποσοστά νεκρών σε καλοκαιρία εμφανίζονται στην Εσθονία (94.7%) και την Ισπανία (93.7%). Σημειώνεται επίσης ότι το από το σύνολο των ατυχημάτων με βροχή το μεγαλύτερο ποσοστό εμφανίζεται στην Πολωνία (21%).

A/A	Χώρες	Καλοκαιρία	Βροχή	Άλλο	ΣΥΝΟΛΟ	
1	Αυστρία	146	23	4	173	1%
2	Βέλγιο	224	22	11	257	2%
3	Βουλγαρία	503	61	25	589	4%
4	Τσεχία	272	41	16	329	2%
5	Δανία	73	16	3	92	1%
6	Εσθονία	18	0	1	19	0%
7	Φιλανδία	68	1	7	76	1%
8	Γαλλία	1115	107	30	1252	9%
9	Γερμανία	842	37	346	1225	9%
10	Ελλάδα	579	57	10	646	5%
11	Ουγγαρία	270	24	7	301	2%
12	Ιρλανδία	44	9	3	56	0%
13	Ιταλία	1536	164	192	1892	14%
14	Λετονία	62	4	2	68	0%
15	Ολλανδία	208	16	3	227	2%
16	Πολωνία	1785	259	127	2171	16%
17	Πορτογαλία	312	68	5,7	386	3%
18	Ρουμανία	1555	145	56	1756	13%
19	Σλοβακία	141	22	13	176	1%
20	Σλοβενία	56	6	2	64	0%
21	Ισπανία	547	28	9,3832	584	4%
22	Σουηδία	0	0	89	89	1%
23	Ελβετία	115	17	5	137	1%
24	Ην. Βασίλειο	840	108	52	1000	7%
	ΣΥΝΟΛΟ	11312	1235	1019	13566	100%
		83%	9%	7%	100%	

Πίνακας 4.2: Αριθμός νεκρών ανά κατάσταση καιρικών συνθηκών.

A/A	Χώρες	Καλοκαιρία	Βροχή	Άλλο
1	Αυστρία	84,4%	13,3%	2,3%
2	Βέλγιο	87,2%	8,6%	4,3%
3	Βουλγαρία	85,4%	10,4%	4,2%
4	Τσεχία	82,7%	12,5%	4,9%
5	Δανία	79,3%	17,4%	3,3%
6	Εσθονία	94,7%	0,0%	5,3%
7	Φιλανδία	89,5%	1,3%	9,2%
8	Γαλλία	89,1%	8,5%	2,4%
9	Γερμανία	68,7%	3,0%	28,2%
10	Ελλάδα	89,6%	8,8%	1,5%

11	Ουγγαρία	89,7%	8,0%	2,3%
12	Ιρλανδία	78,6%	16,1%	5,4%
13	Ιταλία	81,2%	8,7%	10,1%
14	Λετονία	91,2%	5,9%	2,9%
15	Ολλανδία	91,6%	7,0%	1,3%
16	Πολωνία	82,2%	11,9%	5,8%
17	Πορτογαλία	80,8%	17,7%	1,5%
18	Ρουμανία	88,6%	8,3%	3,2%
19	Σλοβακία	80,1%	12,5%	7,4%
20	Σλοβενία	87,5%	9,4%	3,1%
21	Ισπανία	93,7%	4,7%	1,6%
22	Σουηδία	0,0%	0,0%	100,0%
23	Ελβετία	83,9%	12,4%	3,6%
24	Ην. Βασίλειο	84,0%	10,8%	5,2%
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	83,4%	9,1%	7,5%

Πίνακας 4.3: Ποσοστά νεκρών ανά κατάσταση καιρικών συνθηκών στην Ευρώπη.

Α/Α	Χώρες	Καλοκαιρία	Βροχή	Άλλο	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
1	Αυστρία	1,3%	1,9%	0,4%	1,2%
2	Βέλγιο	2,0%	1,8%	1,1%	1,6%
3	Βουλγαρία	4,4%	4,9%	2,5%	3,9%
4	Τσεχία	2,4%	3,3%	1,6%	2,4%
5	Δανία	0,6%	1,3%	0,3%	0,7%
6	Εσθονία	0,2%	0,0%	0,1%	0,1%
7	Φιλανδία	0,6%	0,1%	0,7%	0,5%
8	Γαλλία	9,9%	8,7%	2,9%	7,2%
9	Γερμανία	7,4%	3,0%	34,0%	14,8%
10	Ελλάδα	5,1%	4,6%	1,0%	3,6%
11	Ουγγαρία	2,4%	1,9%	0,7%	1,7%
12	Ιρλανδία	0,4%	0,7%	0,3%	0,5%
13	Ιταλία	13,6%	13,3%	18,8%	15,2%
14	Λετονία	0,5%	0,3%	0,2%	0,4%
15	Ολλανδία	1,8%	1,3%	0,3%	1,1%
16	Πολωνία	15,8%	21,0%	12,5%	16,4%
17	Πορτογαλία	2,8%	5,5%	0,6%	3,0%
18	Ρουμανία	13,7%	11,7%	5,5%	10,3%
19	Σλοβακία	1,2%	1,8%	1,3%	1,4%
20	Σλοβενία	0,5%	0,5%	0,2%	0,4%
21	Ισπανία	4,8%	2,2%	0,9%	2,7%

22	Σουηδία	0,0%	0,0%	8,7%	2,9%
23	Ελβετία	1,0%	1,4%	0,5%	1,0%
24	Ην. Βασίλειο	7,4%	8,7%	5,1%	7,1%
	ΣΥΝΟΛΟ	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Πίνακας 4.4: Ποσοστά νεκρών στις Ευρωπαϊκές χώρες ανά κατάσταση καιρικών συνθηκών.

Στους επόμενους πίνακες 4.5-4.7, περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα σχετικά με τους αριθμούς και τα ποσοστά νεκρών ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό νεκρών σε ατυχήματα είναι κατά τη διάρκεια της ημέρας (46%), ενώ στο σκοτάδι το ποσοστό είναι χαμηλότερο (26%). Αυτό μπορεί να εξηγηθεί τόσο από το γεγονός ότι **υπάρχει υψηλότερη κυκλοφορία κατά την ημέρα όσο και ότι οι οδηγοί τείνουν να είναι πιο προσεκτικοί όταν ο φωτισμός δεν είναι τόσο καλός**, όπως τη νύχτα ή το σούρουπο και την αυγή. Το μικρό ποσοστό νεκρών από οδικά ατυχήματα στο σούρουπο ή την αυγή (6%) μπορεί να οφείλεται και στη μικρή διάρκειά τους. **Στην Ελλάδα και στην Αγγλία παρατηρείται ότι το ποσοστό των νεκρών από ατυχήματα τη νύχτα (46%) είναι υψηλότερο απ' ότι στο σύνολο των ατυχημάτων τη νύχτα, των εξεταζόμενων χωρών.** Το μεγαλύτερο ποσοστό ατυχημάτων με νεκρούς το σούρουπο προκύπτει στην Ρουμανία (32.3%).

A/A	Χώρες	Νύχτα	Φως ημέρας	Σούρουπο, Αυγή	Άλλο	ΣΥΝΟΛΟ	
1	Αυστρία	47	91	7	28	173	1%
2	Βέλγιο	97	138	14	8	257	2%
3	Βουλγαρία	216	349	24	0	589	4%
4	Τσεχία	98	174	13	44	329	2%
5	Δανία	40	47	3	2	92	1%
6	Εσθονία	6	12	0	1	19	0%
7	Φιλανδία	19	45	9	3	76	1%
8	Γαλλία	478	684	76	14	1252	9%
9	Γερμανία	0	746	53	426	1225	9%
10	Ελλάδα	300	307	26	13	646	5%
11	Ουγγαρία	127	168	0	6	301	2%
12	Ιρλανδία	23	32	0	1	56	0%
13	Ιταλία	0	0	0	1892	1892	14%
14	Λετονία	30	36	0	2	68	1%
15	Ολλανδία	63	155	7	2	227	2%
16	Πολωνία	870	1088	213	0	2171	16%
17	Πορτογαλία	129	229	26	2	386	3%

18	Ρουμανία	610	821	245	80	1756	13%
19	Σλοβακία	53	84	5	34	176	1%
20	Σλοβενία	0	0	0	64	64	0%
21	Ισπανία	198	343	30	13	584	4%
22	Σουηδία	32	49	3	5	89	1%
23	Ελβετία	34	87	5	11	137	1%
24	Ην. Βασίλειο	456	513	0	31	1000	7%
	ΣΥΝΟΛΟ	3926	6198	760	2682	13566	100%
		29%	46%	6%	20%	100%	

Πίνακας 4.5: Αριθμός νεκρών ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού.

A/A	Χώρες	Σκοτάδι	Φως ημέρας	Σούρουπο, Αυγή	Άλλο
1	Αυστρία	27%	53%	4%	16%
2	Βέλγιο	38%	54%	5%	3%
3	Βουλγαρία	37%	59%	4%	0%
4	Τσεχία	30%	53%	4%	13%
5	Δανία	43%	51%	3%	2%
6	Εσθονία	32%	63%	0%	5%
7	Φιλανδία	25%	59%	12%	4%
8	Γαλλία	38%	55%	6%	1%
9	Γερμανία	0%	61%	4%	35%
10	Ελλάδα	46%	48%	4%	2%
11	Ουγγαρία	42%	56%	0%	2%
12	Ιρλανδία	41%	57%	0%	2%
13	Ιταλία	0%	0%	0%	100%
14	Λετονία	44%	53%	0%	3%
15	Ολλανδία	28%	68%	3%	1%
16	Πολωνία	40%	50%	10%	0%
17	Πορτογαλία	33%	59%	7%	1%
18	Ρουμανία	35%	47%	14%	5%
19	Σλοβακία	30%	48%	3%	19%
20	Σλοβενία	0%	0%	0%	100%
21	Ισπανία	34%	59%	5%	2%
22	Σουηδία	36%	55%	3%	6%
23	Ελβετία	25%	64%	4%	8%
24	Ην. Βασίλειο	46%	51%	0%	3%
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	29%	46%	6%	20%

Πίνακας 4.6: Ποσοστά νεκρών ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού στην Ευρώπη.

A/A	Χώρες	Σκοτάδι	Φως ημέρας	Σούρουπο, Αυγή	Άλλο	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
1	Αυστρία	1,2%	1,5%	0,9%	1,0%	1,3%
2	Βέλγιο	2,5%	2,2%	1,8%	0,3%	1,9%
3	Βουλγαρία	5,5%	5,6%	3,2%	0,0%	4,3%
4	Τσεχία	2,5%	2,8%	1,7%	1,6%	2,4%
5	Δανία	1,0%	0,8%	0,4%	0,1%	0,7%
6	Εσθονία	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,1%
7	Φιλανδία	0,5%	0,7%	1,2%	0,1%	0,6%
8	Γαλλία	12,2%	11,0%	10,0%	0,5%	9,2%
9	Γερμανία	0,0%	12,0%	7,0%	15,9%	9,0%
10	Ελλάδα	7,6%	5,0%	3,4%	0,5%	4,8%
11	Ουγγαρία	3,2%	2,7%	0,0%	0,2%	2,2%
12	Ιρλανδία	0,6%	0,5%	0,0%	0,0%	0,4%
13	Ιταλία	0,0%	0,0%	0,0%	70,5%	13,9%
14	Λετονία	0,8%	0,6%	0,0%	0,1%	0,5%
15	Ολλανδία	1,6%	2,5%	0,9%	0,1%	1,7%
16	Πολωνία	22,2%	17,6%	28,0%	0,0%	16,0%
17	Πορτογαλία	3,3%	3,7%	3,5%	0,1%	2,8%
18	Ρουμανία	15,5%	13,2%	32,3%	3,0%	12,9%
19	Σλοβακία	1,3%	1,4%	0,7%	1,3%	1,3%
20	Σλοβενία	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	0,5%
21	Ισπανία	5,1%	5,5%	4,0%	0,5%	4,3%
22	Σουηδία	0,8%	0,8%	0,4%	0,2%	0,7%
23	Ελβετία	0,9%	1,4%	0,7%	0,4%	1,0%
24	Ην. Βασίλειο	11,6%	8,3%	0,0%	1,2%	7,4%
	ΣΥΝΟΛΟ	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Πίνακας 4.7: Ποσοστά νεκρών ανά Ευρωπαϊκή χώρα ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού.

Οι επόμενοι πίνακες 4.8-4.10 που ακολουθούν αναφέρονται στον τύπο οχήματος αλλά και στους πεζούς, καθώς η βάση δεδομένων CARE περιέχει τους πεζούς σ αυτή τη κατηγορία. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό νεκρών στην Ευρώπη εμφανίζεται στους πεζούς (36%) και ακολουθούν τα επιβατικά (25%) και οι μοτοσυκλέτες (15%). **Είναι γνωστό ότι οι πεζοί είναι από τους πιο ευάλωτους χρήστες της οδού καθώς η εμπλοκή τους σε οδικό ατύχημα έχει αυξημένη πιθανότητα θανάτου ως αποτέλεσμα της ανεπαρκούς προστασίας τους από το όχημα.** Σε αντίθεση με την Ευρώπη που τα ατυχήματα με νεκρούς από μοτοσυκλέτα έχουν ένα σχετικά χαμηλό ποσοστό, στην Ελλάδα το ποσοστό αυτό είναι αρκετά μεγαλύτερο (40.1%). Στην Ολλανδία το ποσοστό νεκρών από ποδήλατα είναι 37% όταν στη Ευρώπη είναι 9,6%. Αυτό είναι ίσως οφείλεται στην **μεγάλη χρήση του ποδηλάτου στην Ολλανδία.**

Όσον αφορά στα ατυχήματα με πεζούς και με ποδήλατο το μεγαλύτερο ποσοστό εμφανίζεται στην Εσθονία (58%) και στην Ελβετία (27%) αντίστοιχα.

A/A	Χώρες	Μοτοποδήλατα	Επιβατικά αυτοκίνητα	Ποδήλατα	Πεζοί	Μοτοσυκλέτες	Άλλο	ΣΥΝΟΛΟ	
1	Αυστρία	13	35	21	71	23	10	173	1%
2	Βέλγιο	18	98	29	65	35	12	257	2%
3	Βουλγαρία				63	0	526	589	4%
4	Τσεχία	4	113	48	127	27	10	329	2%
5	Δανία	8	31	13	35	2	3	92	1%
6	Εσθονία	1	6	0	11	1	0	19	0%
7	Φιλανδία	5	29	14	20	7	1	76	1%
8	Γαλλία	138	314	74	357	333	36	1252	9%
9	Γερμανία	47	292	259	438	151	38	1225	9%
10	Ελλάδα	20	178	7	148	259	34	646	5%
11	Ουγγαρία	19	80	55	115	21	11	301	2%
12	Ιρλανδία		20	2	23	8	3	56	0%
13	Ιταλία	131	458	189	535	541	38	1892	14%
14	Λετονία	0	21	9	30	4	4	68	1%
15	Ολλανδία	25	42	84	46	18	12	227	2%
16	Πολωνία	38	712	207	970	167	77	2171	16%
17	Πορτογαλία	38	96	14	105	74	60,42	386	3%
18	Ρουμανία	105	492	120	841	65	133	1756	13%
19	Σλοβακία		42	16	79	20	19	176	1%
20	Σλοβενία	3	16	10	16	8	11	64	0%
21	Ισπανία	68	101	13	269	113	20,4966	584	4%
22	Σουηδία	2	33	11	25	14	4	89	1%
23	Ελβετία	3	33	37	39	21	4	137	1%
24	Ην. Βασίλειο	13	311	64	399	190	23	1000	7%
	ΣΥΝΟΛΟ	699	3552	1296	4827	2102	1090	13566	100%
		5%	26%	10%	36%	15%	8%	100%	

Πίνακας 4.8: Αριθμός νεκρών ανά τύπο οχήματος.

A/A	Χώρες	Μοτοποδήλατα	Επιβατικά αυτοκίνητα	Ποδήλατα	Πεζοί	Μοτοσυκλέτες	Άλλο
1	Αυστρία	7,5%	20,2%	12,1%	41,0%	13,3%	5,8%
2	Βέλγιο	7,0%	38,1%	11,3%	25,3%	13,6%	4,7%
3	Βουλγαρία	0,0%	0,0%	0,0%	10,7%	0,0%	89,3%
4	Τσεχία	1,2%	34,3%	14,6%	38,6%	8,2%	3,0%
5	Δανία	8,7%	33,7%	14,1%	38,0%	2,2%	3,3%

6	Εσθονία	5,3%	31,6%	0,0%	57,9%	5,3%	0,0%
7	Φιλανδία	6,6%	38,2%	18,4%	26,3%	9,2%	1,3%
8	Γαλλία	11,0%	25,1%	5,9%	28,5%	26,6%	2,9%
9	Γερμανία	3,8%	23,8%	21,1%	35,8%	12,3%	3,1%
10	Ελλάδα	3,1%	27,6%	1,1%	22,9%	40,1%	5,3%
11	Ουγγαρία	6,3%	26,6%	18,3%	38,2%	7,0%	3,7%
12	Ιρλανδία	0,0%	35,7%	3,6%	41,1%	14,3%	5,4%
13	Ιταλία	6,9%	24,2%	10,0%	28,3%	28,6%	2,0%
14	Λετονία	0,0%	30,9%	13,2%	44,1%	5,9%	5,9%
15	Ολλανδία	11,0%	18,5%	37,0%	20,3%	7,9%	5,3%
16	Πολωνία	1,8%	32,8%	9,5%	44,7%	7,7%	3,5%
17	Πορτογαλία	9,7%	24,8%	3,5%	27,1%	19,2%	15,6%
18	Ρουμανία	6,0%	28,0%	6,8%	47,9%	3,7%	7,6%
19	Σλοβακία	0,0%	23,9%	9,1%	44,9%	11,4%	10,8%
20	Σλοβενία	4,7%	25,0%	15,6%	25,0%	12,5%	17,2%
21	Ισπανία	11,6%	17,2%	2,2%	46,0%	19,4%	3,5%
22	Σουηδία	2,2%	37,1%	12,4%	28,1%	15,7%	4,5%
23	Ελβετία	2,2%	24,1%	27,0%	28,5%	15,3%	2,9%
24	Ην. Βασίλειο	1,3%	31,1%	6,4%	39,9%	19,0%	2,3%
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	5,2%	26,2%	9,6%	35,6%	15,5%	8,0%

Πίνακας 4.9: Ποσοστά νεκρών ανά τύπο οχήματος στην Ευρώπη.

A/A	Χώρες	Μοτοποδήλατα	Επιβατικά αυτοκίνητα	Ποδήλατα	Πεζοί	Μοτοσυκλέτες	Άλλο	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
1	Αυστρία	1,9%	1,0%	1,6%	1,5%	1,1%	0,9%	1,3%
2	Βέλγιο	2,6%	2,8%	2,2%	1,3%	1,7%	1,1%	1,9%
3	Βουλγαρία	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	0,0%	48,3%	4,3%
4	Τσεχία	0,6%	3,2%	3,7%	2,6%	1,3%	0,9%	2,4%
5	Δανία	1,1%	0,9%	1,0%	0,7%	0,1%	0,3%	0,7%
6	Εσθονία	0,1%	0,2%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,1%
7	Φιλανδία	0,7%	0,8%	1,1%	0,4%	0,3%	0,1%	0,6%
8	Γαλλία	19,8%	8,8%	5,7%	7,4%	15,8%	3,3%	9,2%
9	Γερμανία	6,7%	8,2%	20,0%	9,1%	7,2%	3,5%	9,0%
10	Ελλάδα	2,9%	5,0%	0,5%	3,1%	12,3%	3,1%	4,8%
11	Ουγγαρία	2,7%	2,3%	4,2%	2,4%	1,0%	1,0%	2,2%
12	Ιρλανδία	0,0%	0,6%	0,2%	0,5%	0,4%	0,3%	0,4%
13	Ιταλία	18,8%	12,9%	14,6%	11,1%	25,7%	3,5%	13,9%
14	Λετονία	0,0%	0,6%	0,7%	0,6%	0,2%	0,4%	0,5%
15	Ολλανδία	3,6%	1,2%	6,5%	1,0%	0,9%	1,1%	1,7%
16	Πολωνία	5,4%	20,0%	16,0%	20,1%	7,9%	7,1%	16,0%
17	Πορτογαλία	5,4%	2,7%	1,1%	2,2%	3,5%	5,5%	2,8%
18	Ρουμανία	15,0%	13,8%	9,3%	17,4%	3,1%	12,2%	12,9%

19	Σλοβακία	0,0%	1,2%	1,2%	1,6%	1,0%	1,7%	1,3%
20	Σλοβενία	0,4%	0,5%	0,8%	0,3%	0,4%	1,0%	0,5%
21	Ισπανία	9,7%	2,8%	1,0%	5,6%	5,4%	1,9%	4,3%
22	Σουηδία	0,3%	0,9%	0,8%	0,5%	0,7%	0,4%	0,7%
23	Ελβετία	0,4%	0,9%	2,9%	0,8%	1,0%	0,4%	1,0%
24	Ην. Βασίλειο	1,9%	8,8%	4,9%	8,3%	9,0%	2,1%	7,4%
	ΣΥΝΟΛΟ	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Πίνακας 4.10: Ποσοστά νεκρών στις Ευρωπαϊκές χώρες ανά τύπο οχήματος.

Στους πίνακες 4.10-4.12 που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στον αριθμό των νεκρών ανά φύλο. Παρατηρείται ότι στα ατυχήματα με νεκρό εμπλέκονται κατά πολύ περισσότερο οι άνδρες από τις γυναίκες με ποσοστό 73% έναντι 27% των γυναικών. Στην Ελλάδα συγκεκριμένα αυτή η διαφορά είναι ακόμα μεγαλύτερη αφού το ποσοστό των ανδρών είναι 83% και των γυναικών είναι μόλις 17%.

A/A	Χώρες	Γυναίκα	Άνδρας	ΣΥΝΟΛΟ	
1	Αυστρία	52	121	173	1%
2	Βέλγιο	80	177	257	2%
3	Βουλγαρία	119	470	589	4%
4	Τσεχία	104	217	321	2%
5	Δανία	35	57	92	1%
6	Εσθονία	6	12	18	0%
7	Φιλανδία	22	54	76	1%
8	Γαλλία	301	951	1252	9%
9	Γερμανία	381	844	1225	9%
10	Ελλάδα	110	532	642	5%
11	Ουγγαρία	96	202	298	2%
12	Ιρλανδία	17	39	56	0%
13	Ιταλία	462	1430	1892	14%
14	Λετονία	11	45	56	0%
15	Ολλανδία	75	152	227	2%
16	Πολωνία	608	1560	2168	16%
17	Πορτογαλία	84	302	386	3%
18	Ρουμανία	464	1292	1756	13%
19	Σλοβακία	50	126	176	1%
20	Σλοβενία	16	48	64	0%
21	Ισπανία	179	403	582	4%
22	Σουηδία	25	64	89	1%
23	Ελβετία	41	96	137	1%
24	Ην. Βασίλειο	279	721	1000	7%
	ΣΥΝΟΛΟ	3617	9915	13532	100%
		27%	73%	100%	

Πίνακας 4.11: Αριθμός νεκρών ανά φύλο.

A/A	Χώρες	Γυναίκα	Ανδρας
1	Αυστρία	30%	70%
2	Βέλγιο	31%	69%
3	Βουλγαρία	20%	80%
4	Τσεχία	32%	68%
5	Δανία	38%	62%
6	Εσθονία	33%	67%
7	Φιλανδία	29%	71%
8	Γαλλία	24%	76%
9	Γερμανία	31%	69%
10	Ελλάδα	17%	83%
11	Ουγγαρία	32%	68%
12	Ιρλανδία	30%	70%
13	Ιταλία	24%	76%
14	Λετονία	20%	80%
15	Ολλανδία	33%	67%
16	Πολωνία	28%	72%
17	Πορτογαλία	22%	78%
18	Ρουμανία	26%	74%
19	Σλοβακία	28%	72%
20	Σλοβενία	25%	75%
21	Ισπανία	31%	69%
22	Σουηδία	28%	72%
23	Ελβετία	30%	70%
24	Ην. Βασίλειο	28%	72%
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	27%	73%

Πίνακας 4.12: Ποσοστά νεκρών ανά φύλο στην Ευρώπη.

A/A	Χώρες	Γυναίκα	Ανδρας	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
1	Αυστρία	1%	1%	1%
2	Βέλγιο	2%	2%	2%
3	Βουλγαρία	3%	5%	4%
4	Τσεχία	3%	2%	2%
5	Δανία	1%	1%	1%
6	Εσθονία	0%	0%	0%
7	Φιλανδία	1%	1%	1%
8	Γαλλία	8%	10%	9%
9	Γερμανία	11%	9%	9%
10	Ελλάδα	3%	5%	5%
11	Ουγγαρία	3%	2%	2%
12	Ιρλανδία	0%	0%	0%

13	Ιταλία	13%	14%	14%
14	Λετονία	0%	0%	0%
15	Ολλανδία	2%	2%	2%
16	Πολωνία	17%	16%	16%
17	Πορτογαλία	2%	3%	3%
18	Ρουμανία	13%	13%	13%
19	Σλοβακία	1%	1%	1%
20	Σλοβενία	0%	0%	0%
21	Ισπανία	5%	4%	4%
22	Σουηδία	1%	1%	1%
23	Ελβετία	1%	1%	1%
24	Ην. Βασίλειο	8%	7%	7%
	ΣΥΝΟΛΟ	100%	100%	100%

Πίνακας 4.13: Ποσοστά νεκρών στις Ευρωπαϊκές χώρες ανά φύλο.

Στους επόμενους πίνακες 4.14-4.16 περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα σχετικά με τα ποσοστά των νεκρών ανάλογα με την ηλικία. Οι ηλικίες με τα **μεγαλύτερα ποσοστά νεκρών στα Ευρωπαϊκά κράτη είναι 30-59 ετών με ποσοστό 36% και άνω των 59 με ποσοστό 34%**. Παρατηρείται ακόμα ότι στην Ιρλανδία το ποσοστό νεκρών στην ηλικία των 20-29 είναι 30% ενώ στα Ευρωπαϊκά κράτη είναι 19%.

A/A	Χώρες	00-19	20-29	30-59	>59	ΣΥΝΟΛΟ	
1	Αυστρία	20	18	63	72	173	1%
2	Βέλγιο	21	44	82	84	231	2%
3	Βουλγαρία	61	131	288	91	571	4%
4	Τσεχία	18	51	142	118	329	2%
5	Δανία	18	14	29	31	92	1%
6	Εσθονία	2	4	7	5	18	0%
7	Φιλανδία	14	19	21	22	76	1%
8	Γαλλία	178	328	386	360	1252	9%
9	Γερμανία	134	162	327	602	1225	9%
10	Ελλάδα	68	170	217	171	626	5%
11	Ουγγαρία	27	33	121	120	301	2%
12	Ιρλανδία	13	17	13	13	56	0%
13	Ιταλία	177	330	604	732	1843	14%
14	Λετονία	3	15	28	18	64	0%
15	Ολλανδία	36	32	63	96	227	2%
16	Πολωνία	221	411	842	675	2149	16%
17	Πορτογαλία	35	65	155	130	385	3%
18	Ρουμανία	183	273	703	590	1749	13%

19	Σλοβακία	14	21	64	42	141	1%
20	Σλοβενία	4	10	29	21	64	0%
21	Ισπανία	72	103	207	188	570	4%
22	Σουηδία	17	7	23	42	89	1%
23	Ελβετία	25	15	35	62	137	1%
24	Ην. Βασίλειο	173	230	318	279	1000	7%
	ΣΥΝΟΛΟ	1534	2503	4767	4564	13368	100%
		11%	19%	36%	34%	100%	

Πίνακας 4.14: Αριθμός νεκρών ανά ηλικία.

A/A	Χώρες	00-19	20-29	30-59	>59
1	Αυστρία	12%	10%	36%	42%
2	Βέλγιο	9%	19%	35%	36%
3	Βουλγαρία	11%	23%	50%	16%
4	Τσεχία	5%	16%	43%	36%
5	Δανία	20%	15%	32%	34%
6	Εσθονία	11%	22%	39%	28%
7	Φιλανδία	18%	25%	28%	29%
8	Γαλλία	14%	26%	31%	29%
9	Γερμανία	11%	13%	27%	49%
10	Ελλάδα	11%	27%	35%	27%
11	Ουγγαρία	9%	11%	40%	40%
12	Ιρλανδία	23%	30%	23%	23%
13	Ιταλία	10%	18%	33%	40%
14	Λετονία	5%	23%	44%	28%
15	Ολλανδία	16%	14%	28%	42%
16	Πολωνία	10%	19%	39%	31%
17	Πορτογαλία	9%	17%	40%	34%
18	Ρουμανία	10%	16%	40%	34%
19	Σλοβακία	10%	15%	45%	30%
20	Σλοβενία	6%	16%	45%	33%
21	Ισπανία	13%	18%	36%	33%
22	Σουηδία	19%	8%	26%	47%
23	Ελβετία	18%	11%	26%	45%
24	Ην. Βασίλειο	17%	23%	32%	28%
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	11%	19%	36%	34%

Πίνακας 4.15: Ποσοστά νεκρών ανά ηλικία στην Ευρώπη.

A/A	Χώρες	00-19	20-29	30-59	>59	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
1	Αυστρία	1%	1%	1%	2%	1%
2	Βέλγιο	1%	2%	2%	2%	2%
3	Βουλγαρία	4%	5%	6%	2%	4%
4	Τσεχία	1%	2%	3%	3%	2%
5	Δανία	1%	1%	1%	1%	1%
6	Εσθονία	0%	0%	0%	0%	0%
7	Φιλανδία	1%	1%	0%	0%	1%
8	Γαλλία	12%	13%	8%	8%	9%
9	Γερμανία	9%	6%	7%	13%	9%
10	Ελλάδα	4%	7%	5%	4%	5%
11	Ουγγαρία	2%	1%	3%	3%	2%
12	Ιρλανδία	1%	1%	0%	0%	0%
13	Ιταλία	12%	13%	13%	16%	14%
14	Λετονία	0%	1%	1%	0%	0%
15	Ολλανδία	2%	1%	1%	2%	2%
16	Πολωνία	14%	16%	18%	15%	16%
17	Πορτογαλία	2%	3%	3%	3%	3%
18	Ρουμανία	12%	11%	15%	13%	13%
19	Σλοβακία	1%	1%	1%	1%	1%
20	Σλοβενία	0%	0%	1%	0%	0%
21	Ισπανία	5%	4%	4%	4%	4%
22	Σουηδία	1%	0%	0%	1%	1%
23	Ελβετία	2%	1%	1%	1%	1%
24	Ην. Βασίλειο	11%	9%	7%	6%	7%
	ΣΥΝΟΛΟ	100%	100%	100%	100%	100%

Πίνακας 4.16: Ποσοστά νεκρών στις Ευρωπαϊκές χώρες ανά ηλικία.

Αφού ολοκληρώθηκαν οι συγκεντρωτικοί πίνακες ακολούθησε η επεξεργασία των δεδομένων για το ειδικό στατιστικό λογισμικό. 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 τα αντίστοιχα δεδομένα, δηλαδή αριθμό νεκρών στα οδικά ατυχήματα, πληθυσμό και Α.Ε.Π. και στόλο οχημάτων.

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 των μοντέλων. 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 αλλά και όλων των μεταβλητών με αριθμούς**. Η αντιστοιχία που χρησιμοποιήθηκε για τα κράτη παρουσιάζεται στον πίνακα 4.17 και των υπόλοιπων μεταβλητών στον πίνακα 4.18.

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

Πίνακας 4.17: Αντιστοιχία χωρών με αριθμούς για την εισαγωγή στο ειδικό στατιστικό λογισμικό.

ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΑΡΙΘΜΟΥ
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΑ	1
ΒΡΟΧΗ	2
ΑΛΛΟ	3
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΑΡΙΘΜΟΥ
ΣΚΟΤΑΔΙ	1
ΦΩΣ ΗΜΕΡΑΣ	2
ΣΟΥΡΟΥΠΟ, ΑΥΓΗ	3
ΑΛΛΟ	4
ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΑΡΙΘΜΟΥ
ΜΟΤΟΠΟΔΗΛΑΤΟ	1
ΕΠΙΒΑΤΙΚΟ	2
ΠΟΔΗΛΑΤΟ	3
ΠΕΖΟΣ	4
ΜΟΤΟΣΙΚΛΕΤΑ	5
ΑΛΛΟ	6
ΦΥΛΟ ΝΕΚΡΟΥ	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΑΡΙΘΜΟΥ
ΑΝΔΡΑΣ	1
ΓΥΝΑΙΚΑ	2
ΗΛΙΚΙΑ ΝΕΚΡΟΥ	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΑΡΙΘΜΟΥ
00-19	1
20-29	2
30-59	3
>59	4

Πίνακας 4.18: Αντιστοιχία μεταβλητών με αριθμούς για την εισαγωγή στο ειδικό στατιστικό λογισμικό.

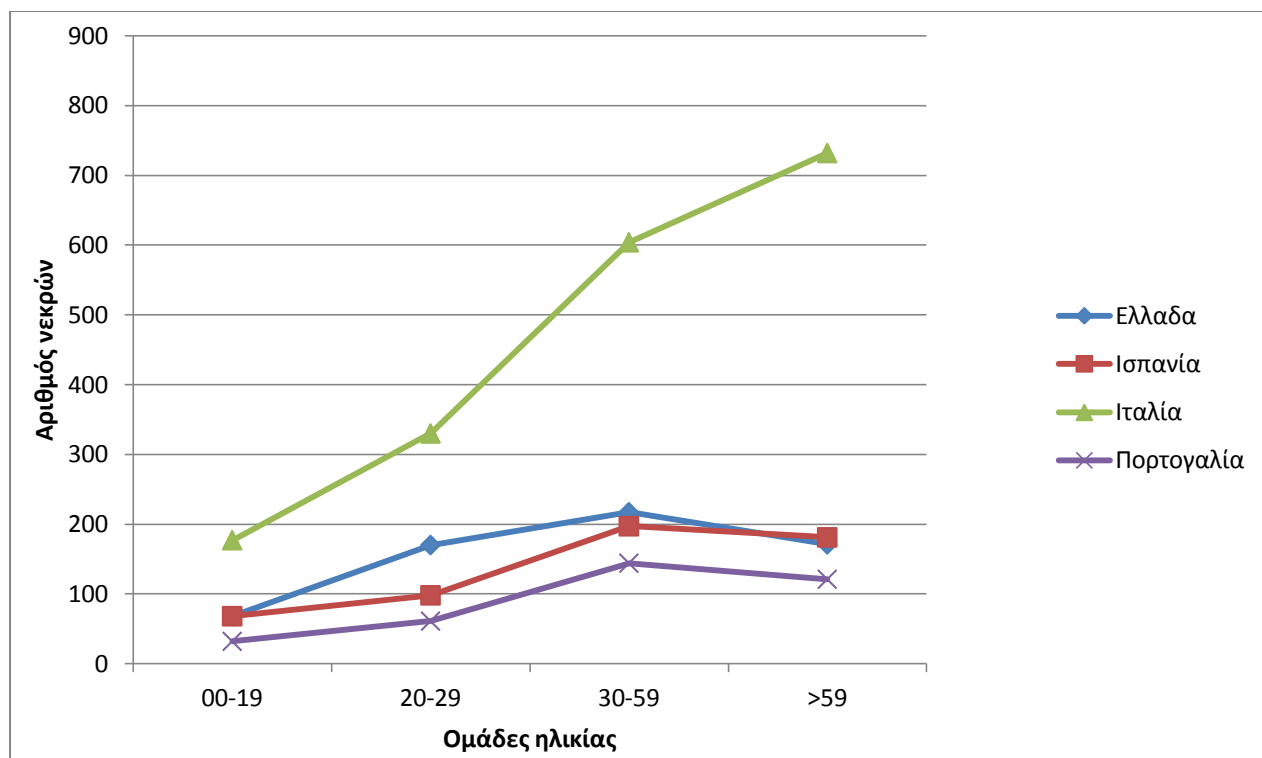
Η μορφή του τελικού πίνακα όπου τροποποιήθηκε και κωδικοποιήθηκε στο EXCEL για να είναι κατάλληλος για εισαγωγή και επεξεργασία ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης φαίνεται παρακάτω.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Country Name	Number	Weather condition	Light Conditions	Traffic Unit type	Person Age Group	Person Gender	Fatally Injured	cons	Area(Km2)	living in	Vehicle fleet	GDP(e)	LN
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
3	1	2	1	1	1	2	2	1	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
4	1	3	1	1	1	3	1	2	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
5	1	4	1	1	2	1	1	4	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
6	1	5	1	1	2	2	1	1	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
7	1	6	1	1	2	2	1	2	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
8	1	7	1	1	2	2	2	1	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
9	1	8	1	1	2	3	1	1	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
10	1	9	1	1	2	3	1	4	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
11	1	10	1	1	2	3	2	2	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
12	1	11	1	1	3	1	1	1	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
13	1	12	1	1	3	3	1	2	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
14	1	13	1	1	3	3	2	1	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
15	1	14	1	1	3	4	1	1	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
16	1	15	1	1	4	1	1	2	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
17	1	16	1	1	4	1	2	1	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
18	1	17	1	1	4	2	1	1	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
19	1	18	1	1	4	3	1	3	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
20	1	19	1	1	4	3	1	2	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
21	1	20	1	1	4	3	2	4	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
22	1	21	1	1	4	4	1	1	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
23	1	22	1	1	4	4	1	6	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
24	1	23	1	1	4	4	2	2	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
25	1	24	1	1	4	4	2	4	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
26	1	25	1	1	4	4	2	3	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
27	1	26	1	1	5	1	1	1	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
28	1	27	1	1	5	2	1	2	1	82500	2924	5.874	32800	14.89
29	1	28	1	1	5	3	1	1	1	82500	2924	5.874	32800	14.89

Εικόνα 4.1: Πίνακας για τους νεκρούς μετά την τροποποίηση.

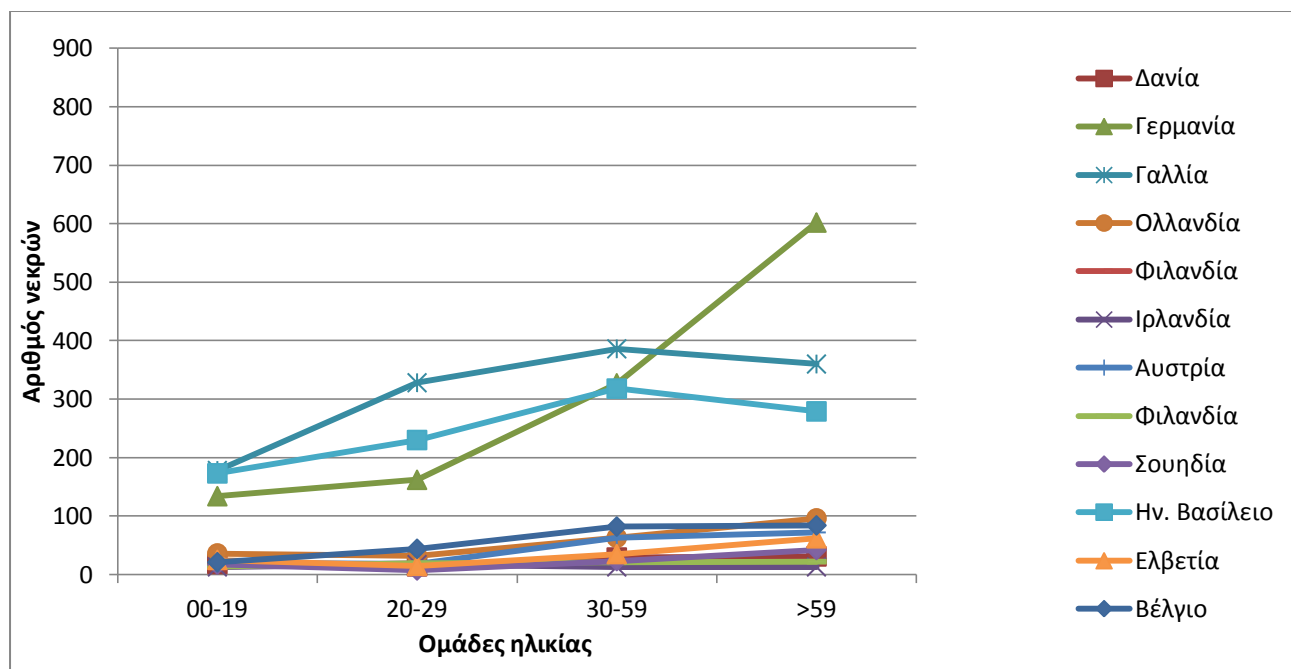
4.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Στο παρόν εδάφιο παρουσιάζονται ορισμένα διαγράμματα, που αναπτύχθηκαν, με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή. Τέλος αναφέρονται μερικά γενικά συμπεράσματα.



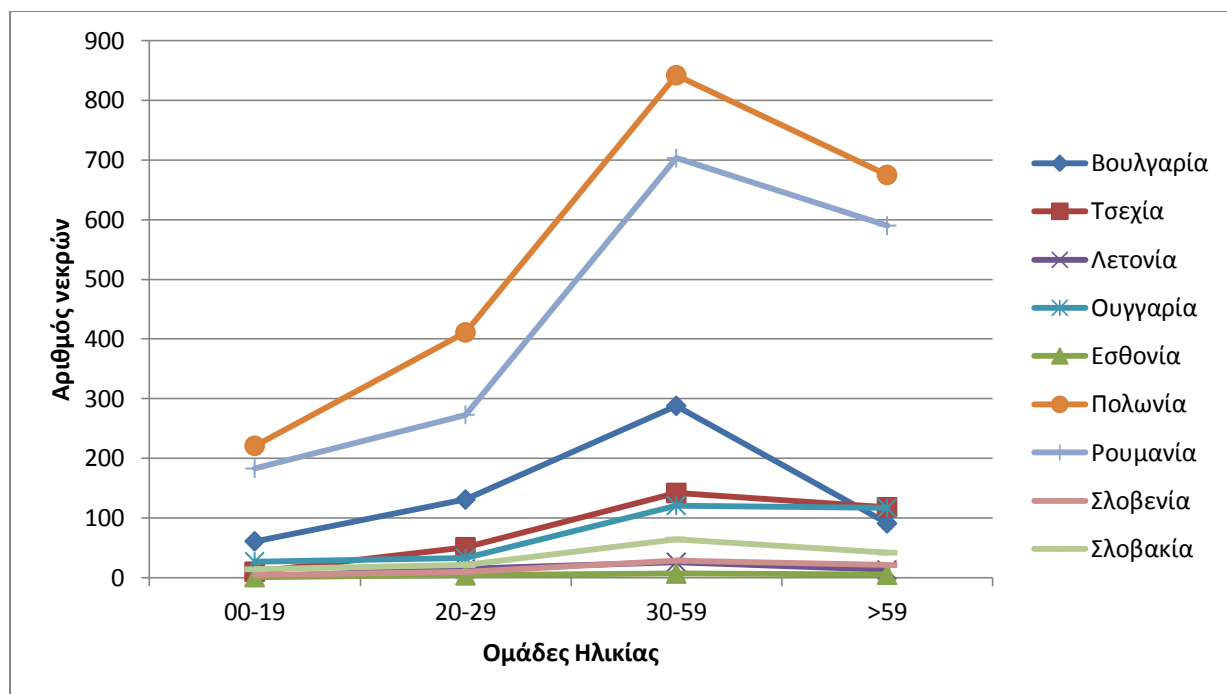
Διάγραμμα 4.1: Συσχέτιση αριθμού νεκρών με ηλικία στις αστικές περιοχές των Νότιων Ευρωπαϊκών κρατών.

Στο διάγραμμα 4.1 φαίνεται η συσχέτιση του αριθμού των νεκρών στις αστικές περιοχές των Νότιων κρατών. Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται πως ο αριθμός των νεκρών σε αστικές περιοχές και στα τέσσερα κράτη αυξάνεται στις ηλικίες 20 έως 59. Στην Ιταλία ο αριθμός των νεκρών συνεχίζει να αυξάνεται και σε ηλικίες άνω των 59 άνω στην Ελλάδα, στην Ισπανία και στην Πορτογαλία μειώνεται. Επιπλέον η κλίση του διαγράμματος για την Ιταλία είναι μεγαλύτερη από τις άλλες χώρες, καταδεικνύοντας τη μεγάλη επιρροή της ηλικίας στον αριθμό των νεκρών σε αυτήν την χώρα.



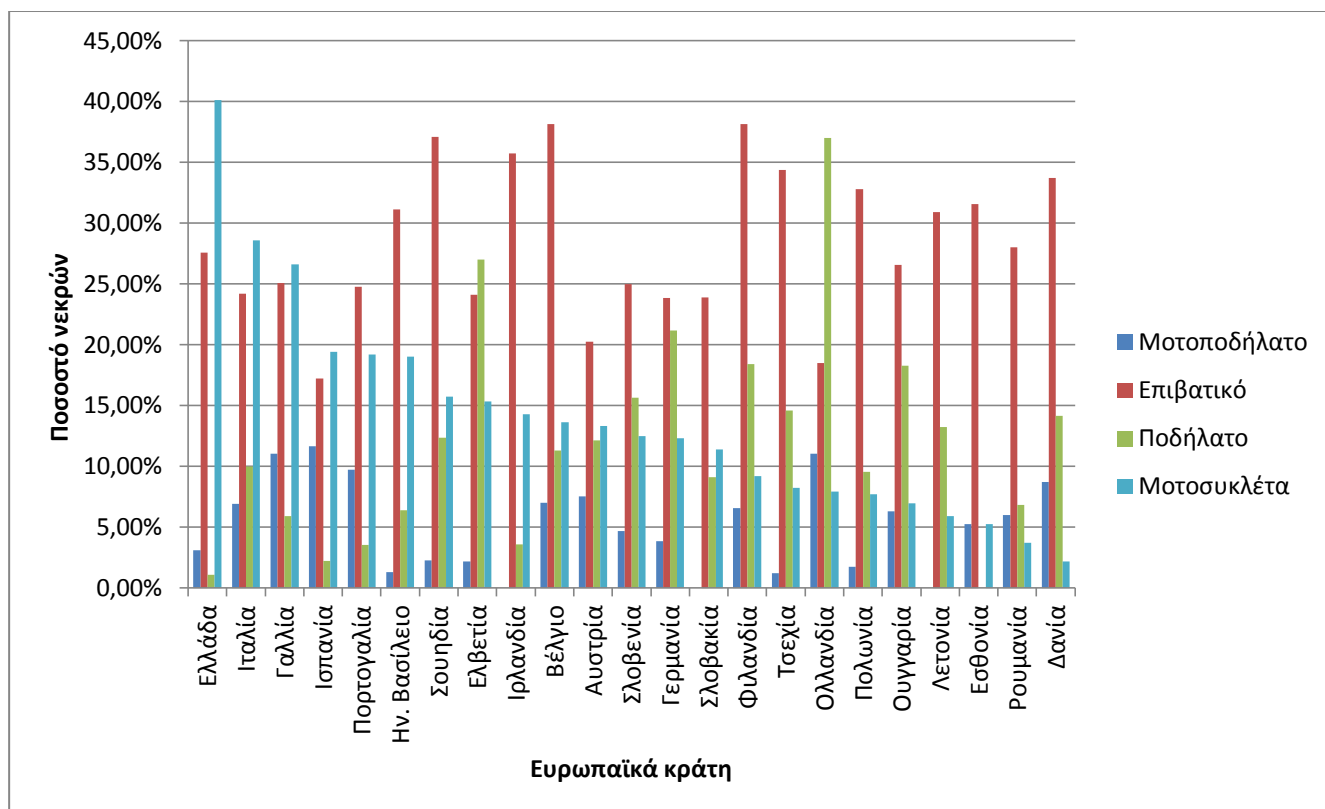
Διάγραμμα 4.2: Συσχέτιση αριθμού νεκρών με ηλικία στις αστικές περιοχές των Βορειοδυτικών Ευρωπαϊκών κρατών.

Στο διάγραμμα 4.2 φαίνεται η συσχέτιση του αριθμού των νεκρών στις αστικές περιοχές των Βορειοδυτικών κρατών. Παρατηρείται ότι στην Γερμανία, στην Γαλλία και στο Ηνωμένο Βασίλειο ο αριθμός των νεκρών σε σχέση με την ηλικία είναι πολύ μεγαλύτερος από τα υπόλοιπα κράτη όπου τα διαγράμματα είναι πολύ όμοια. Επιπλέον σε όλα τα κράτη παρατηρείται μια αύξηση του αριθμού των νεκρών στις ηλικίες από 20 έως και μεγαλύτερες των 59 εκτός στο Ηνωμένο Βασίλειο και στην Γαλλία όπου άνω των 59 μειώνεται ο αριθμός των νεκρών. Η κλίση του διαγράμματος της Γερμανίας είναι αρκετά μεγάλη καταδεικνύοντας τη μεγάλη επιρροή της ηλικίας στον αριθμό των νεκρών σε αυτήν την χώρα.



Διάγραμμα 4.3: Συσχέτιση αριθμού νεκρών με ηλικία στις αστικές περιοχές των Ανατολικών Ευρωπαϊκών κρατών.

Στο προηγούμενο διάγραμμα 4.3 φαίνεται η συσχέτιση του αριθμού των νεκρών στις αστικές περιοχές των Ανατολικών κρατών. Παρατηρείται ότι στην Πολωνία και στην Ρουμανία ο αριθμός των νεκρών σε σχέση με την ηλικία είναι πολύ μεγαλύτερος από τα υπόλοιπα κράτη. Επιπλέον σε όλα τα κράτη παρατηρείται μια αύξηση του αριθμού των νεκρών στις ηλικίες 20 έως 59 και άνω των 59 μειώνεται ο αριθμός των νεκρών. Η κλίση του διαγράμματος της Πολωνία, της Ρουμανίας αλλά και της Βουλγαρίας είναι αρκετά μεγάλη καταδεικνύοντας τη μεγάλη επιρροή της ηλικίας στον αριθμό των νεκρών σε αυτήν την χώρα.



Διάγραμμα 4.4: Ποσοστά νεκρών ανά τύπο οχήματος στις αστικές περιοχές των Ευρωπαϊκών κρατών.

Στο διάγραμμα 4.4 φαίνονται τα ποσοστά νεκρών ανά τύπο οχήματος στις αστικές περιοχές των Ευρωπαϊκών κρατών. Όσον αφορά στα μοτοποδήλατα τα μεγαλύτερα ποσοστά παρατηρούνται στην Ισπανία. Στα επιβατικά οχήματα δεν παρατηρείται μεγάλη διαφορά στα κράτη, παρόλα αυτά το μεγαλύτερο ποσοστό εμφανίζεται στο Βέλγιο, στην Φιλανδία και στην Σουηδία, περίπου 38%. Το μεγαλύτερο ποσοστό νεκρών με ποδήλατο εμφανίζεται στην Ολλανδία περίπου 37%. Στην Ελλάδα εμφανίζεται το μεγαλύτερο ποσοστό νεκρών από μοτοσυκλέτες περίπου 40% και μετά ακολουθεί η Ιταλία με ποσοστό περίπου 28%. Όσον αφορά τα υπόλοιπα οχήματα το μεγαλύτερο ποσοστό νεκρών εμφανίζεται στην Βουλγαρία.

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.

Περιγράφονται, επομένως, αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης των κατάλληλων απλών αλλά και πολυεπίπεδων μοντέλων. Αναπόσπαστο μέρος των αποτελεσμάτων αποτελούν οι **στατιστικοί έλεγχοι** που απαιτούνται για την αποδοχή ή μη των μοντέλων.

Η ανάλυση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας **έγινε σε δύο επίπεδα**. Στο πρώτο επίπεδο γίνεται ανάλυση των χαρακτηριστικών των οδικών ατυχημάτων στις αστικές περιοχές ολόκληρης της Ευρώπης, ενώ στο δεύτερο επίπεδο η ανάλυση αφορά στη διερεύνηση της επιρροής των ίδιων χαρακτηριστικών στις αστικές περιοχές κάθε Ευρωπαϊκού κράτους ξεχωριστά.

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

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει τόσο τη μαθηματική σχέση του μοντέλου, όσο και σχετικά διαγράμματα που επιτρέπουν τη γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

5.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Στο στατιστικό μοντέλο εξετάστηκαν οι μεταβλητές που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 4.2.1 με τη διαδικασία που παρουσιάστηκε αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ακολούθησε ο καθορισμός του ονόματος και του τύπου των μεταβλητών, στο πεδίο των μεταβλητών (variable view). Παρακάτω αναφέρονται οι μεταβλητές που

βρέθηκαν να είναι στατιστικά σημαντικές και περιλαμβάνονται στα τελικά στατιστικά μοντέλα, μετά τον έλεγχο συσχέτισης που πραγματοποιήθηκε.

ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ

Killed: αριθμός νεκρών

ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

Countries: Ευρωπαϊκά κράτη

Weather conditions: καιρικές συνθήκες (Dry/Clear=1, Rain=2, Other_1=3)

Light conditions: συνθήκες φωτισμού (Darkness=1, Daylight=2, Twilight=3, Other_2=4)

Traffic unit type: τύπος οχήματος (Moped=1, Pass_car=2, Pedal_cycle=3, Pedestr=4, Motor=5, Other_3=6)

Person Age group: ηλικία (00-19=1, 20-29=2, 30-59=3, >59=4)

Person gender: φύλο (Male=1, Female=2)

Pop_urb_areas: πληθυσμός σε αστικές περιοχές

Vehicle_fleet: στόλος οχημάτων

GDP: ΑΕΠ κρατών

Επισημαίνεται ότι, από τις ανωτέρω μεταβλητές, οι μεταβλητές: Fatally injured, Population living in urban areas, Vehicle fleet, GDP ορίστηκαν ως συνεχείς (scale). Αντίθετα, όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές ορίστηκαν ως διακριτές (nominal).

5.2.1 Περιγραφική στατιστική

Αυτό που ενδιαφέρει αρχικά, είναι η διαμόρφωση μιας πληρέστερης εικόνας για την κατανομή των τιμών των μεταβλητών, μέσω της περιγραφικής στατιστικής. Αφού επιλεγεί η επιλογή Basic Statistics, ακολουθεί η επιλογή της εντολής Averages and Correlations και στη συνέχεια η επιλογή Averages, προκειμένου για την παραγωγή χρήσιμων περιγραφικών συναρτήσεων (Basic Statistics → Averages and Correlations → Averages → Calculate). Οι συναρτήσεις που επιλέγονται είναι εκείνη της μέσης τιμής, της τυπικής απόκλισης. Είναι προφανές ότι, οι προαναφερθείσες συναρτήσεις έχουν νόημα μόνο για συνεχείς μεταβλητές. Επομένως, στο πλαίσιο των μεταβλητών

εισάγονται μόνο οι μεταβλητές: *Fatally injured*, *Population living in urban areas*, *Vehicle fleet*, *GDP*.

Το σύνολο των νεκρών είναι 13.295, το σύνολο του πληθυσμού που ζουν σε κατοικημένη περιοχή στην Ευρώπη είναι 48.055.822.000, το σύνολο του στόλου των οχημάτων σε εκατομμύρια οχήματα είναι 61.217 και το συνολικό ΑΕΠ είναι 64.659.000.

Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της διαδικασίας φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

ΝΕΚΡΟΙ			
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	N	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Fatally injured	3.116	4,2667	7,4589
Population living in urban areas/1000	3.116	15.422	13.776
Vehicle fleet(in million vehicles)	3.116	19,646	17,511
GDP/1000	3.116	20.751	10.959

Πίνακας 5.1: Περιγραφικές συναρτήσεις συνεχών μεταβλητών.

5.2.2 Συσχέτιση μεταβλητών

Το επόμενο βήμα αφορά στη **διερεύνηση της συσχέτισης των μεταβλητών**. Εκείνο που επιδιώκεται είναι η μέγιστη δυνατή συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών και μηδενική συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η διαδικασία της μέτρησης της συσχέτισης ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών πραγματοποιείται και πάλι μέσω της εντολής *Averages and Correlations* (*Basic Statistics* → *Averages and Correlations* → *Correlation* → *Calculate*). Εισάγονται οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν. Απόλυτες τιμές των συντελεστών συσχέτισης κοντά στη μονάδα αποδεικνύουν ισχυρή συσχέτιση, ενώ τιμές κοντά στο μηδέν φανερώνουν ανύπαρκτη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Τα αποτελέσματα της διαδικασίας διερεύνησης της συσχέτισης για τις μεταβλητές, φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν, όπου παρατηρείται συσχέτιση μεταξύ του πληθυσμού, του στόλου οχημάτων και του ΑΕΠ σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01. Συνεπώς από αυτές τις ανεξάρτητες μεταβλητές μόνο ο στόλος οχημάτων λήφθηκε υπόψη στα τελικά μοντέλα.

	Weather condition	Light Conditions	Traffic Unit type	Person Age Group	Person Gender	Fatally Injured	Population living in urban area/1000	Vehicle fleet - in million vehicles	GDP (euros/capita)
Weather condition	1.000								
Light Conditions	0.0345	1.000							
Traffic Unit type	-0.0332	-0.0017	1.000						
Person Age Group	0.0134	0.0880	0.0639	1.000					
Person Gender	-0.0298	0.0191	-0.0192	0.0694	1.000				
Fatally Injured	-0.1830	0.0829	0.0487	0.0543	-0.0840	1.000			
Population living in urban area/1000	0.1407	0.0494	-0.0511	-0.0063	0.0212	0.1277	1.000		
Vehicle fleet - in million vehicles	0.1618	0.1991	-0.0669	0.0037	0.0160	0.1590	0.9315	1.000	
GDP(euros/capita)	0.0292	0.0505	-0.0933	-0.0012	-0.0049	-0.0859	0.2982	0.3388	1.000

Πίνακας 5.2: Συσχέτιση μεταβλητών.

5.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι στατιστικές αναλύσεις που ακολουθούν αφορούν στην **ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων παλινδρόμησης** που αναλύουν τα χαρακτηριστικά οδικών ατυχημάτων στις αστικές περιοχές της Ευρώπης με τη χρήση πολυεπίπεδης ανάλυσης Poisson. Τα μη γραμμικά πρότυπα αυτά αποτελούν συνήθεις μεθοδολογίες στις έρευνες οδικής ασφάλειας καθώς, όπως υποστηρίζεται από τη διεθνή βιβλιογραφία, η διαδικασία πρόκλησης οδικών ατυχημάτων περιγράφεται επιτυχώς από την κατανομή Poisson και την ευρύτερη οικογένεια κατανομών στην οποία αυτή ανήκει (Lord et. al. 2004). Τα μοντέλα που θα αναπτυχθούν την συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία είναι πολυεπίπεδα μοντέλα Poisson.

Η ανάλυση στοχεύει στην εξέταση της επίδρασης των διάφορων χαρακτηριστικών του οχήματος, του οδηγού, του οδικού περιβάλλοντος και των χαρακτηριστικών των κρατών στα οδικά ατυχήματα με νεκρούς. Σημειώνεται ότι ακολουθήθηκε μια σταδιακή διαδικασία για την ανάπτυξη τόσο πολυεπίπεδων μοντέλων όσο και απλών μοντέλων και την επιλογή των μεταβλητών. Η ανάλυση ξεκίνησε από ένα απλό μοντέλο στο οποίο είχε απλά προστεθεί η μεταβλητή σταθερά στο πρώτο επίπεδο που αφορά τους νεκρούς και στο δεύτερο επίπεδο που αφορά τα Ευρωπαϊκά κράτη και ακολούθησαν κάποιες δοκιμές με τις υπόλοιπες μεταβλητές είτε σε ένα επίπεδο είτε και στα δύο μέχρι να επιλεγεί το καταλληλότερο μοντέλο για ανάλυση και τον έλεγχο, αν υπάρχει

σημαντική διακύμανση και στα δύο επίπεδα και κατά πόσο τα χαρακτηριστικά των κρατών επηρεάζουν τον αριθμό των νεκρών.

Ένα άλλο ζήτημα που πρέπει να εξεταστεί στην περίπτωση των πολυεπίπεδων μοντέλων Poisson είναι το **φαινόμενο της υπερδιασποράς** (Dean, Lawless, 1989). Η υπερδιασπορά αντανακλά γενικά παραμέτρους που λείπουν και δεν περιλαμβάνονται στο μοντέλο. Μία διαδικασία για την διερεύνηση και τον υπολογισμό της υπερδιασποράς που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι να μην γίνει η υπόθεση ότι η διακύμανση και η μέση τιμή είναι ίσες. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η υπόθεση αυτή δεν θα επηρεάσει σημαντικά τις εκτιμήσεις των παραμέτρων ωστόσο, οι σχετικές έννοιες μπορεί να επηρεαστούν ελαφρώς (Dean, 1992). Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία το φαινόμενο αυτό εξετάζεται προσθέτοντας την επιλογή extra Poisson στο στατιστικό λογισμικό.

Τα μη γραμμικά πρότυπα τα οποία αναφέρθηκαν, υπολογίζουν το **μέσο αναμενόμενο αριθμό λ**, εμφάνισης του φαινομένου (ατυχήματα, αριθμός παθόντων κτλ) ενώ στη συνέχεια με βάση την αντίστοιχη συνάρτηση της στατιστικής κατανομής που ακολουθούν, υπολογίζεται η πιθανότητα να συμβεί ένας ορισμένος αριθμός συμβάντων. Η συνάρτηση κατανομής πιθανότητας διαφέρει ανάλογα με τον χρησιμοποιούμενο τύπο παλινδρόμησης ενώ αντίστοιχα διαφέρει και ο τρόπος υπολογισμού του μέσου όρου λ.

Βασική παραδοχή για την εφαρμογή της παλινδρόμησης Poisson είναι η ισότητα μεταξύ του μέσου όρου και της διασποράς των δεδομένων, που ερμηνεύεται ως έλλειψη φαινομένων υπερδιασποράς και υποδιασποράς. Η παλινδρόμηση Poisson χρησιμοποιεί τη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση για τον υπολογισμό του λ, της οποίας η συνάρτηση έχει την παρακάτω μορφή:

$$\lambda_i = \text{EXP}([\beta][X_i])$$

όπου $[X]$ είναι το μητρώο των ανεξάρτητων μεταβλητών και $[\beta]$ το μητρώο των συντελεστών τους. Η σχέση μεταξύ της μεταβλητής λ και των X_i είναι εκθετική πράγμα που σημαίνει ότι αντίστοιχα θα πρέπει να ερμηνεύεται και η επιρροή του κάθε όρου β σε αυτή.

Τα αποτελέσματα που παράγονται με τη χρήση των μεθοδολογιών αυτών θα πρέπει να ερμηνεύονται λαμβάνοντας υπόψη τη **μορφοποίηση των μεταβλητών** που συγκαταλέχθηκαν στα πρότυπα και τη φυσική σημασία τους. Η ερμηνεία των προτύπων αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία η οποία δεν περιορίζεται στην ανάγνωση και σύγκριση απλών τιμών αλλά απαιτεί γνώση της φύσης της κάθε μεταβλητής χωριστά, καθώς υπάρχουν σημαντικές διαφορές στον τρόπο που η κάθε τιμή εκφράζει το φαινόμενο που περιγράφεται. Οι μεταβλητές που εισάγονται στα πρότυπα που περιγράφονται παρακάτω είναι ποιοτικές και ονομαστικές και ποσοτικές. Για τη

μετατροπή των ποιοτικών και ονοματικών μεταβλητών τους έτσι ώστε να είναι επεξεργάσιμες από το πρόγραμμα ακολουθήθηκε η διαδικασία που περιγράφεται στο κεφάλαιο της επεξεργασίας των στοιχείων, διασπάστηκαν δηλαδή σε σειρές υπομεταβλητών με εύρος τιμών ένα, δύο κλπ. Η εισαγωγή τους στο πρότυπο έγινε συγκαταλέγοντας όλες τις υπομεταβλητές κάθε μεταβλητής εκτός από μία η οποία αποτελεί το επίπεδο αναφοράς για τις υπόλοιπες.

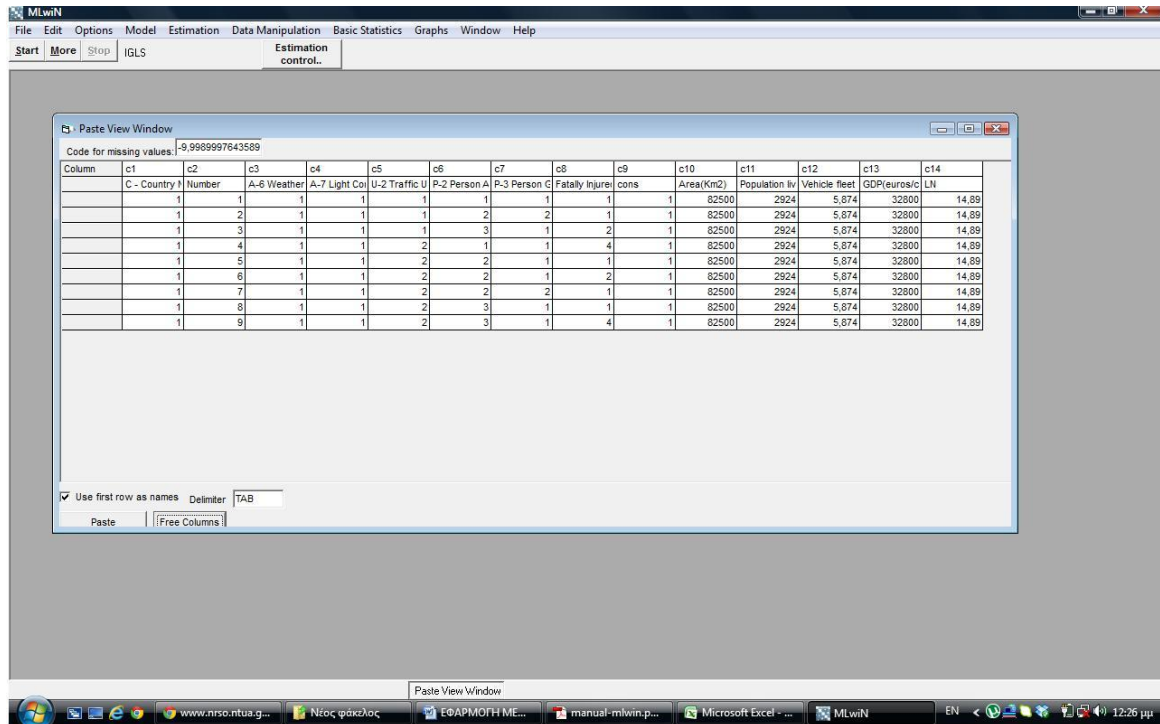
Αυτό σημαίνει ότι η τιμή του β που αντιστοιχείται σε κάθε υπομεταβλητή εκφράζει τη **σχετική μεταβολή στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής** για τιμή της υπομεταβλητής αυτής ίση με 1, σε σχέση με την παρουσία της μεταβλητής που αποτελεί το επίπεδο αναφοράς. Το επόμενο παράδειγμα εξηγεί αναλυτικότερα τη λογική αυτή. Εάν η μεταβλητή A μπορεί να λάβει δύο τιμές, τις α και β (που αντιπροσωπεύουν κάποια φαινόμενα), αυτή θα χωριστεί σε δύο υπομεταβλητές, A_1 και A_2 κάθε μια από τις οποίες θα μπορεί να λάβει τις τιμές μηδέν ή ένα. Για την υπομεταβλητή A_1 η τιμή μηδέν θα σημαίνει ότι δεν υφίσταται το φαινόμενο α ενώ η τιμή ένα θα σημαίνει ότι υφίσταται το φαινόμενο α . Αντίστοιχη είναι και η ερμηνεία της υπομεταβλητής A_2 (0=όχι β , 1=ναι β). Είναι αυτονόητο πως όταν η υπομεταβλητή A_1 λαμβάνει την τιμή ένα, η A_2 θα λαμβάνει την τιμή μηδέν και αντίστροφα. Για το λόγο αυτό δεν μπορούν να εισαχθούν και οι δύο ταυτόχρονα στο πρότυπο αφού είναι απόλυτα συσχετισμένες μεταξύ τους. Αν υποθέσουμε ότι στο πρότυπο εισήχθη η μεταβλητή A_1 , η μεταβλητή A_2 θα αποτελεί το επίπεδο αναφοράς. Έτσι η τιμή που θα δοθεί στον όρο β της μεταβλητής A_1 θα εκφράζει τη σχετική μεταβολή στην εξαρτημένη μεταβλητή όταν προκύπτει το φαινόμενο α από την περίπτωση που προκύπτει το φαινόμενο β , με άλλα λόγια τη σχετική μεταβολή όταν η υπομεταβλητή λαμβάνει την τιμή ένα από την περίπτωση που λαμβάνει την τιμή μηδέν.

5.4 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

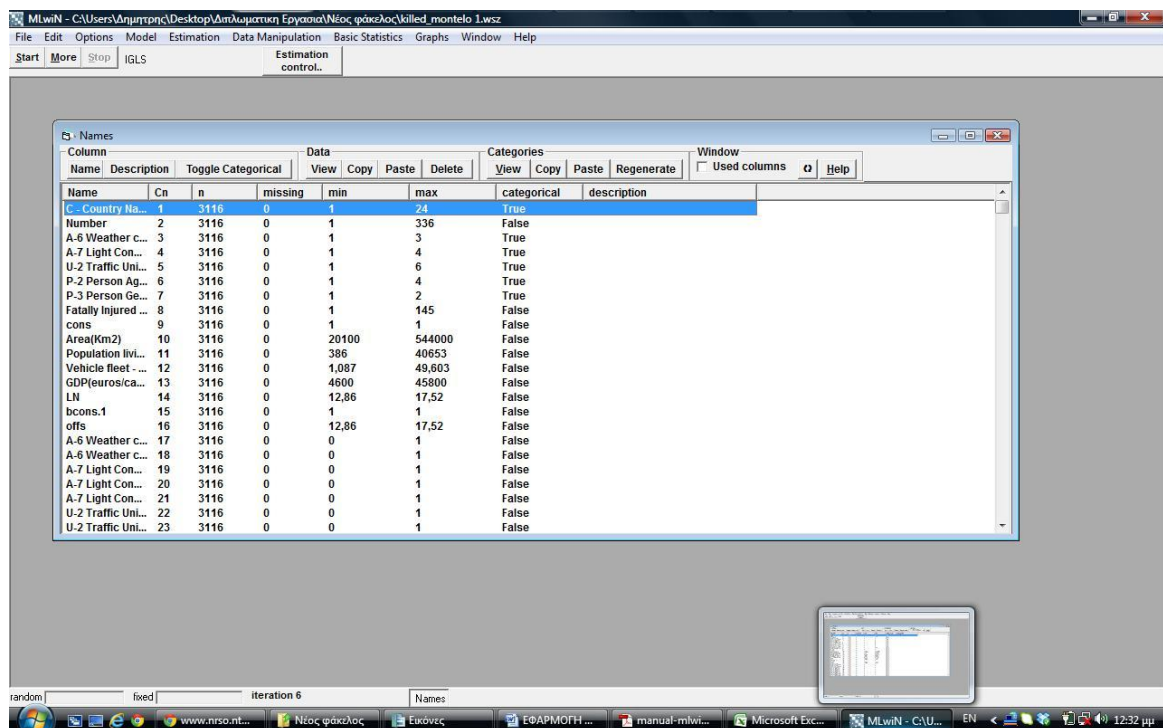
Για την πραγματοποίηση παλινδρόμησης Poisson είναι διαθέσιμα αρκετά προγράμματα ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία ήταν το **MLwiN 2.26**. Οι δυνατότητες που προσφέρει το MLwiN 2.26 είναι πολλές προσφέροντας παραγωγή απλών περιγραφικών στατιστικών, αλλά και την ανάλυση μιας σειράς από πολυεπίπεδα μοντέλα.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων του MLwiN δίδονται σε μορφή αρχείου κειμένου του οποίου η επισκόπηση είναι δυνατή μέσα από το περιβάλλον του προγράμματος. Συγκεκριμένα για τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, δίδεται μια σειρά μέτρων καλής εφαρμογής τα οποία χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση του προτύπου σε συνδυασμό πάντα με τη δυνατότητα λογικής ερμηνείας των αποτελεσμάτων που

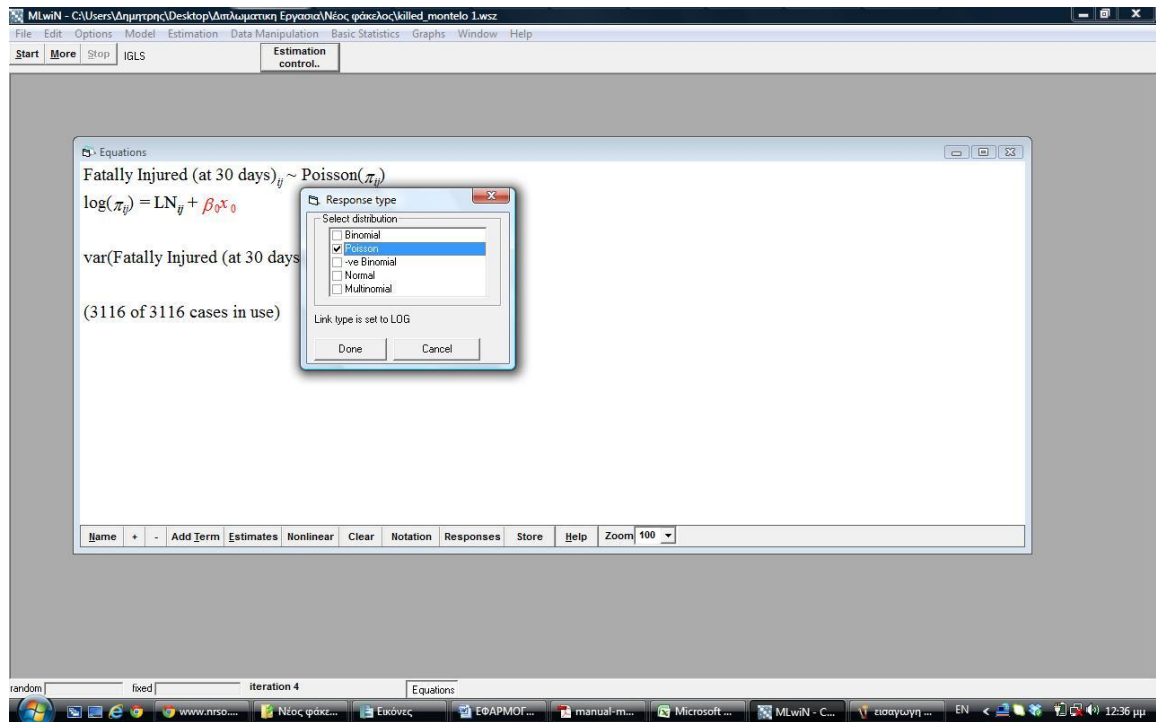
παράγει. Στη συνέχεια ακολουθεί παραδειγματική εκτέλεση του προγράμματος για την εκτέλεση της πολυεπίπεδης παλινδρόμησης Poisson.



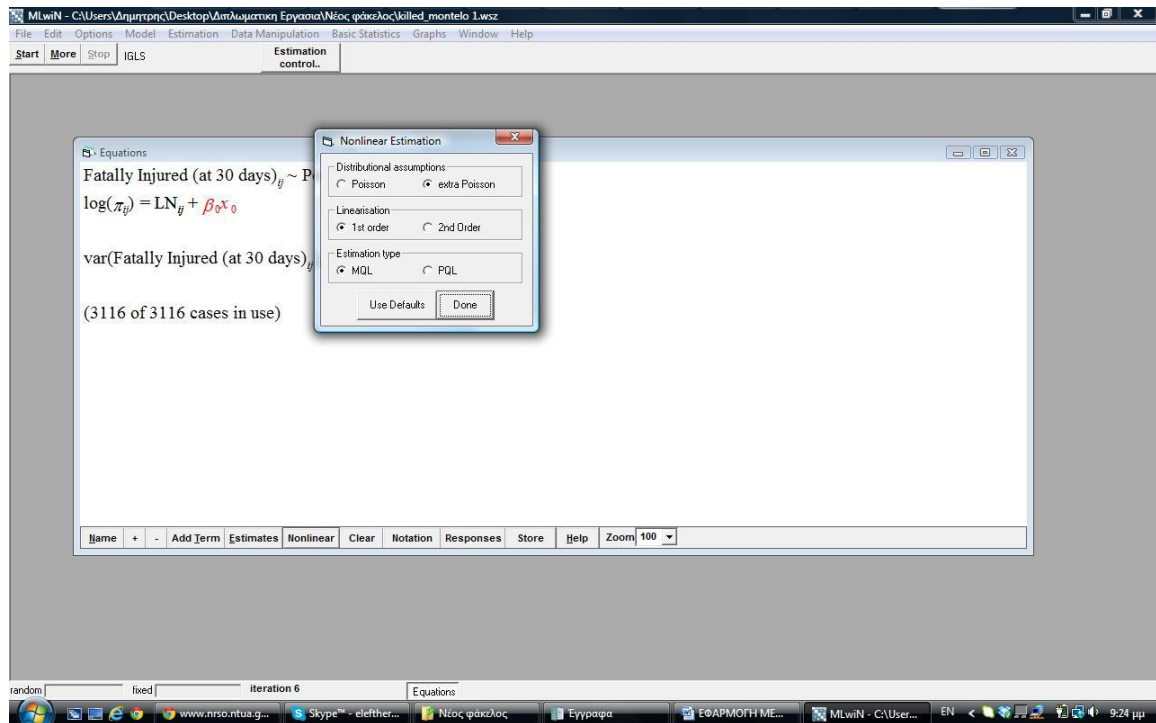
Εικόνα 5.1: Διαδικασία εισαγωγής του αρχείου δεδομένων.



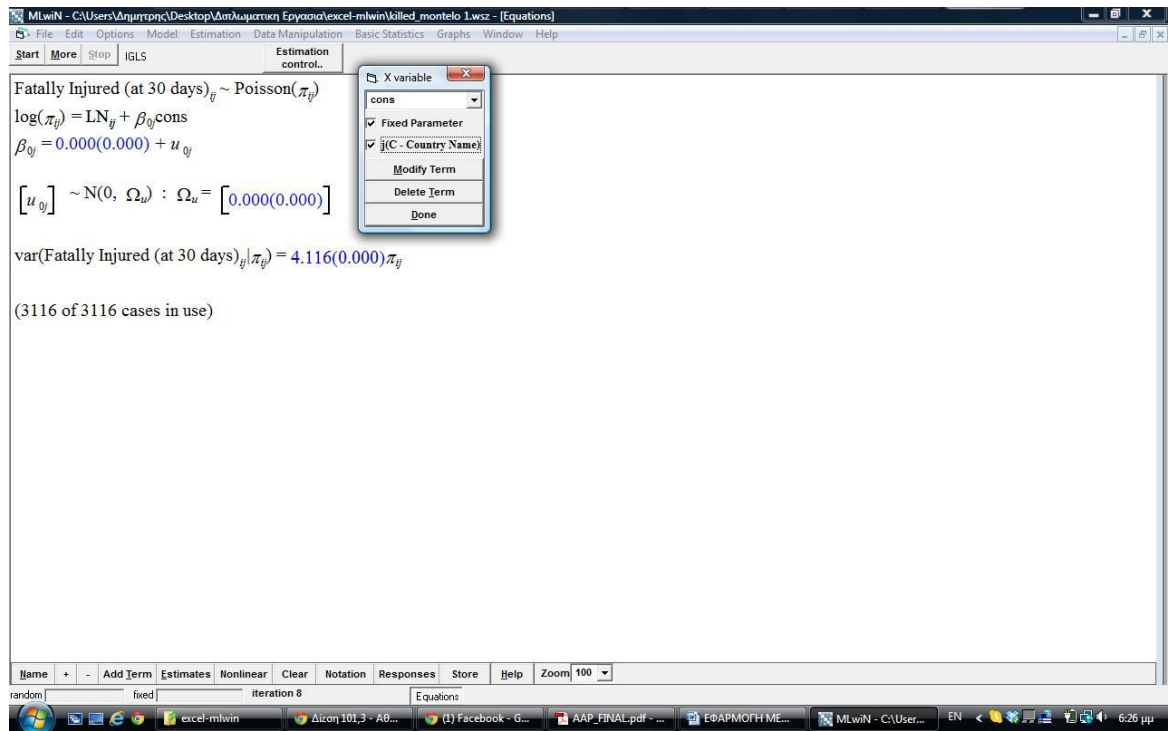
Εικόνα 5.2: Προσδιορισμός διακριτών μεταβλητών.



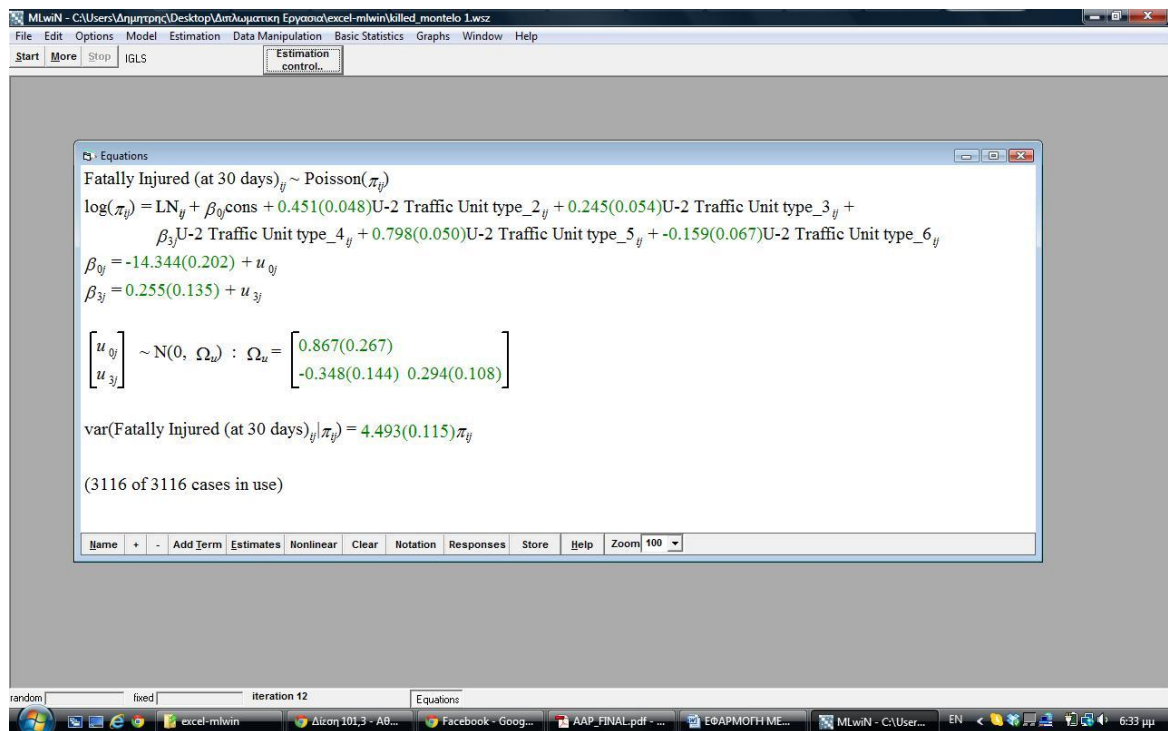
Εικόνα 5.3: Επιλογή ανάλυσης Poisson.



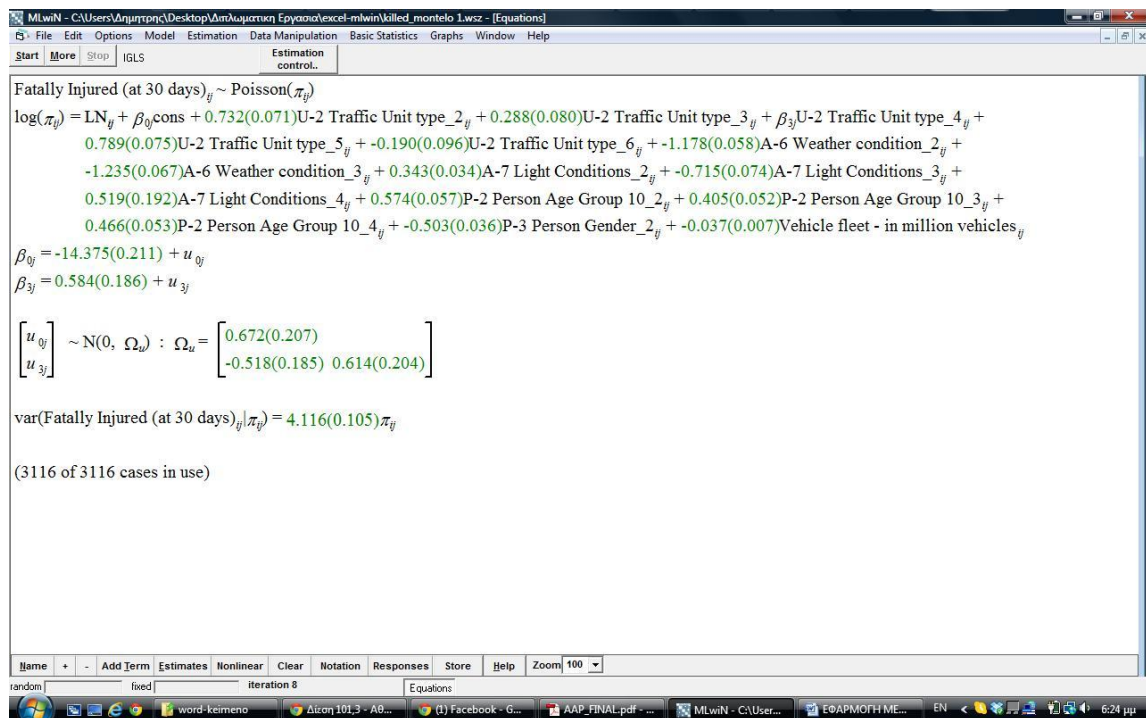
Εικόνα 5.4: Επιλογή extra Poisson.



Εικόνα 5.5: Επιλογή δύο επιπέδων για την μεταβλητή σταθερά.



Εικόνα 5.5: Εισαγωγή μεταβλητής.



Εικόνα 5.6: Τελικό μοντέλο.

5.5 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

Προκειμένου να κατασκευασθούν τα πρότυπα που παρουσιάζονται στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ένας **μεγάλος αριθμός δοκιμών** κατά τη διάρκεια των προκαταρκτικών αλλά και των προχωρημένων αναλύσεων μέχρι τα αποτελέσματα που εξαγόταν να θεωρηθούν αξιόπιστα και ικανοποιητικά. Οι απαιτήσεις που τέθηκαν αρχικά ως στόχοι της Διπλωματικής Εργασίας ήταν πολυάριθμοι συνεπώς η ανάπτυξη προτύπων που πληρούν όλα τα κριτήρια που είχαν τεθεί ήταν επίπονη διαδικασία. Τα αποτελέσματα της Εργασίας παρήχθησαν μέσα από μία συνεχή διαδικασία αναδιατύπωσης των ερωτημάτων και ανακατασκευής των διαδικασιών που εκτελούνταν. Οι διαφορές ανάμεσα στις διαδοχικές προσεγγίσεις μπορούσαν να είναι πολύ μικρές, όπως μια αλλαγή στη δομή κάποιας μεταβλητής, έως πολύ μεγάλες που μπορεί να αφορούσαν στη χρησιμοποίηση μίας νέας μεθοδολογίας.

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που παρήγαγε κάθε νέα προσέγγιση χρησιμοποιήθηκαν μαθηματικά και ποιοτικά κριτήρια. Τα ποιοτικά κριτήρια (βλ. και κεφάλαιο 3-θεωρητικό υπόβαθρο) αφορούν στη δυνατή λογική ερμηνεία του προτύπου και στην ενδεχόμενη συμφωνία του με τη διεθνή εμπειρία. Αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις τις οποίες θα πρέπει να πληροί ένα πρότυπο για να γίνει αποδεκτό και ταυτόχρονα επαρκείς λόγους για την απόρριψη ενός άλλου ακόμη και αν τα αντίστοιχα στατιστικά κριτήρια είναι ικανοποιητικά. Οι στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αφορούν στην τιμή δεικτών και των

αντίστοιχων επιπέδων σημαντικότητας. Οι δείκτες αυτοί (περιγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο του θεωρητικού υποβάθρου) απευθύνονται είτε στη συνολική εφαρμογή του προτύπου στα δεδομένα, είτε στην τιμή του συντελεστή της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά.

Τα δεδομένα που εξετάζονται για την αξιολόγηση του μοντέλου είναι οι συντελεστές της εξίσωσης β_i, ο στατιστικός έλεγχος λόγω πιθανοφάνειας, ο στατιστικός δείκτης ρ² και οι τιμές t του στατιστικού ελέγχου t-test. Ένας επιπλέον σημαντικός έλεγχος που έγινε αφορούσε **στην επιλογή της πολυεπίπεδης ανάλυσης** και έγινε μέσω του μοντέλου 2 που φαίνεται και εξηγείται παρακάτω.

Όσον αφορά στους **συντελεστές β_i των μεταβλητών**, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα λογικής ερμηνείας τόσο των προσήμων, όσο και των τιμών 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. Βάσει της φυσικής έννοιας της τιμής του συντελεστή, αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β μονάδες.

Ο στατιστικός έλεγχος των λόγων πιθανοφάνειας χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της επιρροής των παραμέτρων. Για να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια προσπαθούμε ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας $L = -\log(\text{likelihood})$ να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος και προτιμούνται τα μοντέλα με μικρότερο λογάριθμο της συνάρτησης πιθανοφάνειας L. Μοντέλα που περιέχουν πολλές μεταβλητές είναι περισσότερο σύνθετα και χρειάζεται ένας κανόνας να αποφασίζει εάν η μείωση του $L = -\log(\text{likelihood})$ αξίζει την αυξημένη πολυπλοκότητα και για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε το **Likelihood Ratio Test (LRT)** (κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας). Σύμφωνα με το κριτήριο του λόγου πιθανοφάνειας (LRT) εάν η διαφορά

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

όπου $L(b) = L(\text{μοντέλο με τις } p \text{ μεταβλητές})$ ενώ $L(0) = L(\text{μοντέλο χωρίς τις } p \text{ μεταβλητές})$, είναι μεγαλύτερη από την τιμή του κριτηρίου χ^2 για p βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5% το μοντέλο είναι στατιστικά προτιμότερο από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές και γίνονται δεκτές οι μεταβλητές ως σημαντικές.

Ο στατιστικός δείκτης ρ² καθορίζει την ποιότητα του μοντέλου και υπολογίζεται :

$$\rho^2 = 1 - \frac{L(b)}{L(0)}$$

όπου $L(b) = L(\text{μοντέλο με τις } p \text{ μεταβλητές})$ ενώ $L(0) = L(\text{μοντέλο χωρίς τις } p \text{ μεταβλητές})$. Συγκεκριμένα, εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από τη μεταβλητή X. Λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά

βρίσκεται η τιμή του ρ^2 στην μονάδα, τόσο πιο ισχυρή είναι η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X . Επισημαίνεται ότι, ο συντελεστής ρ^2 έχει και εδώ συγκριτική αξία. Αυτό σημαίνει ότι, δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του ρ^2 που κρίνεται ως αποδεκτή ή απορριπτέα, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του ρ^2 .

Τέλος ο **σημαντικότερος στατιστικός έλεγχος** που πραγματοποιείται και λαμβάνει πιο δύσκολα ικανοποιητικές τιμές αφορά **στο δείκτη t** . Ο δείκτης αυτός αποτελεί μια μεταβλητή που κατασκευάζεται με βάση τις τιμές των β_i και του τυπικού σφάλματος της κάθε μίας, η οποία θεωρείται ότι ακολουθεί την κατανομή t του student. Η τιμή του δείκτη αυτού ανάλογα με τον αριθμό των βαθμών ελευθερίας, λαμβάνει μια τιμή η οποία αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο επίπεδο σημαντικότητας που υποδηλώνει την πιθανότητα με την οποία ο δείκτης που υπολογίστηκε δεν διαφέρει από τον πραγματικό (αυτόν που θα προέκυπτε για τα δεδομένα όλου του πληθυσμού). Το επίπεδο σημαντικότητας στο οποίο πραγματοποιείται ο έλεγχος αυτός είναι 10% ενώ σε εξαιρετικές περιπτώσεις γίνεται δεκτό επίπεδο σημαντικότητας 20%.

5.6 ΠΟΛΥΕΠΙΠΕΔΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΤΩΝ ΝΕΚΡΩΝ

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η **διαδικασία ανάλυσης για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών που επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα στις αστικές περιοχές της Ευρώπης**. Πραγματοποιήθηκε μία πολυεπίπεδη ανάλυση, δηλαδή ανάλυση και στο επίπεδο των νεκρών και στο επίπεδο των πόλεων για κάποιες μεταβλητές, για να υπολογιστεί ένα στατιστικά σημαντικό μοντέλο και να διερευνηθούν οι μεταβλητές που επηρεάζουν τον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές.

Δημιουργήθηκε μία σειρά από μοντέλα, όπως φαίνεται παρακάτω, με εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των νεκρών και ως ανεξάρτητες μεταβλητές τα διάφορα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, του οχήματος, του οδηγού και των κρατών στο πρώτο και στο δεύτερο επίπεδο.

	ΜΟΝΤΕΛΟ 1	ΜΟΝΤΕΛΟ 2	ΜΟΝΤΕΛΟ 3	ΜΟΝΤΕΛΟ 4	ΜΟΝΤΕΛΟ 5	ΜΟΝΤΕΛΟ 6	ΜΟΝΤΕΛΟ 7	ΜΟΝΤΕΛΟ 8	t(για μοντέλο 8)
FIXED EFFECTS									
Σταθερά	-15,102(0,036)	-14,030(0,169)	-14,344(0,202)	-14,117(0,211)	-14,240(0,220)	-14,607(0,228)	-14,545(0,236)	-14,375(0,211)	-68,128
Καιρικές συνθήκες									
Βροχή				-1,140(0,033)	-1,137(0,032)	-1,160(0,030)	-1,182(0,029)	-1,178(0,058)	-20,310
Άλλο_1				-1,195(0,033)	-1,184(0,032)	-1,204(0,031)	-1,252(0,030)	-1,235(0,067)	-18,433
Συνθήκες φωτισμού									
Φως ημέρας					0,0300(0,019)	0,305(0,018)	0,344(0,017)	0,343(0,034)	10,088
Σουρουπo,Αυγή					-0,699(0,042)	-0,707(0,040)	-0,717(0,037)	-0,715(0,074)	-9,662
Άλλο_2					0,073(0,209)	0,020(0,201)	0,001(0,192)	0,519(0,192)	2,703
Τύπος οχήματος									
Επιβατικό όχημα			0,451(0,048)	0,614(0,039)	0,638(0,038)	0,637(0,037)	0,734(0,035)	0,732(0,071)	10,310
Ποδήλατο			0,245(0,054)	0,257(0,044)	0,245(0,043)	0,238(0,041)	0,288(0,040)	0,288(0,080)	3,600
Πεζός			0,255(0,135)	0,398(0,152)	0,415(0,0165)	0,411(0,170)	0,548(0,183)	0,584(0,186)	3,140
Μοτοσυκλέτα			0,798(0,050)	0,791(0,041)	0,803(0,040)	0,782(0,038)	0,789(0,037)	0,789(0,075)	10,520
Άλλο_3			-0,159(0,067)	-0,156(0,055)	-0,191(0,054)	-0,209(0,051)	-0,209(0,049)	-0,190(0,096)	-1,979
Ηλικία									
20-29						0,561(0,030)	0,576(0,028)	0,574(0,057)	10,070
30-59						0,406(0,027)	0,408(0,026)	0,405(0,052)	7,788
>59						0,443(0,028)	0,467(0,026)	0,466(0,053)	8,792
Φύλο									
Γυναίκα							-0,504(0,018)	-0,503(0,036)	-13,972
Στόλος οχημάτων								-0,037(0,007)	-5,286

RANDOM EFFECTS									
Επίπεδο 2-Χώρες									
σ _{2u0} (σταθερά)		0,629(0,195)	0,867(0,267)	0,996(0,299)	1,081(0,323)	1,156(0,344)	1,260(0,374)	0,672(0,207)	3,246
σ _{2u1} (πεζός)			0,294(0,108)	0,428(0,145)	0,530(0,175)	0,580(0,188)	0,695(0,222)	0,614(0,204)	3,010
Υπερδιασπορά	16,948(0,429)	4,703(0,120)	4,493(0,115)	3,069(0,078)	2,866(0,073)	2,640(0,067)	2,375(0,061)	4,116(0,105)	
Βαθμοί ελευθερίας	1	1	6	8	11	14	15	16	
-2loglikelihood	20524,1	19960,8	19844,5	18468,8	18093,9	17830,9	17455,2	17540,9	

Πίνακας 5.3: Πολυεπίπεδο μοντέλο Poisson για αριθμό νεκρών στις αστικές περιοχές της Ευρώπης.

Σε όλα τα παραπάνω μοντέλα έχουν εισαχθεί όλες οι υπομεταβλητές κάθε μεταβλητής εκτός από μία η οποία αποτελεί το επίπεδο αναφοράς για τις υπόλοιπες. Στο μοντέλο 2 το επίπεδο αναφοράς των υπομεταβλητών είναι η υπομεταβλητή Dry/Clear, στο μοντέλο 3 είναι οι υπομεταβλητές Dry/Clear και Darkness, στο μοντέλο 4 οι Dry/Clear, Darkness και Moped, στο μοντέλο 5 οι Dry/Clear, Darkness, Moped και 00-19 και στα μοντέλα 6 και 7 οι Dry/Clear, Darkness, Moped, 00-19 και Male.

Αρχικά στα μοντέλα 1 και 2 του πίνακα που ακολουθεί εξετάστηκε μόνο η σταθερά. Έχει αναφερθεί ότι το πρώτο επίπεδο αφορά τους νεκρούς στην Ευρώπη και το δεύτερο επίπεδο τα κράτη. Στο μοντέλο 1 έγινε ανάλυση της σταθεράς στο πρώτο επίπεδο ως μέτρο για την εκτίμηση της προσαρμογής των ένθετων μοντέλων. Στο μοντέλο 2 πραγματοποιήθηκε ανάλυση και στο δεύτερο επίπεδο της σταθεράς και παρατηρείται πως το random effect της σταθεράς βγαίνει στατιστικά σημαντικό (0,629(0,195)), όπου δηλώνει την ύπαρξη σημαντικής διακύμανσης και στο δεύτερο επίπεδο, επομένως όντως μπορεί να γίνει πολυεπίπεδη ανάλυση.

Στη συνέχεια εξετάστηκαν όλες οι μεταβλητές και στα δύο επίπεδα και η μόνη μεταβλητή που βγήκε στατιστικά σημαντική και στο δεύτερο επίπεδο είναι η υπομεταβλητή «ΠΕΖΟΣ» όπως φαίνεται στο μοντέλο 3 παρακάτω. Αυτό το αποτέλεσμα δείχνει ότι τα χαρακτηριστικών των κρατών επηρεάζουν την συγκεκριμένη υπομεταβλητή όσον αφορά στον αριθμό των νεκρών. Όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές εξετάζονται στο επίπεδο 1.

Όσον αφορά στην υπερδιασπορά τα αποτελέσματα του μοντέλου 2 δείχνουν ότι υπάρχει και είναι στατιστικά σημαντική (4,703(0,120)). Στα υπόλοιπα μοντέλα παρατηρείται ότι η τιμή της υπερδιασποράς μειώνεται υποδεικνύοντας ότι οι μεταβλητές ευθύνονται για ένα μέρος της υπερδιασποράς, όμως συνεχίζει να παραμένει στατιστικά σημαντική ακόμα και στο τελικό μοντέλο 8 που επιλέγεται (4,116(0,120)).

Likelihood Ratio test

$LRT = -2*(L(b)-L(0)) = -(17540-20524,1) = 20524,1-17540 = 2984,1 > \chi^2$ με 15 βαθμούς ελευθερίας (=25,00) σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Υπολογισμός ρ^2

$\rho^2 = 1 - [L(b)/L(0)] = 1 - (8770/10262,05) = 0,145$

Από τα παραπάνω, παρατηρούνται τα εξής:

1. Το μοντέλο 8 που περιέχει όλες τις μεταβλητές είναι και το τελικό μοντέλο που επιλέγεται από την ανάλυση.
2. Όλες οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν έχουν συντελεστή t μεγαλύτερο από 1,7, άρα παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης.
3. Οι λόγοι πιθανοφαινιών του μοντέλου (Likelihood Ratio test) ικανοποιούν το κριτήριο $LRT = -2*(L(b)-L(0)) > \chi^2$ με $n-1$ βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5% .
4. Ο συντελεστής ρ^2 υπολογίσθηκε ίσος με 0,145.

5.6.1 Περιγραφή αποτελεσμάτων μοντέλου

Παραπάνω παρουσιάστηκε το τελικό πολυεπίπεδο μοντέλο της Poisson. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η **σχέση που αναπτύχθηκε στο στατιστικό λογισμικό** για την επίδραση των διάφορων χαρακτηριστικών στα οδικά ατυχήματα και έχει ως εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των νεκρών.

ΜΟΝΤΕΛΟ 8

Log_killed=log_pop_urb_areas-14,375(0,211)cons-1,178(0,058)Rain
-1,1235(0,067)Other_1+0,343(0,034)Daylight-
0,7215(0,074)Twilight+0,519(0,192)Other_2+0,732(0,071)Pass_car+0,288(0,080)Ped
al_cycle+0,584(0,186)Pedestr+0,789(0,075)Motor
-0,190(0,096)Other_3+0,574(0,057)20-29+0,405(0,052)30-59+0,466(0,053)>59
-0,503(0,036)Female-0,037(0,007)Vehicle_fleet

Επισημαίνεται ότι το μοντέλο είναι στατιστικά σημαντικό όπως φαίνεται από τους σχετικούς ελέγχους. Περιλαμβάνει έναν αριθμό μεταβλητών, των οποίων οι τιμές είναι διακριτές, με αποτέλεσμα να έχουν εισαχθεί στο μοντέλο ως ξεχωριστή μεταβλητή η καθεμία. Επομένως, στα μοντέλα που αναπτύχθηκαν συσχετίζεται ο αριθμός των νεκρών με τις βασικές παραμέτρους των ατυχημάτων

ΒΡΟΧΗ

Το πρόσημο της μεταβλητής «ΒΡΟΧΗ» είναι αρνητικό, που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, μειώνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών**. Το πρόσημο, δηλαδή, δηλώνει πως οι συνθήκες που επικρατούν κατά την διάρκεια βροχής, προκαλούν τη μείωση του αριθμού των νεκρών. Εκτιμάται ότι αυτή η

μείωση οφείλεται αφενός στο ότι στη βροχή κυκλοφορούν λιγότερα οχήματα και αφετέρου στην ελάττωση της ταχύτητας των οχημάτων, σε συνθήκες βροχής.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «ΒΡΟΧΗ» είναι 20,310 δηλαδή αρκετά μεγαλύτερη από την τιμή 1,7, γεγονός που αποδεικνύει τη στατιστική σημαντικότητα της.

ΆΛΛΟ 1

Το πρόσημο του συντελεστή της μεταβλητής «ΆΛΛΟ_1» είναι αρνητικό (-1,235), που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, μειώνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών**. Η μεταβλητή αυτή περιλαμβάνει καιρικές συνθήκες όπως χιονόπτωση, χαλαζόπτωση, ομίχλη. Αντίστοιχα με την μεταβλητή «ΒΡΟΧΗ» θεωρείται ότι κυκλοφορούν λιγότερα οχήματα σε αυτές τις καιρικές συνθήκες και οι οδηγοί ελαττώνουν την ταχύτητα των οχημάτων, με αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των νεκρών.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «ΆΛΛΟ_1» είναι 18,433.

ΦΩΣ ΗΜΕΡΑΣ

Το πρόσημο της μεταβλητής «ΦΩΣ ΗΜΕΡΑΣ» είναι θετικό, που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, αυξάνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών**. Το πρόσημο δηλώνει πως οι συνθήκες που επικρατούν κατά την διάρκεια της ημέρας, προκαλούν αύξηση του αριθμού των νεκρών. Η επιρροή αυτή φαίνεται αναμενόμενη καθώς το φως ημέρας αυξάνει την ορατότητα των οδηγών και οι οδηγοί τείνουν να οδηγούν με περισσότερο ρίσκο. Επιπλέον κατά την διάρκεια της ημέρας κυκλοφορούν περισσότερα οχήματα.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «ΦΩΣ ΗΜΕΡΑΣ» είναι 10,088.

ΣΟΥΡΟΥΠΟ/ΑΥΓΗ

Το πρόσημο της μεταβλητής «ΣΟΥΡΟΥΠΟ/ΑΥΓΗ» είναι αρνητικό, που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, μειώνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών**. Το πρόσημο, δηλαδή, δηλώνει πως το σούρουπο και την αυγή μειώνεται ο αριθμός των νεκρών λόγω της μειωμένης ορατότητας και της μικρής διάρκειας τόσο τους σε σχέση με την μέρα.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «ΣΟΥΡΟΥΠΟ/ΑΥΓΗ» είναι 9,662.

ΑΛΛΟ_2

Το πρόσημο του συντελεστή της μεταβλητής «ΑΛΛΟ_2» είναι θετικό (0,519), που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, αυξάνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών.**

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «ΑΛΛΟ_2» είναι 2,703.

ΕΠΙΒΑΤΙΚΟ ΟΧΗΜΑ

Το πρόσημο της μεταβλητής «ΕΠΙΒΑΤΙΚΟ ΟΧΗΜΑ» είναι θετικό, που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, αυξάνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών.** Το αποτέλεσμα αυτό θεωρείται λογικό λόγω της μεγάλης και συχνής χρήσης επιβατικών οχημάτων από τους οδηγούς.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «ΕΠΙΒΑΤΙΚΟ ΟΧΗΜΑ» είναι 10,310.

ΠΟΔΗΛΑΤΟ

Το πρόσημο της μεταβλητής «ΠΟΔΗΛΑΤΟ» είναι θετικό, που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, αυξάνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών.** Το αποτέλεσμα αυτό θεωρείται αναμενόμενο, λόγω της μεγάλης έκθεσης σε κίνδυνο που παρουσιάζουν αυτού του είδους τα οχήματα και λόγω της μεγάλης χρήσης ποδηλάτων στις περισσότερες αστικές περιοχές των περισσότερων Ευρωπαϊκών Πόλεων.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «ΠΟΔΗΛΑΤΟ» είναι 3,600.

ΠΕΖΟΣ

Το πρόσημο της μεταβλητής «ΠΕΖΟΣ» είναι θετικό, που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, αυξάνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών.** Η επιρροή αυτή φαίνεται αναμενόμενη καθώς οι πεζοί είναι από τους πιο ευάλωτους χρήστες της οδού καθώς η εμπλοκή τους σε οδικό ατύχημα έχει αυξημένη πιθανότητα θανάτου ως αποτέλεσμα της ανεπαρκούς προστασίας τους από το όχημα.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «ΠΕΖΟΣ» είναι 3,140.

ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΑ

Το πρόσημο της μεταβλητής «ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΑ» είναι θετικό, που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, αυξάνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών**. Όπως και στην μεταβλητή «ΠΟΔΗΛΑΤΟ» το αποτέλεσμα αυτό θεωρείται αναμενόμενο, λόγω της μεγάλης έκθεσης σε κίνδυνο που παρουσιάζουν αυτού του είδους τα οχήματα. Επιπλέον η τιμή του συντελεστή της συγκεκριμένης μεταβλητής (0,789) είναι η μεγαλύτερη από όλους τους υπόλοιπους τύπους οχήματος, άρα **περισσότεροι νεκροί παρατηρούνται με την χρήση μοτοσυκλέτας**.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΑ» είναι 10,520.

ΆΛΛΟ 3

Το πρόσημο του συντελεστή της μεταβλητής «ΆΛΛΟ_3» είναι αρνητικό (-0,190), που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, μειώνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών**.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «ΆΛΛΟ_3» είναι 1,975.

20-29

Το πρόσημο της μεταβλητής «20-29» είναι θετικό, που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, αυξάνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών**. Το πρόσημο, δηλαδή, δηλώνει πως στις ηλικίες 20-29 αυξάνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός πως οδηγοί αυτής της ηλικιακής ομάδας κυκλοφορούν πολύ συχνά και με μεγαλύτερο ρίσκο.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «20-29» είναι 10,070.

30-59

Το πρόσημο της μεταβλητής «30-59» είναι θετικό, που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, αυξάνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών**. Το πρόσημο, δηλαδή, δηλώνει πως στις ηλικίες 30-59 αυξάνεται ο αριθμός των νεκρών και πάλι λόγω της συχνής κυκλοφορίας αυτών των ηλικιών. Όμως η τιμή του συντελεστή β σ' αυτήν την ομάδα είναι μικρότερη (0,405) από την τιμή του συντελεστή της προηγούμενης ομάδας (0,574). Αυτό εξηγείται από το γεγονός πως οι μικρότεροι ηλικιακά οδηγοί (20-29) οδηγούν με περισσότερο ρίσκο και ίσως άτομα μεγαλύτερης ηλικίας δεν οδηγούν τόσο συχνά.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «30-59» είναι 7,788.

>59

Το πρόσημο της μεταβλητής «>59» είναι θετικό, που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, αυξάνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών**. Το πρόσημο, δηλαδή, δηλώνει πως σε ηλικίες μεγαλύτερες των 59 αυξάνεται ο αριθμός των νεκρών.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «>59» είναι 8,792.

ΓΥΝΑΙΚΑ

Το πρόσημο της μεταβλητής «ΓΥΝΑΙΚΑ» είναι αρνητικό, που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, μειώνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών**. Αυτό το αποτέλεσμα δείχνει ότι στα ατυχήματα που εμπλέκονται γυναίκες οδηγοί μειώνεται ο αριθμός των νεκρών. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο εφόσον κυκλοφορούν περισσότεροι άνδρες οδηγοί.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «ΓΥΝΑΙΚΑ» είναι 13,975.

ΣΤΟΛΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.

Το πρόσημο της μεταβλητής «ΣΤΟΛΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ» είναι αρνητικό, που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της μεταβλητής, μειώνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών**. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να εξηγηθεί διότι με την αύξηση των οχημάτων επικρατεί μεγαλύτερη συμφόρηση άρα οι οδηγοί μειώνουν αρκετά την ταχύτητα οδήγησης.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «ΣΤΟΛΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ» είναι 5,286.

5.7 ΜΟΝΤΕΛΟ 2^{ΟΥ} ΕΠΙΠΕΔΟΥ-ΣΤΑΘΕΡΑ

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η **διαδικασία ανάλυσης του αριθμού των νεκρών στις αστικές περιοχές των Ευρωπαϊκών κρατών**. Θα πραγματοποιηθεί μία ανάλυση για να υπολογιστεί ένα στατιστικά σημαντικό μοντέλο και να διερευνηθεί ο αριθμός των νεκρών και πόσο αυτός διαφοροποιείται στις Ευρωπαϊκές χώρες σε

σχέση με μία χώρα που θα επιλεγεί ως επίπεδο αναφοράς. Στο συγκεκριμένο μοντέλο επιλέγεται ως επίπεδο αναφοράς η Αυστρία.

Για την συγκεκριμένη ανάλυση αρχικά έγινε αρχικά μία προσπάθεια να προστεθούν σαν μεταβλητές τα Ευρωπαϊκά κράτη στο προηγούμενο μοντέλο (μοντέλο 8) μαζί με όλες τις μεταβλητές όμως λόγω πολλών δεδομένων το λογισμικό εμφάνισε κάποια προβλήματα και γι αυτό τον λόγο δημιουργήθηκε ένα νέο μοντέλο όπου και πάλι εξαρτημένη μεταβλητή ήταν ο αριθμός των νεκρών και ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν τα Ευρωπαϊκά κράτη.

Στον επόμενο πίνακα 5.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του μοντέλου.

FIXED EFFECTS	ΜΟΝΤΕΛΟ 9		
	β	s,e,	t
Σταθερά	-14,301	0,22	-65,005
ΧΩΡΕΣ			
Βέλγιο	-0,481	0,291	-1,653
Βουλγαρία	0,734	0,251	2,924
Τσεχία	0,134	0,273	0,491
Δανία	0,310	0,373	0,831
Εσθονία	1,279	0,735	1,740
Φιλανδία	0,661	0,398	1,661
Γαλλία	-1,224	0,235	-5,209
Γερμανία	-1,719	0,235	-7,315
Ελλάδα	0,367	0,248	1,480
Ουγγαρία	0,359	0,276	1,301
Ιρλανδία	0,383	0,445	0,861
Ιταλία	-0,528	0,230	-2,296
Λετονία	1,000	0,445	2,247
Ολλανδία	-1,049	0,292	-3,592
Πολωνία	-0,363	0,229	-1,585
Πορτογαλία	-0,121	0,268	-0,451
Ρουμανία	0,106	0,231	0,459
Σλοβακία	0,865	0,328	2,637
Σλοβενία	1,936	0,423	4,577
Ισπανία	-1,326	0,252	-5,262
Σουηδία	0,608	0,377	1,613
Ελβετία	-0,123	0,331	-0,372
Ην, Βασίλειο	-1,696	0,238	-7,126
Υπερδιασπορά	8,366	0,212	39,462
Βαθμοί ελευθερίας	24		
-2loglikelihood	19597,8		

Πίνακας 5.4: Ανάλυση αριθμού νεκρών στις αστικές περιοχές των Ευρωπαϊκών κρατών.

Likelihood Ratio test

$LRT = -2*(L(b)-L(0)) = -(19597,8-20524,1) = 20524,1-19597,8 = 926,3 > \chi^2$ με 24 βαθμούς ελευθερίας (=36,42) σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Υπολογισμός ρ^2

$\rho^2 = 1 - [L(b)/L(0)] = 1 - (8770/9798,9) = 0,105$

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται το εξής:

1. Κάποιες από τις μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν έχουν συντελεστή t πολύ μεγαλύτερο από 1,7, άρα παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης.
2. Οι λόγοι πιθανοφανειών του μοντέλου (Likelihood Ratio test) ικανοποιούν το κριτήριο $LRT = -2*(L(b)-L(0)) > \chi^2$ με $n-1$ βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5% .
3. Ο συντελεστής ρ^2 υπολογίσθηκε ίσος με 0,105.

5.7.1 Περιγραφή αποτελεσμάτων μοντέλου

Παραπάνω παρουσιάστηκε το τελικό μοντέλο της Poisson. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η **σχέση που αναπτύχθηκε στο στατιστικό λογισμικό** για την ανάλυση του αριθμού των νεκρών στις Ευρωπαϊκές χώρες και έχει ως εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των νεκρών.

ΜΟΝΤΕΛΟ 9

Log_killed=log_pop_urb_areas-14,301(0,220)cons-
0,481(0,291)Belgium+0,735(0,251)Bulgaria
+0,134(0,273)Czech+0,310(0,373)Denmark+1.279(0,735)Estonia
+0,661(0,398)Finland-1,224(0,235)France-1,719(0,235)Germany
+0,267(0,248)Greece+0,359(0,276)Hungary+0,383(0,445)Ireland-0,528(230)Italy
+1,000(0,445)Latvia-1,049(0,292)Netherlands-0,363(0,229)Poland
-0,121(0,268)Portugal
+0,106(0,231)Romania+0,865(0,328)Slovakia+1,936(0,423)Slovenia
-1,326(0,252)Spain+0,608(0,377)Sweden-0,123(0,331)Switzerland-1,696(0,238)U.K.

Στο παραπάνω μοντέλο παρατηρείται ότι ο συντελεστής t σε κάποιες χώρες είναι μεγαλύτερος του 1,7. Αυτές οι χώρες είναι η Βουλγαρία, η Εσθονία, η Γαλλία, η

Γερμανία, η Ιταλία, η Λετονία, η Ολλανδία, η Πολωνία, η Ρουμανία, η Σλοβακία, η Σλοβενία, η Ισπανία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι συγκεκριμένες χώρες, **όσον αφορά τον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές, συμπεριφέρονται αρκετά διαφορετικά σε σχέση με τις αστικές περιοχές της Αυστρίας**, που έχει επιλεγεί σαν επίπεδο αναφοράς.

Οι υπόλοιπες χώρες όπου ο συντελεστής t είναι μικρότερος του 1,7, **όσον αφορά τον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές, συμπεριφέρονται παρόμοια σε σχέση με τις αστικές περιοχές της Αυστρίας**,

Το αρνητικό πρόσημο του συντελεστή β σε κάποιες χώρες δηλώνει πως **ο αριθμός των νεκρών στις αστικές περιοχές των κρατών μειώνεται σε σχέση με την Αυστρία**. Αυτές οι χώρες είναι οι εξής: Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία, Ολλανδία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ισπανία, Ελβετία και Ηνωμένο Βασίλειο.

Σε όλες τις υπόλοιπες χώρες όπου ο συντελεστής β είναι θετικός δηλώνει πως στις συγκεκριμένες χώρες **ο αριθμός των νεκρών στις αστικές περιοχές των κρατών αυξάνεται σε σχέση με την Αυστρία**.

Η μεγαλύτερη διαφορά από την Αυστρία στον αριθμό των νεκρών παρατηρείται στη Σλοβενία με συντελεστή 1,936.

5.8 ΜΟΝΤΕΛΟ 2^{ΟΥ} ΕΠΙΠΕΔΟΥ-ΣΤΟΛΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η **διαδικασία ανάλυσης για την επιμέρους επιρροή του στόλου στην αστική περιοχή κάθε κράτους ξεχωριστά**. Θα πραγματοποιηθεί μία ανάλυση για να υπολογιστεί ένα στατιστικά σημαντικό μοντέλο που θα δείχνει την διαφοροποίηση της επιρροής του στόλου των οχημάτων στον αριθμό των νεκρών ανάμεσα στα διάφορα Ευρωπαϊκά κράτη, που ως χαρακτηριστικό των κρατών εξηγεί εν μέρει την διακύμανση των Ευρωπαϊκών κρατών στον αριθμό των νεκρών.

Δημιουργήθηκε και πάλι ένα νέο μοντέλο όπου και πάλι εξαρτημένη μεταβλητή ήταν ο αριθμός των νεκρών και ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν τα Ευρωπαϊκά κράτη με τον στόλο των οχημάτων.

Παρακάτω στον πίνακα 5.5 φαίνονται τα αποτελέσματα.

FIXED EFFECTS	ΜΟΝΤΕΛΟ 10		
	β	s,e,	t
Σταθερά	-14,301	0,22	-65,005
ΧΩΡΕΣ			
Βέλγιο	-0,074	0,044	-1,682
Βουλγαρία	0,233	0,080	2,913
Τσεχία	0,023	0,046	0,500
Δανία	0,105	0,126	0,833
Εσθονία	0,503	0,289	1,740
Φιλανδία	0,178	0,107	1,664
Γαλλία	-0,031	0,006	-5,167
Γερμανία	-0,035	0,005	-7,000
Ελλάδα	0,045	0,031	1,452
Ουγγαρία	0,098	0,076	1,289
Ιρλανδία	0,155	0,180	0,861
Ιταλία	-0,011	0,005	-2,200
Λετονία	0,920	0,409	2,249
Ολλανδία	-0,108	0,030	-3,600
Πολωνία	-0,016	0,010	-1,600
Πορτογαλία	-0,020	0,044	-0,455
Ρουμανία	0,026	0,057	0,456
Σλοβακία	0,434	0,164	2,646
Σλοβενία	1,526	0,333	4,583
Ισπανία	-0,040	0,008	-5,000
Σουηδία	0,108	0,067	1,612
Ελβετία	-0,023	0,061	-0,377
Ην. Βασίλειο	-0,048	0,007	-6,857
Υπερδιασπορά	8,366	0,212	39,462
Βαθμοί ελευθερίας	24		
-2loglikelihood	19597,8		

Πίνακας 5.5: Επιμέρους επιρροή του στόλου οχημάτων στον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές των κάθε κράτους ξεχωριστά.

Likelihood Ratio test

LRT= $-2*(L(b)-L(0)) = -(19597,8-20524,1) = 20524,1-19597,8 = 926,3 > \chi^2$ με 24 βαθμούς ελευθερίας (=36,42) σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Υπολογισμός ρ^2

$\rho^2=1-[L(b)/L(0)]= 1-(8770/9798,9)= 0,105$

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται το εξής:

- 1 Κάποιες από τις μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν έχουν συντελεστή t πολύ μεγαλύτερο από 1,7, άρα παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης.
- 2 Οι λόγοι πιθανοφανειών του μοντέλου (Likelihood Ratio test) ικανοποιούν το κριτήριο $LRT = -2*(L(b)-L(0)) > \chi^2$ με $n-1$ βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5% .
- 3 Ο συντελεστής ρ^2 υπολογίσθηκε ίσος με 0,105.

5.8.1 Περιγραφή αποτελεσμάτων μοντέλου

Παραπάνω παρουσιάστηκε το τελικό μοντέλο της Poisson. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η **σχέση που αναπτύχθηκε στο στατιστικό λογισμικό** για την περιφερειακή επίδραση του στόλου των οχημάτων στα οδικά ατυχήματα και έχει ως εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των νεκρών.

ΜΟΝΤΕΛΟ 9

**Log_killed=log_pop_urb_areas-14,301(0,220)-0,074(3,044)Belgium_Vehicle_fleet
+0,233(0,080)Bulgaria_Vehicle_fleet
+0,023(0,046)Czech_Vehicle_fleet+0,105(0,126)Denmark_Vehicle_fleet
+0,503(0,289)Estonia_Vehicle_fleet+0,178(0,107)Finland_Vehicle_fleet
-0,031(0,006)France_Vehicle_fleet-0,035(0,005)Germany_Vehicle_fleet
-0,045(0,031)Greece_Vehicle_fleet+0,098(0,076)Hungary_Vehicle_fleet
+0,155(0,180)Ireland_Vehicle_fleet-0,011(0,005)Italy_Vehicle_fleet
+0,920(0,409)Latvia_Vehicle_fleet-0,108(0,030)Netherlands_Vehicle_fleet
-0,016(0,010)Poland_Vehicle_fleet-0,020(0,044)Portugal_Vehicle_fleet
+0,026(0,057)Romania_Vehicle_fleet+0,434(0,164)Slovakia_Vehicle_fleet
+1,526(0,333)Slovenia_Vehicle_fleet-0,040(0,008)Spain_Vehicle_fleet
+0,108(0,067)Sweden_Vehicle_fleet-0,023(0,061)Switzerland_Vehicle_fleet
-0,048(0,07)U.K._Vehicle_fleet**

Επισημαίνεται ότι στο μοντέλο έχει επιλεγεί η μεταβλητή Αυστρία ως επίπεδο αναφοράς.

Στο παραπάνω μοντέλο παρατηρείται ότι ο συντελεστής t σε κάποιες χώρες είναι μεγαλύτερος του 1,7. Αυτές οι χώρες είναι η Βουλγαρία, η Εσθονία, η Γαλλία, η Γερμανία, η Ιταλία, η Λετονία, η Ολλανδία, η Σλοβακία, η Σλοβενία, η Ισπανία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι στις συγκεκριμένες χώρες η **επιρροή του στόλου των οχημάτων στον αριθμό των νεκρών στις αστικές**

περιοχές διαφέρει αρκετά από την επιρροή του στόλου των οχημάτων στον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές της Αυστρίας, που έχει επιλεγεί σαν επίπεδο αναφοράς.

Στις υπόλοιπες χώρες όπου ο συντελεστής β είναι μικρότερος του 1,7, η επιρροή του στόλου των οχημάτων στον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές είναι παρόμοια με την επιρροή του στόλου των οχημάτων στον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές της Αυστρίας.

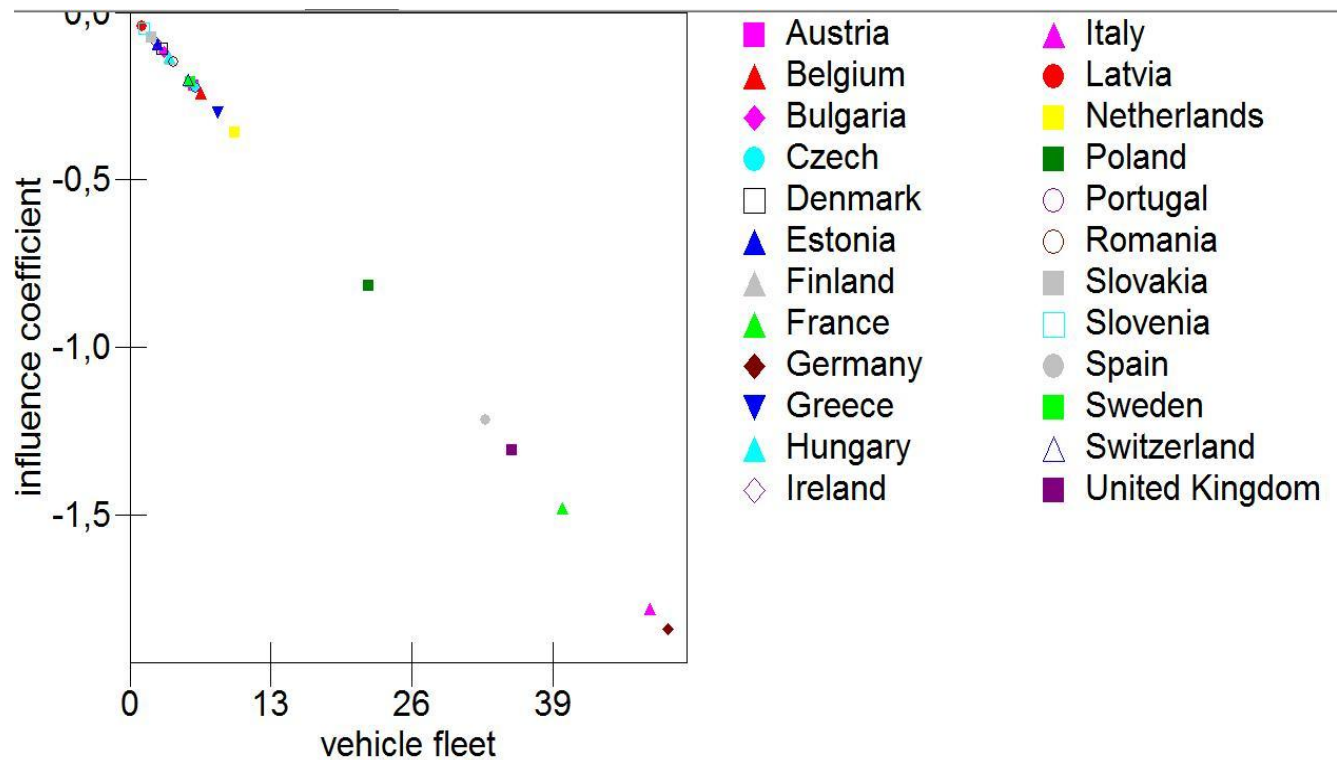
Επιπλέον σε κάποιες χώρες ο συντελεστής β είναι αρνητικός, που σημαίνει ότι **όσο αυξάνεται ο στόλος οχημάτων, μειώνεται ο αριθμός των νεκρών**. Αυτές οι χώρες είναι οι εξής: Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία, Ολλανδία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ισπανία και Ηνωμένο Βασίλειο. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η ανάλυση αφορά στις αστικές περιοχές των Ευρωπαϊκών κρατών και όταν αυξάνεται ο στόλος των οχημάτων λόγω κυκλοφοριακής συμφόρησης οι οδηγοί μειώνουν τις ταχύτητες.

Σε όλες τις υπόλοιπες χώρες ο συντελεστής β είναι θετικός, άρα **όσο αυξάνεται ο στόλος οχημάτων, αυξάνεται και ο αριθμός των νεκρών**.

Η μεγαλύτερη επιρροή του στόλου των οχημάτων στον αριθμό των νεκρών παρατηρείται στη Σλοβενία καθώς ο συντελεστής της μεταβλητής είναι 1,526.

5.9 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Στο παρόν εδάφιο παρουσιάζεται ένα διάγραμμα, που αναπτύχθηκε, με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής του στόλου των οχημάτων στον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές κάθε κράτους. Τέλος αναφέρονται μερικά γενικά συμπεράσματα.



Διάγραμμα 5.1: Επιρροή του στόλου οχημάτων στον αριθμό των νεκρών στην αστική περιοχή κάθε Ευρωπαϊκού κράτους.

Στο παραπάνω διάγραμμα 5.1 φαίνεται η επιρροή του στόλου οχημάτων στον αριθμό των νεκρών στην αστική περιοχή κάθε Ευρωπαϊκού κράτους. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι ο συντελεστής είναι αρνητικός που δείχνει πως όσο αυξάνεται ο στόλος των οχημάτων υπάρχει μείωση στον αριθμό των νεκρών και στα κράτη με μεγαλύτερο στόλο υπάρχει μεγαλύτερη επιρροή του στόλου των οχημάτων στον αριθμό των νεκρών.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **πολυεπίπεδη ανάλυση χαρακτηριστικών οδικών ατυχημάτων στις αστικές περιοχές της Ευρώπης**, με χρήση πολυεπίπεδων μοντέλων Poisson.

Αφού μελετήθηκαν τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, προέκυψε ότι τα **δεδομένα** για την περαιτέρω ανάλυση, είναι εκείνα που συλλέγονται από τη βάση δεδομένων CARE και την EUROSTAT και αναπτύχθηκε η σχετική βάση δεδομένων. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν περιελάμβαναν τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα, χαρακτηριστικά του οδικού περιβάλλοντος, του οδηγού και του οχήματος, τον πληθυσμό στις αστικές περιοχές, το κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Α.Ε.Π.) και τον στόλο οχημάτων 24 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το έτος 2009.

Για τη **στατιστική επεξεργασία των στοιχείων** καθώς και την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων σε ότι αφορά στον αριθμό των νεκρών, επιλέχθηκε η ανάπτυξη και η εφαρμογή της πολυεπίπεδης ανάλυσης Poisson.

Η ανάλυση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας **έγινε σε δύο επίπεδα**. Στο πρώτο επίπεδο γίνεται ανάλυση των χαρακτηριστικών των οδικών ατυχημάτων στις αστικές περιοχές ολόκληρης της Ευρώπης, ενώ στο δεύτερο επίπεδο η ανάλυση αφορά στη διερεύνηση της επιρροής των ίδιων χαρακτηριστικών στις αστικές περιοχές κάθε Ευρωπαϊκού κράτους ξεχωριστά. Αρχικά δημιουργήθηκε ένα μοντέλο με εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές των κρατών, τον λογάριθμο του πληθυσμού στις αστικές περιοχές και ως μεταβλητή μόνο τη σταθερά η οποία εξετάστηκε και στα δύο επίπεδα. Παρατηρήθηκε ότι η σταθερά ήταν στατιστικά σημαντική και στα δύο επίπεδα, άρα υπήρχε επιμέρους εξάρτηση των δεδομένων από τις αστικές περιοχές κάθε κράτους, επομένως μπορούσε να γίνει ανάλυση των χαρακτηριστικών και στα δύο επίπεδα.

Το πρώτο μοντέλο που αναπτύχθηκε είχε εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές των κρατών και όλες τις στατιστικά σημαντικές μεταβλητές, κάποιες από αυτές αναλυθήκαν και στα δύο επίπεδα (όπως η σταθερά και οι πεζοί). Το δεύτερο μοντέλο που έχει και πάλι ως εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των νεκρών και ως ανεξάρτητη μεταβλητή μόνο τα κράτη εξετάζει σε ποια κράτη διαφέρει αρκετά ο αριθμός των νεκρών σε σχέση με την Αυστρία που έχει επιλεγεί ως χώρα αναφοράς. Το τελευταίο μοντέλο δείχνει την **επιμέρους επιρροή του στόλου οχημάτων σε κάθε κράτος ξεχωριστά**.

Στον πίνακα 6.1 που ακολουθεί παρατίθενται τα αποτελέσματα των μοντέλων.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΝΕΚΡΩΝ		
	B	s.e	t
FIXED EFFECTS			
Σταθερά	-14,375	0,211	-68,128
Καιρικές συνθήκες			
Βροχή	-1,178	0.058	-20,31
Άλλο	-1,235	0.067	-18,433
Συνθήκες φωτισμού			
Φως ημέρας	0,343	0.034	10,088
Σούρουπο, Αυγή	-0,715	0.074	-9,662
Άλλο	0,519	0.192	2,703
Τύπος οχήματος			
Επιβατικό όχημα	0,732	0.071	10,31
Ποδήλατο	0,288	0.080	3,6
Πεζός	0,584	0.186	3,14
Μοτοσυκλέτα	0,789	0.075	10,52
Άλλο	-0,19	0,096	-1,979
Ηλικία			
20-29	0,574	0.057	10,07
30-59	0,405	0.052	7,788
>59	0,466	0.053	8,792
Φύλο			
Γυναίκα	-0,503	0.036	-13,972
Στόλος οχημάτων	-0,037	0,007	-5,286
RANDOM EFFECTS			
Level 2-Χώρες			
σ^2_{u0} (σταθερά)	0,672	0,207	3,246
σ^2_{u1} (πεζός)	0,614	0,204	3,01
Υπερδιασπορά	4,116	0,105	39,2
Βαθμοί ελευθερίας	16		
-2loglikelihood	17540,9		

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΝΕΚΡΩΝ					
				ΣΤΟΛΟΣ		
	β	s.e.	t	β	s.e.	t
FIXED EFFECTS						
Σταθερά	-14,301	0,22	-65,005	-14,301	0,22	-65,005
Βέλγιο	-0,481	0,291	-1,653	-0,074	0,044	-1,682
Βουλγαρία	0,734	0,251	2,924	0,233	0,080	2,913
Τσεχία	0,134	0,273	0,491	0,023	0,046	0,500
Δανία	0,310	0,373	0,831	0,105	0,126	0,833
Εσθονία	1,279	0,735	1,740	0,503	0,289	1,740
Φιλανδία	0,661	0,398	1,661	0,178	0,107	1,664
Γαλλία	-1,224	0,235	-5,209	-0,031	0,006	-5,167
Γερμανία	-1,719	0,235	-7,315	-0,035	0,005	-7,000
Ελλάδα	0,367	0,248	1,480	0,045	0,031	1,452
Ουγγαρία	0,359	0,276	1,301	0,098	0,076	1,289
Ιρλανδία	0,383	0,445	0,861	0,155	0,180	0,861
Ιταλία	-0,528	0,230	-2,296	-0,011	0,005	-2,200
Λετονία	1,000	0,445	2,247	0,920	0,409	2,249
Ολλανδία	-1,049	0,292	-3,592	-0,108	0,030	-3,600
Πολωνία	-0,363	0,229	-1,585	-0,016	0,010	-1,600
Πορτογαλία	-0,121	0,268	-0,451	-0,020	0,044	-0,455
Ρουμανία	0,106	0,231	0,459	0,026	0,057	0,456
Σλοβακία	0,865	0,328	2,637	0,434	0,164	2,646
Σλοβενία	1,936	0,423	4,577	1,526	0,333	4,583
Ισπανία	-1,326	0,252	-5,262	-0,040	0,008	-5,000
Σουηδία	0,608	0,377	1,613	0,108	0,067	1,612
Ελβετία	-0,123	0,331	-0,372	-0,023	0,061	-0,377
Ην. Βασίλειο	-1,696	0,238	-7,126	-0,048	0,007	-6,857
Υπερδιασπορά	8,366	0,212	39,462	8,366	0,212	39,462
Βαθμοί ελευθερίας	24			24		
-2loglikelihood	19597,8			19597,8		

Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικός πίνακας μαθηματικών μοντέλων για πολυεπίπεδη ανάλυση Poisson.

6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν αποτελέσματα άμεσα συνδεδεμένα με το αρχικό ερώτημα και στόχο της Εργασίας. Στο υποκεφάλαιο αυτό, επιχειρείται να δοθεί απάντηση στα συνολικά ερωτήματα της έρευνας με σύνθεση των αποτελεσμάτων των προηγούμενων κεφαλαίων. Τα γενικά συμπεράσματα συνοψίζονται όπως παρακάτω:

1. **Σε δεδομένα με ιεραρχική δομή και ένθετες δομές δεδομένων, όπως στον τομέα της οδικής ασφάλειας είναι απαραίτητη η πολυεπίπεδη ανάλυση, διότι αν αγνοηθεί ίσως θα υπάρξουν προβλήματα, όπως για παράδειγμα να υποτιμηθούν τα τυπικά σφάλματα και ως εκ τούτου να θεωρηθεί σημαντικό ένα αποτέλεσμα που στην πραγματικότητα οφείλεται στην τυχαιότητα των δεδομένων.**
2. Από την ανάλυση σε δεύτερο επίπεδο προέκυψε διαφοροποίηση στον αριθμό των νεκρών στα διάφορα Ευρωπαϊκά κράτη όπου αυτό καταδεικνύει ότι **ο αριθμός των νεκρών στις αστικές περιοχές της Ευρώπης εξαρτάται από τα επιμέρους χαρακτηριστικά των αστικών περιοχών** των κρατών αυτών.
3. Προέκυψε επίσης, **διαφοροποίηση της επιρροής του στόλου των οχημάτων στον αριθμό των νεκρών** ανάμεσα στις αστικές περιοχές των διαφόρων κρατών, που ως χαρακτηριστικό των περιοχών εξηγεί εν μέρει την σχετική διακύμανση στον αριθμό των νεκρών στις περιοχές αυτές.
4. Από την πολυεπίπεδη ανάλυση προέκυψε ότι **η επιρροή της υπομεταβλητής “πεζός” στον αριθμό των νεκρών διαφοροποιείται ανάλογα τα χαρακτηριστικά των διαφόρων αστικών περιοχών.**
5. Φάνηκε επίσης ότι, **κατά τη διάρκεια βροχής μειώνεται ο αριθμός των νεκρών στις αστικές περιοχές** που πιθανώς οφείλεται αφενός στο ότι στη βροχή κυκλοφορούν λιγότερα οχήματα και αφετέρου στην ελάττωση της ταχύτητας των οχημάτων σε συνθήκες βροχής.
6. Κατά τη διάρκεια της **ημέρας, αυξάνεται ο αριθμός των νεκρών στις αστικές περιοχές σε σχέση με την νύχτα και το σούρουπο ή την αυγή.** Η επιρροή αυτή φαίνεται αναμενόμενη καθώς κατά τη διάρκεια της ημέρας κυκλοφορούν περισσότερα οχήματα και το φως ημέρας αυξάνει την ορατότητα των οδηγών και οι οδηγοί τείνουν να οδηγούν αναλαμβάνοντας περισσότερους κινδύνους.

7. Όσον αφορά στον **τύπο οχήματος**, όλοι οι τύποι εκτός από τα λεωφορεία και τα φορτηγά οδηγούν σε **αύξηση του αριθμού των νεκρών στις αστικές περιοχές**, με μεγαλύτερη επιρροή των μοτοσυκλετών λόγω της μεγάλης έκθεσης σε κίνδυνο που παρουσιάζουν και των επιβατικών οχημάτων λόγω του μεγάλου αριθμού τους.
8. Ο **αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα αυξάνεται όσο περισσότεροι πεζοί εμπλέκονται σ' αυτά**. Το αποτέλεσμα αυτό φαίνεται αναμενόμενο καθώς οι πεζοί είναι από τους πιο ευάλωτους χρήστες της οδού καθώς η εμπλοκή τους σε οδικό ατύχημα έχει αυξημένη πιθανότητα θανάτου.
9. Ο αριθμός των νεκρών σε αστικές περιοχές είναι αυξημένος για τις **ηλικιακές ομάδες 20-29**. Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι οδηγοί αυτής της ηλικιακής ομάδας κυκλοφορούν αναλαμβάνοντας περισσότερους κινδύνους.
10. Ο αριθμός των νεκρών σε αστικές περιοχές **μειώνεται όταν εμπλέκονται γυναίκες** πιθανώς επειδή κυκλοφορούν περισσότεροι άνδρες οδηγοί αλλά και διότι οι γυναίκες έχουν λιγότερο επιθετική συμπεριφορά.
11. Η **αύξηση του στόλου οχημάτων στις αστικές περιοχές μειώνει τον αριθμό των νεκρών**. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί διότι με την αύξηση των οχημάτων επικρατεί μεγαλύτερη συμφόρηση άρα οι οδηγοί μειώνουν την ταχύτητα οδήγησης, που αποτελεί βασική αιτία των ατυχημάτων.
12. Τα κράτη που διαφέρουν αρκετά όσον αφορά στον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές σε σχέση με την Αυστρία που επιλέχθηκε ως επίπεδο αναφοράς είναι η Βουλγαρία, η Εσθονία, η Γαλλία, η Γερμανία, η Ιταλία, η Λετονία, η Ολλανδία, η Πολωνία, η Ρουμανία, η Σλοβακία, η Σλοβενία, η Ισπανία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Στα ίδια κράτη εκτός από την Πολωνία και τη Ρουμανία παρατηρείται διαφορετική επιρροή του στόλου οχημάτων στον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές σε σχέση με την Αυστρία.

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με βάση τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη σύνθεση των αποτελεσμάτων, αλλά σε συνδυασμό και με τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, είναι δυνατόν να διατυπωθούν οι συνολικές προτάσεις της διπλωματικής εργασίας, όπως αυτές συνοψίζονται παρακάτω.

1. Με στόχο τη μείωση του αριθμού των νεκρών που παρουσιάζονται στα Ευρωπαϊκά κράτη, πρέπει να πραγματοποιηθεί μία ανάλυση των συνολικών τάσεων της εξέλιξης του επιπέδου της οδικής τους ασφάλειας, σε σχέση πάντα με τις πρόσφατες εξελίξεις και τις ιδιαιτερότητες κάθε χώρας. Συγκεκριμένα θα πρέπει οι στόχοι οι οποίοι τίθενται, να λαμβάνουν υπόψη το **μέσο εκτιμώμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας** και να αντιστοιχούν σε δράσεις που θα οδηγήσουν σε επιδόσεις οδικής ασφάλειας καλύτερες από τις αναμενόμενες.
2. Κρίνεται σκόπιμο να ληφθεί σειρά μέτρων για τη μείωση του αριθμού των παθόντων στα οδικά ατυχήματα. Παράδειγμα αυτών είναι να δοθεί προτεραιότητα στη δημιουργία ενός **ασφαλούς οδικού περιβάλλοντος για τους πεζούς και τους χρήστες δικύκλων**, όσον αφορά στην βελτίωση της υπάρχουσας οδικής υποδομής καθώς και στην επέκτασή της, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι δύο αυτές κατηγορίες ατόμων είναι πιο επιρρεπείς στην πρόκληση οδικού ατυχήματος. Για αυτό το λόγο πρέπει να ξεκινήσουν εκστρατείες ευαισθητοποίησης και ενημέρωσης των πολιτών που να αφορούν σε θέματα οδικής ασφάλειας, σε συνδυασμό και με την αντίστοιχη εντατικοποίηση της αστυνόμευσης για την οδική ασφάλεια.
3. Παρατηρώντας ότι η **ηλικία** αποτελεί κρίσιμο παράγοντα στον αριθμό των νεκρών στις αστικές περιοχές ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί, κυρίως μέσω της Παιδείας, στην έγκαιρη και έγκυρη ενημέρωση των μαθητών και σπουδαστών, σχετικά με το θέμα της Οδικής Ασφάλειας και πως αυτή θα βελτιωθεί, έτσι ώστε οι νέοι να γνωρίζουν και να συνειδητοποιούν τους κινδύνους, δεδομένου ότι οι περισσότεροι νεκροί παρατηρούνται από νέους σε ηλικία χρήστες του οδικού δικτύου.

6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματοποιήθηκε πολυεπίπεδη ανάλυση των χαρακτηριστικών οδικών ατυχημάτων στις αστικές περιοχές της Ευρώπης και διερευνήθηκε η επιρροή ορισμένων χαρακτηριστικών των κρατών αλλά και του οδικού περιβάλλοντος και των χρηστών στον αριθμό των θανάτων. Αρκετά ενδιαφέροντα θα ήταν η επέκταση της συγκεκριμένης έρευνας με **επιπλέον μεταβλητές**, όπως για παράδειγμα η κατανάλωση αλκοόλ, το ποσοστό της παραβατικότητας, γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου, οι κυκλοφοριακοί φόρτοι κλπ.

Ένα ακόμα βήμα περαιτέρω έρευνας θα ήταν η διεξαγωγή της ίδιας **ανάλυσης σε μεγαλύτερο αριθμό χωρών** και εκτός Ε.Ε., με στόχο να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις τόσο του επιπέδου οδικής ασφάλειας όσο και των μέτρων που λαμβάνονται

για τη βελτίωσή του σε παγκόσμια κλίμακα. Δηλαδή, θα δοθεί με αυτό τον τρόπο η δυνατότητα να ελεγχθεί εάν τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα, έχουν την ίδια βαρύτητα παγκοσμίως.

Ενδιαφέρουσες, θα ήταν έρευνες αντίστοιχες της παρούσης οι οποίες θα πραγματοποιηθούν σε **συγκεκριμένες συνθήκες κυκλοφορίας** για παράδειγμα σε υπεραστικό περιβάλλον.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Frantzeskakis, 1991, Safety of Road Traffic. Pergamon Press.
2. Eurostat
epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/.
3. European Road Safety Observation, Dacota, Traffic Safety Basic Facts 2011, Urban areas.
4. Sivak M., Bao S., 2012, Road safety in New York and Los Angeles: U.S. megacities compared with the nation.
5. Schoettle B., Sivak M., 2012 Road safety in two European megacities: London and Paris.
6. Yannis G., Papadimitriou E., Antoniou C., 2006, Multilevel modeling for the regional effect of enforcement on road accidents.
7. Antoniou C. (NTUA), Brandstaetter C.(KfV), Bergel R, (INRETS), Cherfi M. (INRETS), Bijleveld F. (SWOV), Commandeur J.J.F. (SWOV), DuBlois C. (SWOV), Dupont E. (IBSR), Gatscha M. (KfV) , Martensen H. (IBSR), Papadimitriou E. (NTUA), Vanlaar W. (IBSR), Yannis G.(NTUA), 2007, Multilevel modelling and time series analysis in traffic safety research – Methodology, Dupont E. & Martensen H.(IBSR), Safety-Net.
8. Angermann A.(KfV), Antoniou C. (NTUA), Bergel R. (INRETS), Berends E. (SWOV), Bijleveld F. (SWOV), Brandstätter C. (KfV), Cherfi M. (INRETS), de Blois C. (SWOV), Dupont E. (IBSR), Gatscha M. (KfV), Martensen H. (IBSR), Papadimitriou E. (NTUA), Yannis G. (NTUA), 2007, Multilevel modelling and time series analysis in traffic safety research –Manual, Dupont E. & Martensen H.(IBSR), Safety-Net.
9. Raudenbush, S.W., & Bryk, A.S., 2002, Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods, Thousands Oaks, CA: Sage.
10. Roberts, K.J., 2004, An introductory primer on multilevel and hierarchical linear modeling. Learning Disabilities: Acontemporary Journal, 2, 30-38.
11. Rasbash J., Steele F., Browne W.J., Goldstein H., United Kingdom 2012, A user's guide to MLwin, University of Bristol.

12. Μιτζάλης Ν, "Διερεύνηση της επιρροής του φωτισμού στη συχνότητα και στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων", 2010.
13. Πνευματικού Α., "Διαχρονική εξέλιξη βασικών παραμέτρων οδικής ασφάλειας σε επιλεγμένες ομάδες ευρωπαϊκών κρατών", 2004.
14. Χαζίρης Α., "Συγκριτική διερεύνηση παραμέτρων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα στους Ελληνικούς αυτοκινητόδρομους", 2005.
15. Τσουμάνη Α., "Συσχετίσεις μακροσκοπικών στοιχείων οδικής ασφάλειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση", Νοέμβριος 2006.
16. Φραντζεσκάκη, Ι.Μ., Γκόλια, Ι.Κ., 1994, Οδική Ασφάλεια, Παπασωτηρίου, Αθήνα.
17. Φραντζεσκάκη, Ι.Μ., Γκόλια, Ι.Κ., Πιτσιάβα-Λατινοπούλου, Μ.Χ., 2009, Κυκλοφοριακή Τεχνική, Παπασωτηρίου, Αθήνα.
18. Κανελλαΐδης, Γ., Γιαννής, Γ., Βαρδάκη, Σ., 2012, Σημειώσεις ειδικών θεμάτων σχεδιασμού οδών, ΕΜΠ, Αθήνα.
19. Κανελλαΐδης Γ., Γιαννής Γ., Βαρδάκη Σ., Δραγομάνοβιτς Α., Λαίου Α., 2005, "Ανάπτυξη στρατηγικού σχεδίου για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα", 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας.
20. Σιδερίδης, Γ.Δ., Καφέτσιος, Κ., 2010, Εφαρμογή πολυεπίπεδης μοντελοποίησης στην εκπαιδευτική και κοινωνική ψυχολογία.