



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Παράγοντες επιρροής της οδικής ασφάλειας των παιδιών στην Ευρώπη

Διπλωματική Εργασία



Αλεξία Γεωργίου

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

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

Ευχαριστίες

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

Θα ήθελα επίσης, να ευχαριστήσω εξίσου θερμά τον κ. Δημήτρη Νικολάου, υποψήφιο Διδάκτορα Ε.Μ.Π., για την πολύτιμη βοήθειά του, τις παραγωγικές υποδείξεις του, τον χρόνο που μου διέθεσε και το κλίμα συνεργασίας που διαμόρφωσε.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ την οικογένειά μου για την αγάπη, την εμπιστοσύνη και την στήριξη που μου δείχνουν πάντα.

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

Αλεξία Γεωργίου

Παράγοντες επιρροής της οδικής ασφάλειας των παιδιών στην Ευρώπη

Αλεξία Γεωργίου

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π

Σύνοψη

Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση των παραγόντων επιρροής της οδικής ασφάλειας των παιδιών στην Ευρώπη. Για τον σκοπό αυτό, αξιοποιήθηκαν δεδομένα από την Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων CARE για τον αριθμό των θυμάτων ηλικίας 0-14 σε οδικά ατυχήματα και για τα χαρακτηριστικά αυτών των ατυχημάτων. Αξιοποιήθηκαν επίσης δεδομένα για τις απόψεις των οδηγών για την οδική ασφάλεια από την έρευνα ESRA, και κοινωνικοοικονομικοί δείκτες από την Eurostat. Αρχικά αναπτύχθηκαν δύο βάσεις δεδομένων. Η πρώτη περιείχε δεδομένα για τις επιδόσεις οδικής ασφάλειας χωρών της Ευρώπης, κοινωνικούς και οικονομικούς δείκτες και τις απόψεις των οδηγών για την οδική ασφάλεια και η δεύτερη περιείχε δεδομένα για τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων όπως οι καιρικές συνθήκες, ο φωτισμός, το μεταφορικό μέσο και ο τύπος της οδού. Αναπτύχθηκαν μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης και μοντέλα αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης. Η εφαρμογή των μοντέλων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το ποσοστό των οδηγών που αναπτύσσουν ταχύτητες μεγαλύτερες από τις επιτρεπόμενες εντός κατοικημένων περιοχών και το ποσοστό των οδηγών που μεταφέρουν παιδιά ύψους άνω των 150cm χωρίς ζώνη ασφαλείας επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά τον αριθμό των θυμάτων ηλικίας 0-14. Όσον αφορά στα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων, οι καλές καιρικές συνθήκες συνδέονται με αύξηση του αριθμού των θυμάτων.

Λέξεις κλειδιά: οδική ασφάλεια, παιδιά, συστήματα συγκράτησης, γραμμική παλινδρόμηση, αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση

Impact factors of children's road safety in Europe

Alexia Georgiou

Supervisor: George Yannis, Professor NTUA

Abstract

The objective of this Diploma Thesis is to investigate the impact factors of children's road safety in Europe. For this purpose, data from the European CARE database on the number of victims aged 0-14 in road crashes and the characteristics of these crashes were used. Data on drivers' views on road safety from the ESRA survey, and socio-economic indicators from Eurostat were also used. Two databases were initially developed. The first contained data on European countries' road safety performance, social and economic indicators and drivers' views on road safety, and the second contained data on crash characteristics such as weather conditions, lighting, mode of transport and type of the road. Linear regression models and negative binomial regression models were developed. These models led to the conclusion that the percentage of drivers who develop speeds higher than the permitted ones in residential areas and the percentage of drivers who transport children over 150cm tall without a seat belt statistically significantly affect the number of victims aged 0-14. Regarding crash characteristics, good weather conditions are associated with an increase in the number of victims.

Keywords: road safety, children, restraint systems, linear regression, negative binomial regression

Περίληψη

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση των παραγόντων επιρροής της οδικής ασφάλειας των παιδιών στην Ευρώπη.

Τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου ακολούθησε η βιβλιογραφική ανασκόπηση, στην οποία αναλύθηκαν τα αποτελέσματα συναφών ερευνών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας σε Ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η συλλογή των στοιχείων που απαιτούνταν για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν ήταν για χώρες της Ευρώπης για το χρονικό διάστημα 2016 – 2020. Τα στοιχεία για τον αριθμό των νεκρών αντλήθηκαν από την Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων CARE (Community database on Accidents on the Roads in Europe). Δεδομένα για τις απόψεις των οδηγών για την οδική ασφάλεια (χρήση ζώνης, παιδικού καθίσματος, ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων) αντλήθηκαν από την έρευνα ESRA (E-Survey of Road Users' Attitudes). Λοιπά δεδομένα όπως το εισόδημα και το μορφωτικό επίπεδο αντλήθηκαν από την Eurostat.

Για τη στατιστική ανάλυση των στοιχείων επιλέχθηκαν η γραμμική παλινδρόμηση και η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση. Στο μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης ενώ ως εξαρτημένη μεταβλητή επιλέχθηκε ο **λογάριθμος του αριθμού των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14 ανά 100.000 παιδιά ηλικίας 0-14**. Ως ανεξάρτητες μεταβλητές επιλέχθηκαν οι επιδόσεις οδικής ασφάλειας των χωρών και οι κοινωνικοοικονομικοί δείκτες. Στο μοντέλο αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίστηκε το **σύνολο του αριθμού των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14**. Ως ανεξάρτητες μεταβλητές ορίστηκαν οι καιρικές συνθήκες, ο φωτισμός, ο τύπος της οδού, ο τόπος του ατυχήματος, το μέσο μεταφοράς και η ημέρα της εβδομάδας.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Τιμές	ei	ei
	Συντελεστών	ψευδο- ελαστικότητα	σχετική επιρροή
ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ			
Μορφωτικό επίπεδο (επίπεδα 0-2)	-79,24	-0,413	-1,059
Μεταφορά παιδιών χωρίς ζώνη	$2,515 \times 10^{-2}$	0,627	1,608
Οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ	$1,266 \times 10^{-2}$	0,39	1
Εισόδημα	-55,54		
Υψηλότερες του ορίου ταχύτητας	$9,526 \times 10^{-3}$	1,267	3,246
ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΡΝΗΤΙΚΗΣ ΔΙΩΝΥΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ			
Καλές καιρικές συνθήκες	0,37	1,45	2,01
Συνθήκες φωτισμού – ημέρα	0,486	1,63	2,25
Συνθήκες φωτισμού – σούρουπο	-0,04	0,96	
Συνθήκες φωτισμού – άγνωστες	0,656	1,93	2,67
Μέσο μεταφοράς – αυτοκίνητο	0,271	1,31	1,82
Μέσο μεταφοράς – άλλο	-0,278	0,76	1,05
Μέσο μεταφοράς – μετακίνηση πεζή	0,316	1,37	1,9
Μέσο μεταφοράς – μηχανή	-0,327	0,72	1
Τύπος οδού – υπεραστική	0,229	1,26	1,74
Τύπος οδού – αστική	0,257	1,29	1,79

Κατά τα διάφορα στάδια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέκυψε μία σειρά από συμπεράσματα που είναι άμεσα συνδεδεμένα με το στόχο αλλά και τα αρχικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν. Τα συμπεράσματα συνοψίζονται παρακάτω:

- Το **ποσοστό των οδηγών που αναπτύσσουν ταχύτητες μεγαλύτερες από τις επιτρεπόμενες εντός κατοικημένων περιοχών**, έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στον αριθμό των θυμάτων οδικών ατυχημάτων ηλικίας 0-14, καθώς μειώνεται ο διαθέσιμος χρόνος αντίδρασης του οδηγού.
- Όσο αυξάνεται **ποσοστό των οδηγών που μεταφέρουν παιδιά ύψους άνω των 150cm χωρίς ζώνη ασφαλείας**, αυξάνεται και ο αριθμός των θυμάτων ηλικίας 0-14. Το συμπέρασμα αυτό συμφωνεί με τη διεθνή βιβλιογραφία που υποστηρίζει ότι ο ισχυρότερος παράγοντας κινδύνου για τραυματισμό σε οδικά ατυχήματα με παιδιά είναι η μη χρήση ενός συστήματος συγκράτησης.
- Μεγάλη επιρροή στον αριθμό των θυμάτων έχει το **ποσοστό των οδηγών που οδηγούν έχοντας καταναλώσει μεγαλύτερη ποσότητα αλκοόλ από την επιτρεπόμενη**.
- Η **αύξηση του μέσου εισοδήματος** έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των θυμάτων των οδικών ατυχημάτων, καθώς όσο αυξάνεται το μέσο εισόδημα, οι οδηγοί χρησιμοποιούν σύγχρονα οχήματα, εξοπλισμένα με τεχνολογίες όπως σύστημα υπενθύμισης ζώνης και σύστημα αυτόματης πέδησης. Επίσης η αύξηση του μέσου εισοδήματος είναι συνδεδεμένη με την αύξηση του μορφωτικού επιπέδου.
- Η **αύξηση του ποσοστού του πληθυσμού που έχουν ολοκληρώσει εκπαίδευση επιπέδου 0-2** (προσχολική εκπαίδευση/λιγότερο από πρωτοβάθμια εκπαίδευση, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, κατώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση) οδηγεί σε μείωση του αριθμού των θυμάτων οδικών ατυχημάτων ηλικίας 0-14. Το γεγονός αυτό πιθανώς οφείλεται στο ότι οι άνθρωποι που ολοκληρώνουν εκπαίδευση επιπέδου 0-2 συνήθως δεν ζουν σε μεγάλα αστικά κέντρα επομένως δεν είναι εκτεθειμένοι στους κινδύνους οδικής κυκλοφορίας στις πόλεις.
- Οι **καλές καιρικές συνθήκες** συνδέονται με αύξηση του αριθμού των θυμάτων οδικών ατυχημάτων, καθώς οι μετακινήσεις των παιδιών είναι περισσότερες όταν επικρατούν ευνοϊκές καιρικές συνθήκες.

- **Ο αριθμός των θυμάτων είναι μεγαλύτερος κατά την διάρκεια της ημέρας** από ότι κατά την διάρκεια της νύχτας, καθώς οι περισσότερες δραστηριότητες στις οποίες συμμετέχουν τα παιδιά λαβαίνουν χώρα κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- Πολύ μεγάλη επιρροή στον αριθμό των θυμάτων έχει **η μετακίνηση πεζή**, καθώς όσοι μετακινούνται πεζή είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι χρήστες της οδού, κυρίως τα παιδιά λόγω του αναστήματος και της έλλειψης εμπειρίας.
- Ο αριθμός των θυμάτων είναι μεγαλύτερος **όταν η οδός είναι υπεραστική ή αστική** παρά όταν είναι αυτοκινητόδρομος, καθώς οι περισσότερες δραστηριότητες των παιδιών λαβαίνουν χώρα κοντά σε κατοικημένες και σε περι-αστικές περιοχές.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Γενική Ανασκόπηση	1
1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας	3
1.3 Μεθοδολογία.....	4
1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	5
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	6
2.1 Εισαγωγή	6
2.2 Συναφείς Έρευνες και Μεθοδολογίες	7
2.2.1 Επίδραση της χρήσης συστημάτων συγκράτησης στους τραυματισμούς των παιδιών.	7
2.2.2 Σημασία της θέσης του καθίσματος και αξιολόγηση της χρήσης αερόσακων	8
2.2.3 Λανθασμένη χρήση των συστημάτων συγκράτησης	9
2.2.4 Προτάσεις για την βελτίωση της οδικής ασφάλειας των παιδιών	10
2.3 Σύνοψη.....	12
3. Θεωρητικό Υπόβαθρο	14
3.1 Εισαγωγή	14
3.2 Μαθηματικά Πρότυπα	14
3.2.1 Γραμμική παλινδρόμηση	14
3.2.2 Αρνητική Διωνυμική Παλινδρόμηση.....	15
3.3 Στατιστική αξιολόγηση και κριτήρια αποδοχής προτύπου.....	17
4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων	22
4.1 Εισαγωγή	22
4.2 Διαδικασία Συλλογής Στοιχείων	22
4.3 Επεξεργασία Στοιχείων.....	23
4.4 Περιγραφική Στατιστική	26
5. Ανάπτυξη Μαθηματικών Προτύπων	33
5.1 Εισαγωγή	33
5.2 Ανάπτυξη μοντέλου	33
5.2.1 Μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης	33

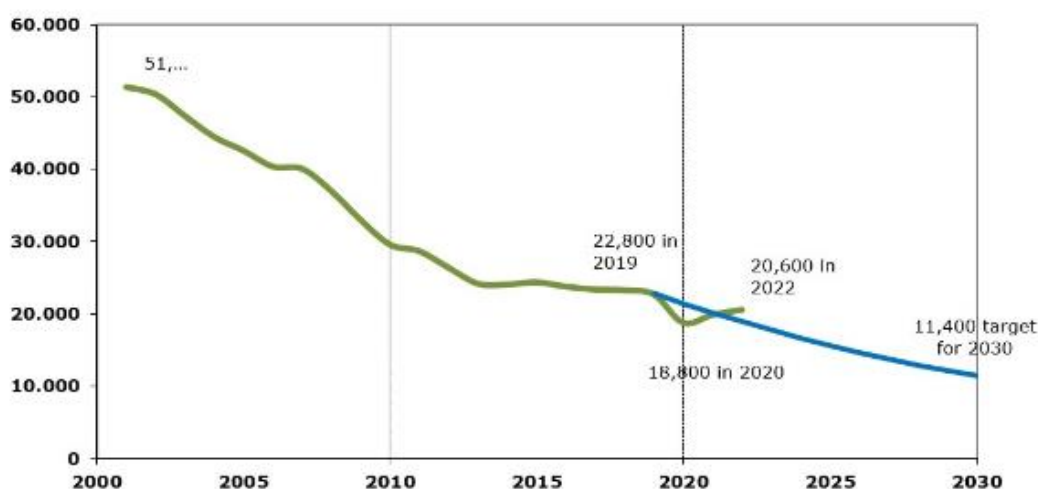
5.2.2 Μοντέλο αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης.....	39
6. Συμπεράσματα	45
6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων.....	45
6.2 Συμπεράσματα	46
6.3 Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας των παιδιών.....	47
6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	48
7. Βιβλιογραφία.....	49

1. Εισαγωγή

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Οι **οδικές μεταφορές** αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι κάθε σύγχρονης κοινωνίας. Εντούτοις, η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για μετακινήσεις την οποία επιβάλλει ο σύγχρονος τρόπος ζωής οδηγεί σε **οδικά ατυχήματα** και σε ανθρώπινες απώλειες. Κλειδί για τη βελτίωση της συνολικής επίδοσης του συστήματος μεταφορών αποτελεί η μείωση του αριθμού των θυμάτων οδικών ατυχημάτων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2010).

Περίπου 1,35 εκατομμύρια άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους παγκοσμίως σε οδικά ατυχήματα (WHO, 2018), ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2022, 20,600 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους σε οδικά ατυχήματα, αριθμός που συνιστά αύξηση κατά 3% σε σχέση με το 2021, καθώς τα επίπεδα κυκλοφορίας ανέκαμψαν μετά την πανδημία. Ωστόσο, αντιπροσωπεύει 2.000 λιγότερους θανάτους σε σύγκριση με το 2019. Ο στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) και του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) είναι να μειωθεί κατά το ήμισυ ο αριθμός των θανάτων από οδικά ατυχήματα έως το 2030. (Διάγραμμα 1.1) (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023)



Διάγραμμα 1.1: Μείωση των θανάτων από οδικά ατυχήματα στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το έτος 2001 και στόχοι μείωσης των ατυχημάτων έως το έτος 2030 [Πηγή: CARE (βάση δεδομένων της ΕΕ για τα οδικά ατυχήματα)]

Κάθε μέρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, περισσότερα από δεκαοχτώ παιδιά τραυματίζονται σοβαρά και ένα σκοτώνεται σε τροχαία ατυχήματα. Περισσότερα από 6.000 παιδιά έως δεκατεσσάρων ετών έχουν σκοτωθεί την τελευταία δεκαετία. Τα παιδιά είναι ιδιαίτερα εύάλωτοι χρήστες της οδού. Δεν έχουν εμπειρία και είναι λιγότερο ορατά στους άλλους χρήστες της οδού εξαιτίας του μικρού τους αναστήματος. Τα παιδιά επίσης συχνά αγνοούν τους κινδύνους που αναλαμβάνουν ακούσια και γίνονται πιο εύκολα θύματα σε ατυχήματα.

Το 2020 στην Ευρωπαϊκή Ένωση 94 παιδιά που κινούνταν πεζή σκοτώθηκαν σε ατύχημα που περιλάμβανε αυτοκίνητο, αντιστοιχώντας στο 21% των θανάτων παιδιών από οδικά ατυχήματα. Το 18% των θανάτων παιδιών από οδικά ατυχήματα αφορούσε παιδιά που ήταν επιβάτες σε αυτοκίνητο χωρίς να εμπλέκεται άλλο όχημα στο ατύχημα, και το 17,5% αφορούσε σύγκρουση με άλλο όχημα.

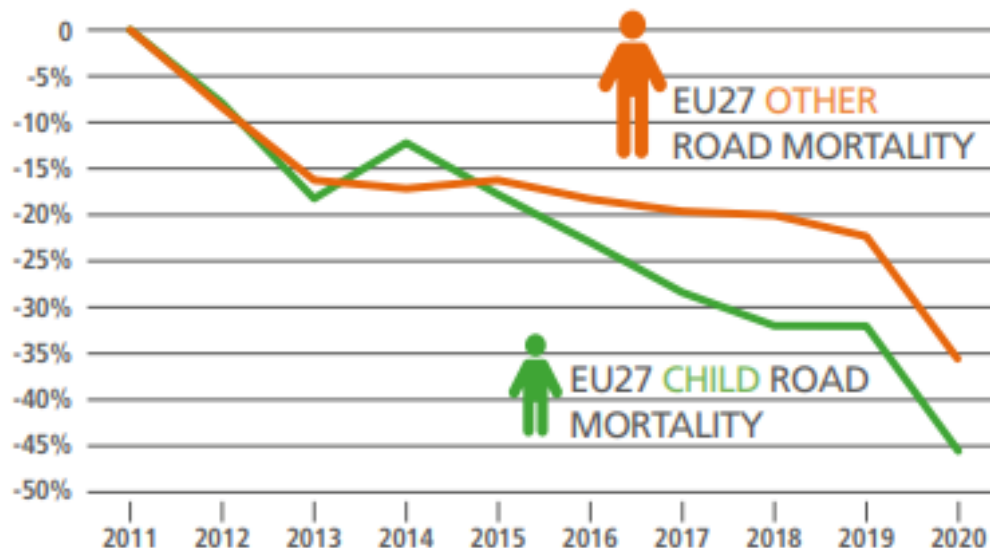
Fatality	In a collision with...								Total
	Pedestrian	Cyclist	Moped	PTW	Car	Lorry & Hk	Bus or coi	Other	
Child Pedestrians	1	1	0	0	94	19	5	6	126
Child Cyclists	0	0	0	1	29	10	1	4	50
Child Moped Riders	0	0	0	0	4	3	0	1	10
Child PTW Occupants	0	0	0	1	3	2	0	0	12
Child Car Occupants	0	0	0	0	77	47	2	5	209
Child Lorry & HGVs occupants	0	0	0	0	1	5	0	0	9
Child Bus or Coach Occupants	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Other	0	0	0	1	8	3	0	1	20
Total	1	1	0	3	216	89	8	17	439

Εικόνα 1.1: Θάνατοι παιδιών (0-14) το έτος 2020 για κάθε μέσο μεταφοράς λαβαίνοντας υπόψη και τον κύριο άλλο συμμετέχοντα στη σύγκρουση [Πηγή: EUCAREdata]

Την τελευταία δεκαετία η οδική ασφάλεια των παιδιών παρουσιάζει βελτίωση σχεδόν σε όλες τις χώρες που συμπεριλαμβάνονται στην έκθεση του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Ασφάλειας Μεταφορών (ETSC). Η παιδική θνησιμότητα από οδικά ατυχήματα μειώθηκε κατά 46% ενώ η μείωση για όλες τις άλλες ηλικιακές ομάδες ήταν 36% για την περίοδο 2010-2020.

REDUCTION

IN ROAD MORTALITY OF CHILDREN



Διάγραμμα 1.2: Μείωση της θνησιμότητας από οδικά ατυχήματα για τα παιδιά έως δεκατεσσάρων ετών και για τις άλλες ηλικιακές ομάδες. [Πηγή: ETSC, PINFlashReport 43, 2022]

1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας είναι η **διερεύνηση των παραγόντων επιρροής της οδικής ασφάλειας των παιδιών στην Ευρώπη**. Συγκεκριμένα, στο πρώτο μέρος επιχειρήθηκε η συσχέτιση των επιδόσεων οδικής ασφάλειας (νεκροί σε οδικά ατυχήματα ηλικίας 0-14 προς τον αντίστοιχο πληθυσμό) χωρών της Ευρώπης με οικονομικούς παράγοντες όπως το εισόδημα, με κοινωνικούς όπως το μορφωτικό επίπεδο και με τις απόψεις των οδηγών για την οδική ασφάλεια, όπως η χρήση παιδικού καθίσματος, η χρήση ζώνης και η ανάπτυξη ταχυτήτων πάνω από το επιτρεπόμενο όριο. Στο δεύτερο μέρος αναλύθηκαν χαρακτηριστικά των ατυχημάτων που είχαν ως αποτέλεσμα το θανάσιμο τραυματισμό χρηστών της οδού ηλικίας 0-14 ετών όπως οι καιρικές συνθήκες, ο φωτισμός, ο τύπος της οδού και το μεταφορικό μέσο.

Πραγματοποιήθηκε συλλογή μεγάλου όγκου στοιχείων σχετικά με τον αριθμό των νεκρών σε οδικά ατυχήματα ηλικίας 0 έως 14 ετών σε χώρες της Ευρώπης και σχετικά με τα χαρακτηριστικά αυτών των ατυχημάτων ώστε να είναι ικανά για στατιστική ανάλυση, σύγκριση και εξαγωγή συμπερασμάτων. Λήφθηκαν υπόψη παιδιά ηλικίας 0 έως 14 ετών καθώς σε πολλές χώρες της Ευρώπης τα δεκαπέντε έτη είναι η ηλικία στην οποία τελειώνει η υποχρεωτική φοίτηση στο σχολείο. Μέχρι τα δεκατέσσερα οι μετακινήσεις των παιδιών

ελέγχονται κατά κύριο λόγο από τους γονείς. Επίσης τα δεκαπέντε είναι η ηλικία στην οποία κάποιος θεωρείται υπεύθυνος για τις πράξεις του (νομική ευθύνη).

Στη συνέχεια επιλέχθηκαν τα κατάλληλα μαθηματικά πρότυπα για να εκφράσουν επαρκώς τις συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών που εξετάζονται. Χρησιμοποιήθηκε λογαριθμική γραμμική παλινδρόμηση για την συσχέτιση των επιδόσεων με οικονομικούς, κοινωνικούς δείκτες, απόψεις περί ζητημάτων ασφαλείας και αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση για την ανάλυση των χαρακτηριστικών των οδικών ατυχημάτων με θανάσιμο τραυματισμό χρηστών της οδού ηλικίας 0-14 ετών.

1.3 Μεθοδολογία

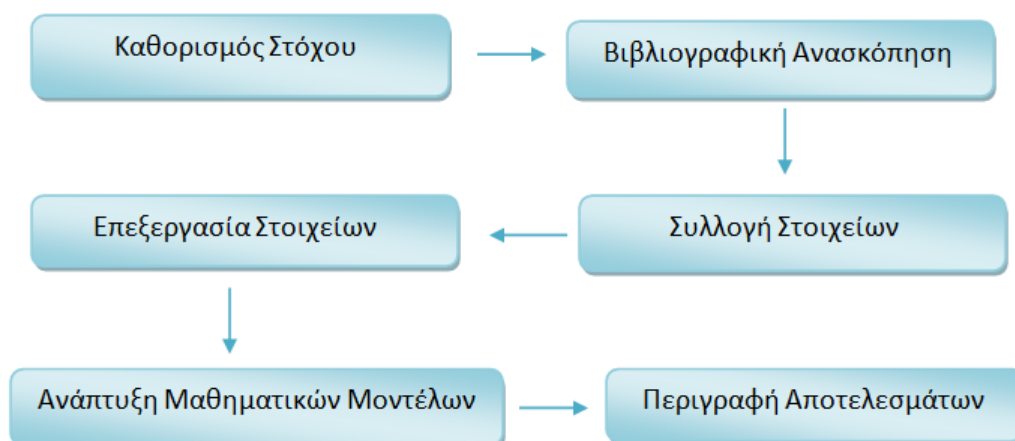
Για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας και για την επίτευξη του τελικού της στόχου ακολουθήθηκε συγκεκριμένη διαδικασία τα στάδια της οποίας παρουσιάζονται στη συνέχεια.

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

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η **συλλογή των στοιχείων** που απαιτούνταν για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν ήταν για χώρες της Ευρώπης για το χρονικό διάστημα 2016 – 2020. Τα στοιχεία για τον αριθμό των νεκρών αντλήθηκαν από την Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων CARE (Community database on Accidents on the Roads in Europe). Δεδομένα για τις απόψεις των οδηγών για την οδική ασφάλεια (χρήση ζώνης, παιδικού καθίσματος, ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων) αντλήθηκαν από την έρευνα ESRA (E-Survey of Road Users' Attitudes). Λοιπά δεδομένα όπως το εισόδημα και το μορφωτικό επίπεδο αντλήθηκαν από την Eurostat.

Έπειτα πραγματοποιήθηκε η **δημιουργία μίας νέας βάσης δεδομένων** για τις ανάγκες της Διπλωματικής Εργασίας. Αυτό έγινε με την καταχώρηση των δεδομένων στο λογισμικό υπολογιστικών φύλλων Microsoft Excel. Η ομαδοποίηση τους πραγματοποιήθηκε μετά από διάφορες δοκιμές και αυτή οδήγησε στην τελική μορφή του βασικού πίνακα (masterfile). Τα στοιχεία αυτά κωδικοποιήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι έτοιμα για το στάδιο της στατιστικής ανάλυσης. Η **στατιστική ανάλυση** έγινε με την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R, στο περιβάλλον RStudio. Μετά από την επιλογή της κατάλληλης στατιστικής μεθόδου, δηλαδή της λογαριθμικής γραμμικής παλινδρόμησης για το πρώτο μέρος και της αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης για το δεύτερο μέρος, αναπτύχθηκαν τα τελικά στατιστικά μοντέλα προς επίτευξη των ορισθέντων στόχων της Διπλωματικής Εργασίας.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε **αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων** και με βάση τα αποτελέσματα των προτύπων εξήχθησαν τα αντίστοιχα συμπεράσματα για την επιρροή των εκάστοτε ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη καθώς και για τη σύγκριση τους. Με τον τρόπο αυτό προέκυψαν σημαντικές πληροφορίες για το υπό εξέταση ζήτημα και διατυπώθηκαν σχετικές προτάσεις για περαιτέρω έρευνα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται υπό μορφή διαγράμματος ροής τα διαδοχικά στάδια που ακολουθήθηκαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας.



Διάγραμμα 1.3: Σχηματική απεικόνιση σταδίων Διπλωματικής Εργασίας

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Το **πρώτο κεφάλαιο** αποτελεί την εισαγωγή της Διπλωματικής Εργασίας και έχει ως στόχο να παρουσιάσει στον αναγνώστη το γενικότερο πλαίσιο του αντικειμένου με το οποίο ασχολείται. Αρχικά γίνεται μια αναφορά στα οδικά ατυχήματα στην Ευρώπη και αναφέρονται στατιστικά από χώρες της Ευρώπης που αφορούν την οδικά ασφάλεια παιδιών ηλικίας 0 έως 14 ετών. Κατόπιν παρουσιάζεται ο επιδιωκόμενος στόχος της Διπλωματικής Εργασίας και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε.

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

Στο **τρίτο κεφάλαιο**, που αποτελεί το θεωρητικό υπόβαθρο, αναλύεται η κατηγορία της εκάστοτε επιλεχθείσας μεθοδολογίας. Στην προκειμένη περίπτωση της λογαριθμικής γραμμικής παλινδρόμησης για το πρώτο μέρος και της αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης για το δεύτερο μέρος. Για αρχή καταγράφονται όλα τα στοιχεία που είναι

απαραίτητα για την εφαρμογή της μεθόδου και στην συνέχεια προκύπτουν τα μοντέλα, αλλά και οι στατιστικοί έλεγχοι που θα γίνουν.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** γίνεται παρουσίαση των διαδικασιών της συλλογής και επεξεργασίας στοιχείων, στα οποία στηρίχθηκε η Διπλωματική Εργασία. Αρχικά παρουσιάζονται οι πηγές των στοιχείων και τα βασικά τους χαρακτηριστικά. Έπειτα αναλύεται ο τρόπος κωδικοποίησης των στοιχείων, καθώς και η επεξεργασία που υπέστησαν ώστε να χρησιμοποιηθούν στη στατιστική ανάλυση.

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

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

Το **έβδομο κεφάλαιο** αποτελεί τη βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Παρατίθενται, με μορφή καταλόγου, το σύνολο των ερευνών που έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση, η οποία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα διεθνών ερευνών, των οποίων το αντικείμενο παρουσιάζει συνάφεια με τα υπό μελέτη ζητήματα, όπως αυτά παρουσιάστηκαν συνοπτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Αρχικά παρατίθενται έρευνες οι οποίες αναφέρονται στην επίδραση της χρήσης συστημάτων συγκράτησης στους τραυματισμούς των παιδιών. Στη συνέχεια παρατίθενται έρευνες που πραγματεύονται την σημασία της θέσης του καθίσματος και αξιολογούν την χρήση αερόσακων. Παρουσιάζονται επίσης έρευνες οι οποίες αναφέρονται στην λανθασμένη χρήση των συστημάτων συγκράτησης. Τέλος παρατίθενται έρευνες που παρουσιάζουν προτάσεις για την βελτίωση της οδικής ασφάλειας των παιδιών.

2.2 Συναφείς Έρευνες και Μεθοδολογίες

2.2.1 Επίδραση της χρήσης συστημάτων συγκράτησης στους τραυματισμούς των παιδιών.

Children in car crashes: analysis of data for injury and use of restraints.(JohnstonC, etal., 1994)

Οι JohnstonC. Etal. (1994), πραγματοποίησαν μια μελέτη για να προσδιορίσουν την επίδραση των συστημάτων συγκράτησης αυτοκινήτου στα ποσοστά τραυματισμών από μηχανοκίνητα οχήματα για παιδιά ηλικίας 0 έως 14 ετών. Αναλύθηκαν οδικά ατυχήματα που αναφέρθηκαν από την αστυνομία στις Ηνωμένες Πολιτείες το 1990 και το 1991 για τα ποσοστά τραυματισμών επιβατών ηλικίας κάτω των 15 ετών σε σχέση με τη χρήση του συστήματος συγκράτησης, την ηλικία και τη θέση καθίσματος.

Η βέλτιστη χρήση συστημάτων συγκράτησης (που ορίζεται ως καθίσματα αυτοκινήτου για παιδιά 0 έως 4 ετών και ζώνες ώμου για παιδιά 5 έως 14 ετών) ήταν 40%. Η χρήση του καθίσματος αυτοκινήτου ήταν 76% για βρέφη (0 έως 12 μηνών) και 41% για νήπια (1 έως 4 ετών). Η μη χρήση ενός συστήματος συγκράτησης ήταν υψηλότερη για τις ηλικίες 10 έως 14 ετών (43%). Το ποσοστό εμπλοκής σε οδικά ατυχήματα για όλα τα παιδιά ήταν 21,4 (ανά 1000/έτος). Το υψηλότερο ποσοστό ήταν οι 14χρονοι με 29,6 και ακολουθούν οι 2χρονοι με 26,5. Τα ποσοστά τραυματισμών ήταν 4,76 (ανά 1000/έτος) για όλα τα παιδιά. Το χαμηλότερο ποσοστό ήταν 2,91 για τα βρέφη, αλλά αυξήθηκε σε 4,78 για τα παιδιά 3 ετών. **Ο ισχυρότερος παράγοντας κινδύνου για τραυματισμό ήταν η μη χρήση ενός συστήματος συγκράτησης.** Η χρήση του καθίσματος αυτοκινήτου μείωσε τους τραυματισμούς κατά 60% για παιδιά ηλικίας 0 έως 4 ετών, ενώ η ζώνη ώμου ήταν μόνο 38% αποτελεσματική για παιδιά ηλικίας 5 έως 14 ετών

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η μεγαλύτερη συμμετοχή σε οδικά ατυχήματα και η λιγότερη χρήση συστημάτων συγκράτησης αυτοκινήτου εξηγούν το 64% υψηλότερο ποσοστό τραυματισμού για παιδιά 3 ετών από ό,τι για τα βρέφη. Τα συστήματα συγκράτησης που έχουν σχεδιαστεί για ενήλικες δεν είναι τόσο αποτελεσματικά για τα παιδιά σχολικής ηλικίας όσο τα καθίσματα αυτοκινήτου για τα παιδιά προσχολικής ηλικίας. Η έρευνα πρότεινε να δοθεί έμφαση στον σχεδιασμό και την αξιολόγηση ενός καλύτερου συστήματος συγκράτησης για τα παιδιά σχολικής ηλικίας. Επίσης ενθάρρυνε την αυξημένη χρήση των υφιστάμενων συστημάτων συγκράτησης, καθώς μειώνουν σημαντικά τους τραυματισμούς σε οδικά ατυχήματα.

Factors Affecting Child Injury Risk in Motor-Vehicle Crashes (Marco Benedetti et al., 2019)

Η συγκεκριμένη έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους MarcoBenedettietal. (2019) είχε ως στόχο να διερευνήσει τους παράγοντες που επηρεάζουν τον κίνδυνο τραυματισμού παιδιών σε οδικά ατυχήματα. Η έρευνα εντόπισε τους παράγοντες που σχετίζονται με τον

τραυματισμό παιδιών σε οδικά ατυχήματα χρησιμοποιώντας μια εθνική βάση δεδομένων πιο πρόσφατων ατυχημάτων που αναφέρθηκαν από την αστυνομία στις Ηνωμένες Πολιτείες και αφορούν παιδιά ηλικίας κάτω των 13 ετών όπου καταγράφεται ο τύπος συστήματος συγκράτησης. Κατηγοριοποιήθηκε ο τύπος συγκράτησης ως βέλτιστος, μη βέλτιστος ή ανύπαρκτος. Παράγοντες με σημαντική επιρροή στον κίνδυνο τραυματισμού περιλαμβάνουν τον τύπο συγκράτησης, την ηλικία του παιδιού, τον τραυματισμό του οδηγού, την χρήση αλκοόλ από τον οδηγό, τη θέση καθίσματος και την κατεύθυνση σύγκρουσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι **σε σύγκριση με τα παιδιά που χρησιμοποιούν βέλτιστη συγκράτηση, τα ανεξέλεγκτα παιδιά έχουν 4,9 έως 5,6 φορές υψηλότερες πιθανότητες τραυματισμού ενώ τα μη βέλτιστα συγκρατημένα παιδιά έχουν 1,1 έως 1,9 υψηλότερες πιθανότητες τραυματισμού.**

2.2.2 Σημασία της θέσης του καθίσματος και αξιολόγηση της χρήσης αερόσακων

Effects of seating position and appropriate restraint use on the risk of injury to children in motor vehicle crashes (Durbin DR et al., 2005)

Οι Durbin DR et al. (2005) πραγματοποίησαν μια μελέτη για την αξιολόγηση της σχέσης θέσης καθίσματος και του συστήματος συγκράτησης με τον κίνδυνο τραυματισμού παιδιών σε ατυχήματα επιβατικών οχημάτων.

Η μελέτη αφορούσε παιδιά κάτω των 16 ετών που ενεπλάκησαν σε ατυχήματα ασφαλισμένων οχημάτων σε 15 πολιτείες. Οι αναφορές γονέων χρησιμοποιήθηκαν για την διερεύνηση του συστήματος συγκράτησης, της θέσης καθίσματος και των σοβαρών τραυματισμών κατά το ατύχημα.

Περίπου το 62% των παιδιών χρησιμοποιούσε ζώνες ασφαλείας, το 35% χρησιμοποιούσε παιδικά καθίσματα και το 3% δεν χρησιμοποίησε κανένα σύστημα συγκράτησης. Σχεδόν 4 στα 5 παιδιά κάθονταν στο πίσω κάθισμα, με τα μισά από όλα τα παιδιά να συγκρατούνται κατάλληλα για την ηλικία τους στο πίσω κάθισμα, αν και αυτό διέφερε ανάλογα με την ηλικία του παιδιού. Συνολικά, το 1,6% των παιδιών υπέστη σοβαρούς τραυματισμούς, το 13,5% είχε ελαφρούς τραυματισμούς και το 84,9% δεν είχε τραυματισμό. Τα ασυγκράτητα παιδιά στο μπροστινό μέρος διέτρεχαν τον υψηλότερο κίνδυνο τραυματισμού και **τα κατάλληλα συγκρατημένα παιδιά στο πίσω μέρος είχαν τον χαμηλότερο κίνδυνο, για όλες τις ηλικιακές ομάδες.**

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι το κατάλληλο για την ηλικία του παιδιού σύστημα συγκράτησης προσφέρει σχετικά περισσότερα πλεονεκτήματα από τα πίσω καθίσματα αλλά ο συνδυασμός των δύο παρέχει την καλύτερη προστασία σε ατύχημα.

Child passenger safety: decisions about seating location, airbag exposure, and restraint use.(GlassRJetal., 2000)

ΟιGlassRJetal. (2000) πραγματοποίησαν μια έρευνα για να προσδιορίσουν την σημασία της θέσης του καθίσματος, της έκθεσης στον αερόσακο και της χρήσης συστήματος

συγκράτησης. Εκτιμήθηκε η αποτελεσματικότητα των πλευρικών αερόσακων συνοδηγού και των πίσω καθισμάτων για παιδιά.

Χρησιμοποιώντας δεδομένα από το Σύστημα Αναφοράς Ανάλυσης Θανάτων των ΗΠΑ για τα ημερολογιακά έτη 1989 έως 1998, αναλύθηκαν θανατηφόρα τροχαία ατυχήματα με παιδιά επιβάτες ηλικίας κάτω των 13 ετών. Η αποτελεσματικότητα των αερόσακων στην πλευρά του συνοδηγού και των πίσω καθισμάτων για παιδιά, ανά ηλικιακή κατηγορία και χρήση συγκράτησης, εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο σύγκρισης διπλού ζεύγους. Ο κίνδυνος θανάτου από κάθε πιθανό συνδυασμό χρήσης συγκράτησης, θέσης καθίσματος και παρουσίας αερόσακων εκτιμήθηκε επίσης χρησιμοποιώντας λογιστική παλινδρόμηση.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι **οι πλήρως ενεργοποιημένοι αερόσακοι συνοδηγού αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για τα παιδιά και ότι το πίσω κάθισμα είναι η ασφαλέστερη θέση για τα παιδιά**. Έδειξαν επίσης ότι τα παιδιά που δεν χρησιμοποιούν σύστημα συγκράτησης και είναι εκτεθειμένα σε αερόσακους έχουν 84% περισσότερες πιθανότητες να πεθάνουν από τα ασυγκράτητα παιδιά στο μπροστινό κάθισμα χωρίς αερόσακους. Επιπλέον, συγκρατημένα παιδιά 9 έως 12 ετών βρέθηκαν να είναι 39% ασφαλέστερα όταν είχαν αερόσακο. Συγκρατημένα βρέφη βρέθηκε ότι είχαν 254% περισσότερες πιθανότητες να πεθάνουν εάν τοποθετηθούν μπροστά από έναν αερόσακο. Τέλος, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση συστημάτων συγκράτησης μειώνει τον κίνδυνο θανάτου για καθένα από τα σενάρια που αναλύθηκαν: παιδιά κάθε ηλικίας, με ή χωρίς αερόσακους συνοδηγού και σε οποιαδήποτε θέση.

2.2.3 Λανθασμένη χρήση των συστημάτων συγκράτησης

Handling of child restraint systems with special focus on misuse (Matthias Kuhn et al., 2018)

Μια έρευνα των Matthias Kühn et al., είχε ως στόχο να διερευνήσει την οδική ασφάλεια των παιδιών εστιάζοντας στην λανθασμένη χρήση των μέσων συγκράτησης. Για την συλλογή των δεδομένων παρατηρήθηκε η χρήση των μέσων συγκράτησης σε δημόσιους χώρους και έγινε τηλεφωνική έρευνα με την χρήση ερωτηματολογίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ποσοστά λανθασμένης χρήσης των μέσων συγκράτησης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο του συστήματος. **Τα συστήματα ISOFIX** (μεταλλικές υποδοχές οι οποίες είναι βιδωμένες, απευθείας, στο πλαίσιο του αυτοκινήτου και βρίσκονται κάτω από την πίσω σειρά των καθισμάτων) **είναι σημαντικά καλύτερα από όλους τους άλλους τύπους συστημάτων συγκράτησης**. Η έρευνα επίσης έδειξε ότι **οι κακές καιρικές συνθήκες, οι σύντομες διαδρομές** (μικρότερες των 10 λεπτών) όπως για παράδειγμα η οδήγηση προς το νηπιαγωγείο και το σχολείο, **οδηγούν σε υψηλότερα ποσοστά κακής χρήσης των συστημάτων συγκράτησης**.

National roadside survey of child restraint system use in Belgium (Roynard et al., 2014)

Το 2011 το Βελγικό Ινστιτούτο Οδικής Ασφάλειας διεξήγαγε μια οδική έρευνα για την χρήση και την λανθασμένη χρήση συστημάτων συγκράτησης. Στόχος της μελέτης ήταν η παρατήρηση σε πραγματική κυκλοφορία του τρόπου συγκράτησης των παιδιών και την μέτρηση του ποσοστού χρήσης και λανθασμένης χρήσης. Το δείγμα αποτελούνταν από 1.461 παιδιά για τα οποία παρατηρήθηκε λεπτομερώς ο τρόπος συγκράτησης και ρωτήθηκε ο οδηγός. Οι παράμετροι που αναλύθηκαν ήταν τα χαρακτηριστικά των παιδιών και των οδηγών των αυτοκινήτων, οι τύποι των ταξιδιών και οι τύποι συγκράτησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τουλάχιστον το 50% των παιδιών δεν ήταν σωστά συγκρατημένα και το 10% ήταν ασυγκράτητα. Οι παράγοντες που επηρέασαν την χρήση των συστημάτων συγκράτησης ήταν η χρήση ζώνης ασφαλείας από τον οδηγό, η ευαισθητοποίηση του οδηγού σχετικά με τους οδικούς κινδύνους, η διάρκεια και η συχνότητα του ταξιδιού. **Το σύστημα ISOFIX μείωσε σημαντικά το ποσοστό λανθασμένης χρήσης του συστήματος συγκράτησης.**

2.2.4 Προτάσεις για την βελτίωση της οδικής ασφάλειας των παιδιών

Keeping children safe in traffic (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2004)

Μια έκθεση που δημοσιεύτηκε από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) το 2004, είχε ως κύριο στόχο να αναδείξει επιτυχημένες στρατηγικές που θα μπορούσαν να υιοθετηθούν από τις χώρες του ΟΟΣΑ για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας των παιδιών. Η έρευνα εστίαζε στην **εκπαίδευση των παιδιών στην οδική ασφάλεια**. Ανέφερε ότι η εκπαίδευση θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένη στο στάδιο ανάπτυξης του παιδιού ξεκινώντας από πρακτικές δεξιότητες πεζών και στη συνέχεια ποδηλατών. Στη συνέχεια θα αναπτύσσονται δεξιότητες υψηλότερου επιπέδου που ταιριάζουν με την αυξανόμενη ανεξαρτησία των παιδιών ως πεζών, ποδηλατών και τελικά νέων ενήλικων οδηγών. Η έρευνα εστίαζε επίσης στην ευθύνη των συγκοινωνιολόγων να σχεδιάζουν συστήματα που λαμβάνουν υπόψη τις ανάγκες κινητικότητας των παιδιών, την ταξιδιωτική συμπεριφορά και τις διαφορές στην αντίληψη και την ικανότητα αντίδρασης. Τέλος, η έκθεση ανέφερε ότι αυτό που διέκρινε τις χώρες με τις καλύτερες επιδόσεις όσον αφορά την οδική ασφάλεια των παιδιών από εκείνες με λιγότερο καλές επιδόσεις ήταν η παιδοκεντρική προσέγγιση στο οδικό περιβάλλον.

Road Safety Thematic Report – Children (European Road Safety Observatory, 2023)

Μια έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την οδική ασφάλεια των παιδιών που δημοσιεύτηκε το 2023, ανέφερε ότι λόγω του μικρού μεγέθους τους, τα παιδιά είναι λιγότερο ορατά από άλλους χρήστες του οδικού δικτύου και λόγω της έλλειψης εμπειρίας μπορούν εύκολα να γίνουν αθώα θύματα σε συγκρούσεις. Επίσης τα παιδιά ταξιδεύουν συχνότερα ως πεζοί ή ποδηλάτες (ευάλωτοι χρήστες του οδικού δικτύου) και επίσης γίνονται θύματα σε οδικά ατυχήματα λόγω της κακής υποδομής, της υπερβολικής ταχύτητας ή της οδήγησης υπό την επήρεια αλκοόλ. Για την βελτίωση της οδικής

ασφάλειας των παιδιών η έρευνα πρότεινε να βελτιωθούν οι οδικές υποδομές και να εφαρμόζονται αυστηρότερα όρια ταχύτητας. Πρότεινε επίσης να βελτιωθεί ο εξοπλισμός ασφαλείας των οχημάτων. Αυτά τα συστήματα μπορούν να επικεντρωθούν στον περιορισμό της ταχύτητας, στην αποφυγή των συγκρούσεων και στη μείωση της σοβαρότητάς τους. Επίσης συνιστούσε την χρήση εξοπλισμού όπως κράνους ποδηλάτου, και συστήματος συγκράτησης. Τέλος, αναφερόταν στην σημασία επιβολής κατάλληλων κυρώσεων στους παραβάτες

Reducing Child Death on European Roads (European Transport Safety Council, 2022)

Μια ακόμη συναφής έρευνα πραγματοποιήθηκε το 2022 από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Ασφάλειας Μεταφορών και είχε ως στόχο την βελτίωση της οδικής ασφάλειας των παιδιών (ETSC, 2022). Η έρευνα ανέφερε ότι **η βελτίωση της οδικής ασφάλειας των παιδιών μπορεί να επιτευχθεί μέσω μέτρων που έχουν ως στόχο την βελτίωση της συμπεριφοράς όλων των χρηστών της οδού**: αναβάθμιση του οδικού περιβάλλοντος, σχεδιασμός οχημάτων που προστατεύουν καλύτερα τόσο τους επιβαίνοντες όσο και όσους βρίσκονται εκτός του οχήματος, επιβολή της νομοθεσίας περί κυκλοφορίας, προώθηση της σωστής χρήσης των κατάλληλων συστημάτων συγκράτησης παιδιών, βελτίωση της οδικής κυκλοφορίας και ευαισθητοποίηση. Κάποια από τα προτεινόμενα μέτρα της έρευνας αυτής ήταν: ο σχεδιασμός οδών με τρόπους που αναγνωρίζουν τις δυνατότητες και τους περιορισμούς των παιδιών, να υιοθετηθούν ζώνες με όριο ταχύτητας 30 km/h σε κατοικημένες περιοχές, γύρω από σχολεία και εγκαταστάσεις παιδικής μέριμνας, γύρω από στάσεις λεωφορείων και άλλες περιοχές που χρησιμοποιούνται από πολλούς πεζούς και ποδηλάτες. Προτείνεται επίσης η δημιουργία ασφαλών υποδομών πεζών και ποδηλάτων που χωρίζονται από την κυκλοφορία και η παροχή εκπαίδευσης για την οδική ασφάλεια.

Child road safety in the urban environment (R.O Petch, 2000)

Οι R.O Petch & R.R Henson, το (2000) πραγματοποίησαν μια έρευνα για να διερευνηθεί η οδική ασφάλεια των παιδιών στο αστικό περιβάλλον. Η μελέτη χρησιμοποιεί μια εκτενή βάση δεδομένων με παιδιά θύματα οδικών ατυχημάτων στην πόλη Salford (Ηνωμένο Βασίλειο), η οποία συνδυάζει πληροφορίες τόσο από αστυνομικές πηγές όσο και από νοσοκομειακές πηγές για να εξετάσει την οδική ασφάλεια των παιδιών στο αστικό περιβάλλον. Η χωρική κατανομή των θυμάτων διερευνήθηκε χρησιμοποιώντας τεχνικές τόσο στατιστικών όσο και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS). Στην ανάλυση συμπεριλήφθηκαν παράγοντες που σχετίζονται με την κίνηση και κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες.

Η έρευνα επιδιώκει να συγκεντρώσει δεδομένα προκειμένου να διερευνήσει τη σχέση μεταξύ της ασφάλειας της παιδικής κυκλοφορίας και του αστικού δομημένου περιβάλλοντος. Αρχικά, εξετάστηκε η απόσταση μεταξύ του τόπου τραυματισμού των θυμάτων και του τόπου κατοικίας. Έγιναν συγκρίσεις ως προς την ηλικία, τον τρόπο ταξιδιού και τη γεωγραφική βάση. Δεύτερον, διαμορφώθηκαν μοντέλα παλινδρόμησης σε

επίπεδο περιοχής, για να συσχετίσουν τα θύματα πεζών/ποδηλατών με κοινωνικοοικονομικούς, κυκλοφοριακούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η ροή της κυκλοφορίας και η ιδιοκτησία αυτοκινήτου. Η σχετική σημασία αυτών των ομάδων παραγόντων προσδιορίστηκε με τη χρήση στατιστικών, χαρτογραφικών (γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών (GIS)) και ποιοτικών τεχνικών.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έδειξαν ότι η πλειονότητα των ατυχημάτων παιδιών που κινούνται πεζή και των ατυχημάτων παιδιών που χρησιμοποιούν ποδήλατο συνέβη σε απόσταση 0,5 km από τον τόπο διαμονής των θυμάτων (62% και 56%, αντίστοιχα). Το ισοδύναμο στατιστικό για παιδιά που τραυματίστηκαν σε οδικά ατυχήματα ήταν σημαντικά χαμηλότερο (18%). Ένα υψηλό ποσοστό των θυμάτων πεζών τραυματίστηκε σε απόσταση 250 μέτρων από τον τόπο διαμονής τους. Η μελέτη αναγνώριζε τον ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει ένα καλά σχεδιασμένο αστικό περιβάλλον στην βελτίωση των χώρων όπου ζουν και παίζουν παιδιά. Αναφέρθηκε στην έννοια των HomeZones (ομάδες οδών που έχουν σχεδιαστεί κυρίως για να καλύπτουν τις ανάγκες πεζών, ποδηλατών, παιδιών και κατοίκων και όπου οι ταχύτητες και η κυκλοφορία αυτοκινήτων είναι μειωμένες) και ανέφερε ότι με καλό σχεδιασμό πολλοί από τους στόχους των HomeZones θα μπορούσαν να επιτευχθούν στο πλαίσιο της υφιστάμενης νομοθεσίας.

2.3 Σύνοψη

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν οι σημαντικότερες διεθνείς έρευνες με αντικείμενο συναφές με εκείνο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Από τη σύνθεση των βασικών σημείων των ερευνών που εξετάστηκαν προέκυψαν οι εξής παρατηρήσεις:

- Ο ισχυρότερος παράγοντας κινδύνου για τραυματισμό των παιδιών ήταν η μη χρήση ενός συστήματος συγκράτησης.
- Σε σύγκριση με τα παιδιά που χρησιμοποιούν βέλτιστη συγκράτηση, τα ανεξέλεγκτα παιδιά έχουν 4,9 έως 5,6 φορές υψηλότερες πιθανότητες τραυματισμού ενώ τα μη βέλτιστα συγκρατημένα παιδιά έχουν 1,1 έως 1,9 υψηλότερες πιθανότητες τραυματισμού.
- Τα κατάλληλα συγκρατημένα παιδιά στο πίσω μέρος είχαν τον χαμηλότερο κίνδυνο, για όλες τις ηλικιακές ομάδες και οι πλήρως ενεργοποιημένοι αερόσακοι συνοδηγού αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για τα παιδιά.
- Τα συστήματα ISOFIXείναι σημαντικά καλύτερα από όλους τους άλλους τύπους συστημάτων συγκράτησης.
- Οι κακές καιρικές συνθήκες και οι σύντομες διαδρομέςοδηγούν σε υψηλότερα ποσοστά κακής χρήσης των συστημάτων συγκράτησης.
- Η εκπαίδευση των παιδιών στην οδική ασφάλειακαι ο σχεδιασμός οδικών συστημάτων λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες των παιδιών μπορεί να μειώσει σημαντικά τα οδικά ατυχήματα.

- Η βελτίωση της οδικής ασφάλειας των παιδιών μπορεί να επιτευχθεί μέσω **μέτρων που έχουν ως στόχο τη βελτίωση της συμπεριφοράς όλων των χρηστών της οδού.**

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο επιδιώκεται η περιγραφή του θεωρητικού υποβάθρου που αξιοποιήθηκε για την ανάλυση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας. Πραγματοποιείται μια λεπτομερής ανάλυση των προτύπων που χρησιμοποιήθηκαν. Ειδικότερα γίνεται αναφορά στις δύο μεθόδους ανάλυσης που αναπτύχθηκαν για την ανάλυση δεδομένων, δηλαδή στη **λογαριθμική γραμμική παλινδρόμηση** και στην **αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση**. Στη συνέχεια αναλύονται τα θεωρητικά στοιχεία που αφορούν τις δύο μεθόδους καθώς και οι στατιστικοί έλεγχοι και τα κριτήρια αποδοχής ή απόρριψης ενός μοντέλου.

3.2 Μαθηματικά Πρότυπα

3.2.1 Γραμμική παλινδρόμηση

Ο κλάδος της στατιστικής ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να καθίσταται δυνατή η πρόβλεψη της μίας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis). Ο όρος εξαρτημένη μεταβλητή αφορά εκείνη της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ ο όρος ανεξάρτητη αποδίδεται στη 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 μία στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων για την περιγραφή της σχέσης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Σημειώνεται πως η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής ή διακριτή. Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές μέγεθος και ακολουθεί κανονική κατανομή, τότε χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης. Η απλούστερη περίπτωση γραμμικής παλινδρόμησης είναι η απλή γραμμική παλινδρόμηση (simple linear regression). Η απλή γραμμική παλινδρόμηση ορίζεται από μία μόνο ανεξάρτητη μεταβλητή X και μία εξαρτημένη μεταβλητή Y , που προσεγγίζεται ως γραμμική συνάρτηση του X . Η τιμή y_i της Y , για κάθε τιμή της x_i της X , προσδιορίζεται ως εξής:

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

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

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

Ο όρος ϵ_i ονομάζεται σφάλμα παλινδρόμησης (regression error). Στην πράξη ο γραμμικός προσδιορισμός που επιτυγχάνεται μέσω της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης μπορεί μόνο να προσεγγίσει την πραγματική μαθηματική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών X και Y . Έτσι, είναι απαραίτητο να συμπεριληφθεί στο μοντέλο ο όρος του σφάλματος ϵ_i . Αυτό γίνεται τόσο για να αντιπροσωπευθούν στο μοντέλο τυχόν παραληφθείσες μεταβλητές, όσο και για να ληφθεί υπόψη κάθε σφάλμα προσέγγισης που σχετίζεται με τη γραμμική συναρτησιακή μορφή (Σταθόπουλος και Καρλαύτης, 2008). Το ϵ_i μπορεί συχνά να αναφέρεται και ως σφάλμα, απόκλιση, υπόλοιπο κλπ. Στην περίπτωση που η τυχαία μεταβλητή Y εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία μεταβλητές X ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$), γίνεται αναφορά στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (multiple linear regression). Η εξίσωση που περιγράφει τη σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξαρτητών μεταβλητών είναι η εξής:

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

Οι υποθέσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης δεν διαφέρουν από αυτές της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Το καινούργιο στοιχείο που εισάγεται είναι η ανάγκη για μηδενική συσχέτιση μεταξύ των ανεξαρτητών μεταβλητών ($\rho(x_i, x_j) \forall i \neq j \rightarrow 0$), η οποία πρέπει να ελεγχθεί πριν γίνει η εκτίμηση των παραμέτρων των μεταβλητών.

3.2.2 Αρνητική Διωνυμική Παλινδρόμηση

Το πρότυπο της παλινδρόμησης κατά Poisson μπορεί να ελεγχθεί, σε ότι αφορά στην ιδιότητα στην οποία βασίζεται, ότι δηλαδή η διασπορά της εξαρτημένης μεταβλητής λ_i είναι ίση με το μέσο όρο. Έτσι, σε μία προσπάθεια να αντιμετωπιστούν σφάλματα, που ενδέχεται να γίνονται όταν χρησιμοποιείται η παλινδρόμηση Poisson, ενώ ο μέσος δεν είναι ίσος με τη διασπορά, έχει 'επεκταθεί' το πρότυπο ώστε να παρακάμπτεται η ιδιότητα αυτή. Το πρότυπο αυτό ονομάζεται αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση (Negative Binomial Regression), και χρησιμοποιείται κυρίως σε δεδομένα με μεγάλη διασπορά, δηλαδή όταν η διακύμανση (variance) υπερβαίνει τη μέση τιμή (mean). Μπορεί να θεωρηθεί ως ένα γενικευμένο μοντέλο παλινδρόμησης Poisson καθώς έχει την ίδια δομή μέσου όπως η Poisson και μία επιπλέον παράμετρο ώστε να αντισταθμίσει την μεγάλη

διασπορά. Το μοντέλο παλινδρόμησης Poisson μπορεί να γενικευθεί με την εισαγωγή ενός ετερογενή όρου που δεν ανήκει στις παρατηρήσεις, τ_i . Με αυτό τον τρόπο, οι παρατηρήσεις υποτίθεται ότι διαφέρουν τυχαία με έναν τρόπο που δεν αντιστοιχεί πλήρως στους παρατηρούμενους παράγοντες. Αυτό έχει διατυπωθεί ως:

$$E[Y_i|x_i, \tau_i] = \mu_i \tau_i = e^{x_i^T \beta + \varepsilon}$$

Όπου ο Όρος $\tau_i = e_i - 1$ είναι ανεξάρτητος από τον φορέα της παλινδρόμησης x_i . Στη συνέχεια, η κατανομή της Y_i εξαρτάται από την x_i και η τ_i είναι Poisson με μέση τιμή και διακύμανση $\mu_i \tau_i$:

$$f(y_i | x_i, \tau_i) = \frac{e^{-\tau_i \mu_i} (\tau_i \mu_i)^{y_i}}{y_i!} \quad y_i = 0, 1, 2, \dots$$

Αφήνοντας την $g(\tau_i)$ να είναι η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας του T_i , η κατανομή $f(y_i | x_i)$ δεν εξαρτάται πλέον από το T_i και ενσωματώνοντας την σχέση $f(y_i | x_i, \tau_i)$ με το T_i προκύπτει η παρακάτω σχέση:

$$f(y_i | x_i) = \int_0^\infty f(y_i | x_i, \tau_i) g(\tau_i) d\tau_i$$

Μία αναλυτική λύση σ αυτό το ολοκλήρωμα υπάρχει όταν το τ_i θεωρείται ότι ακολουθεί μία κατανομή γάμμα. Αυτή η λύση είναι η αρνητική διωνυμική κατανομή. Όταν το μοντέλο περιέχει ένα σταθερό όρο, είναι απαραίτητο να υποτεθεί ότι $E e_{\varepsilon_i} = E \tau_i = 1$ προκειμένου να προσδιοριστεί η μέση τιμή της κατανομής. Έτσι, θεωρείται ότι το τ_i ακολουθεί μία κατανομή γάμμα (θ, θ) με $E \tau_i = 1$ και $\text{Var} \tau_i = 1/\theta$:

$$g(\tau_i) = \frac{\theta^\theta}{\Gamma(\theta)} \tau_i^{\theta-1} \exp\{-\theta \tau_i\}$$

$$\Gamma(x) = \int_0^\infty z^{x-1} \exp\{-z\} dz$$

Είναι η συνάρτηση γάμμα και το θ είναι μία θετική παράμετρος. Στη συνέχεια, η πυκνότητα x_i των δοσμένων Y_i προκύπτει ως:

$$f(y_i | x_i) = \frac{r(y_i + \theta)}{y_i! r(\theta)} \left(\frac{\theta}{\theta + \mu_i} \right)^\theta \left(\frac{\mu_i}{\theta + \mu_i} \right)^{y_i}, \quad y_i = 0, 1, 2, \dots$$

Κάνοντας την αντικατάσταση $\alpha = 1/\theta$ ($\alpha > 0$), η αρνητική διωνυμική κατανομή μπορεί τότε να ξαναγραφτεί ως:

$$f(y_i|x_i) = \frac{r(y_i + \alpha^{-1})}{y_i! r(\alpha^{-1})} \left(\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1} + \mu_i} \right)^{\alpha^{-1}} \left(\frac{\mu_i}{\alpha^{-1} + \mu_i} \right)^{y_i}, y_i = 0, 1, 2, \dots$$

Έτσι, η αρνητική διωνυμική κατανομή προκύπτει ως ένα μίγμα γάμμα του Poisson, τυχαίες μεταβλητές. Έχει μέσο όρο:

$$E[Y_i|x_i] = e^{x_i^T \beta}$$

Και διακύμανση:

$$Var[Y_i|x_i] = \mu_i \left(1 + \frac{\mu_i}{\theta} \right) = \mu_i (1 + \alpha \mu_i) > E[Y_i|x_i]$$

Στο μοντέλο αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης μπορούν να προστεθούν και οι τυχαίες επιδράσεις (randomeffects). Αυτό το μοντέλο αναφέρεται ως μοντέλο αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης μικτών επιπτώσεων ή γενικευμένο γραμμικό μικτό μοντέλο με αρνητική διωνυμική κατανομή. Στο μοντέλο μικτών επιπτώσεων συμπεριλαμβάνονται σταθερές (fixed) και τυχαίες (random) επιδράσεις:

- Fixedeffects: Έχουν σταθερές επιρροές στη μεταβλητή απόκρισης και στα μοντέλα αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης αυτές οι μεταβλητές συμπεριλαμβάνονται στο μοντέλο ως συμμεταβλητές.
- Randomeffects: Χρησιμοποιούνται για να ληφθεί υπόψη η μεταβλητότητα που δεν εξηγείται από τα fixedeffects. Χρησιμοποιούνται συνήθως για τη μοντελοποίηση συσχετισμών εντός των δεδομένων. Συνήθως αντιπροσωπεύονται από τυχαίες παρεμβολές και τυχαίες κλίσεις.

3.3 Στατιστική αξιολόγηση και κριτήρια αποδοχής προτύπου

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση ενός προτύπου 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.

- Μη συσχέτιση ανεξάρτητων μεταβλητών

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

- Λογική ερμηνεία των προσήμων

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

- Ελαστικότητα

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

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

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

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

Όπου: I , το πλήθος των πιθανών επιλογών

x_{ivk} , η τιμή της μεταβλητής k , για την εναλλακτική i , του ατόμου v

$\Delta(\beta_i x_n)$, η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της x_{vk} έχει μεταβληθεί από 0 σε 1 η

$\beta_i x_n$, η αντίστοιχη τιμή όταν η x_{ivk} έχει τιμή 0

β_{ik} , η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{vk}

- Στατιστική σημαντικότητα

Πραγματοποιούνται πρώτα οι έλεγχοι των σταθερών επιδράσεων (tests of fixed effects) για κάθε μία από τις σταθερές επιδράσεις που ορίζονται στο μοντέλο. Πρόκειται για έναν

έλεγχου τύπου ANOVA. Προκειμένου να γίνει αποδεκτό ότι οι μεταβλητές συμβάλλουν σημαντικά στο μοντέλο θα πρέπει η τιμή σημαντικότητας (significancevalue) να είναι $\text{sig} \leq 0,05$. Αυτό σημαίνει ότι η μεταβλητή είναι στατιστικά σημαντική για το 95% τουλάχιστον των περιπτώσεων. Η στατιστική αξιολόγηση των παραμέτρων των μεταβλητών πραγματοποιείται 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 πρότυπο. Ο συντελεστής t εκφράζεται με τη σχέση:

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

Όπου, $s.e.$ Το τυπικό σφάλμα (standard error).

Βάσει της ανωτέρω σχέσης, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα τόσο αυξάνεται ο συντελεστής t_{stat} και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t , (κατά απόλυτη τιμή), τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στον πίνακα 3.1. που δίνεται στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κρίσιμες τιμές του συντελεστή t (t^*) για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης.

Πίνακας 3. 1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t

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

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

- Συντελεστής προσαρμογής R^2

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

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

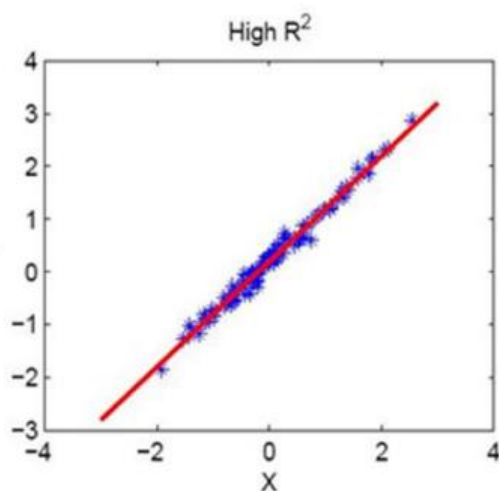
Όπου:

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

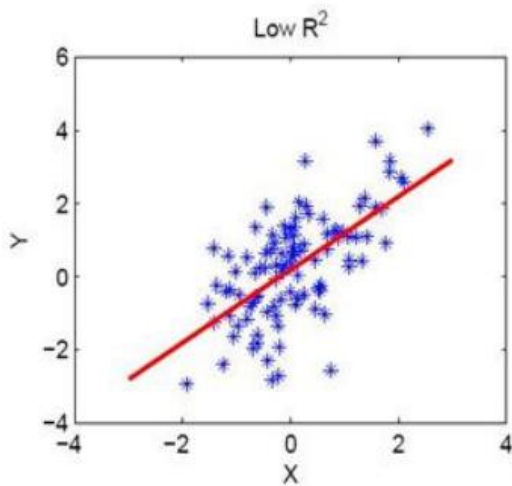
$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

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

Ο συντελεστής R^2 εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από την μεταβλητή X και λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή γίνεται η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X . Ο συντελεστής R^2 έχει συγκριτική αξία που σημαίνει ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του αποδεκτή ή απορριπτέα, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του R^2 . Τέλος, ο συντελεστής R^2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο ισχυρότητας της γραμμικής σχέσης ανεξάρτητα από το αν το X παίρνει καθορισμένες τιμές ή αν είναι τυχαία μεταβλητή.



Διάγραμμα 3.1: Παράδειγμα υψηλού συντελεστή R^2



Διάγραμμα 3.2: Παράδειγμα χαμηλού συντελεστή R^2

▪ Σφάλμα εξίσωσης προτύπου

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

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

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

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

4.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η **διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων** ώστε να δοθεί μια πλήρη εικόνα για την αξιοπιστία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν. Έπειτα από την βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε για συναφείς έρευνες με αυτό της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αναπτύχθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο, ενώ χρησιμοποιήθηκαν και η γραμμική παλινδρόμηση και η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση ως μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης. Η συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων έγινε από βάσεις δεδομένων όπως οι CARE (Community database on Accidents on the Roads in Europe), Eurostat και ESRA (E-Survey of Road Users' Attitudes). Στη συνέχεια, ακολούθησε η επεξεργασία των στοιχείων και τελικά έγινε η κωδικοποίηση των μεταβλητών ώστε να είναι δυνατή εισαγωγή στην γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε, την R, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη των στατιστικών μοντέλων.

4.2 Διαδικασία Συλλογής Στοιχείων

Για να επιτευχθεί ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας ήταν αναγκαία η συλλογή στοιχείων που αφορούν στον **αριθμό των παιδιών που ήταν θύματα λόγω οδικών ατυχημάτων στην Ευρώπη** και στοιχείων που αφορούν παράγοντες επιρροής της οδικής ασφάλειας των παιδιών.

Συγκεκριμένα συγκεντρώθηκαν στοιχεία για τον αριθμό των νεκρών σε οδικά ατυχήματα και για τα χαρακτηριστικά αυτών των ατυχημάτων από την Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων **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 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.

Ο στόχος της βάσης δεδομένων CARE είναι να αποτελέσει ένα ισχυρό εργαλείο, που θα συμβάλλει 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. Τμήματα των εθνικών βάσεων δεδομένων ενσωματώνονται στη βάση δεδομένων CARE στην αρχική τους μορφή. Ωστόσο, επειδή τα υπάρχοντα εθνικά συστήματα συλλογής στοιχείων οδικών ατυχημάτων δεν είναι πάντα συμβατά και συγκρίσιμα μεταξύ των διαφορετικών χωρών, η Ευρωπαϊκή

Επιτροπή παρέχει και εφαρμόζει ένα πλαίσιο με κανόνες μετασχηματισμού των εθνικών δεδομένων επιτρέποντας στη βάση δεδομένων CARE να διαθέτει συμβατά δεδομένα.

Δεδομένα για τις απόψεις των οδηγών για την οδική ασφάλεια (χρήση ζώνης, παιδικού καθίσματος, ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων) αντλήθηκαν από την έρευνα **ESRA** (E-Survey of Road Users' Attitudes). Η έρευνα ESRA είναι μια πρωτοβουλία ινστιτούτων οδικής ασφάλειας, ερευνητικών κέντρων, δημόσιων υπηρεσιών και ιδιωτών. Στόχος είναι η συλλογή και η ανάλυση συγκρίσιμων δεδομένων για τις επιδόσεις οδικής ασφάλειας και την κουλτούρα οδικής ασφάλειας. Τα θέματα που καλύπτονται περιλαμβάνουν τη δηλωμένη συμπεριφορά, στάσεις και απόψεις σχετικά με μη ασφαλή συμπεριφορά στην κυκλοφορία και απόψεις για επιβαλλόμενα μέτρα που αφορούν την οδική ασφάλεια. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την έρευνα και τα αποτελέσματα της είναι διαθέσιμα σε διάφορες δημοσιεύσεις (π.χ. Meesmann et al., 2019, Pires et al., 2020; Yannis et al., 2020).

Δεδομένα όπως το εισόδημα και το μορφωτικό επίπεδο αντλήθηκαν από την **Eurostat**. Η Eurostat είναι η στατιστική υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Είναι αρμόδια για τη δημοσίευση στατιστικών και δεικτών υψηλής ποιότητας σε ευρωπαϊκό επίπεδο προκειμένου να είναι δυνατή η σύγκριση χωρών και περιφερειών.

4.3 Επεξεργασία Στοιχείων

Αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή των στοιχείων επόμενο βήμα ήταν η επεξεργασία των δεδομένων. Γι' αυτό το λόγο δημιουργήθηκε μία βάση δεδομένων για κάθε μέρος της εργασίας η οποία πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του προγράμματος Microsoft Excel. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για τα δύο μέρη της εργασίας. Το πρώτο μέρος αφορούσε τη συσχέτιση των επιδόσεων οδικής ασφάλειας χωρών της Ευρώπης (χρησιμοποιήθηκε ο αριθμός των παιδιών που ήταν θύματα σε οδικά ατυχήματα τα έτη 2016-2020 σε 23 χώρες της Ευρώπης) με οικονομικούς παράγοντες όπως το εισόδημα, με κοινωνικούς όπως το μορφωτικό επίπεδο και με τις απόψεις των οδηγών για την οδική ασφάλεια, όπως η χρήση παιδικού καθίσματος, η χρήση ζώνης, η ανάπτυξη ταχυτήτων πάνω από το επιτρεπόμενο όριο και η οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ.

Country	FATAL_2016_2020	Population	Edu attainment level 0_2	Edu attainment level 3_5	Edu attainment level 3_4	income	health_0_VB_2_016	driving over drinking limit month	driving faster than limit using drugs	probability for alcohol checking	transport in children under 150cm without seatbelt	transporting children under 150cm without seatbelt	driving faster than the speed limit inside built-up areas	Acceptability to transport children without seatbelt	Acceptability to transport people without seatbelt	Agreement For short trips not necessary to wear seatbelt	support legal obligation reminder	Always transport children with seat belt or reminder	Unemployment	Motor_vehicles_per_100_people
Austria	36	8 978 929	19.6	80.4	51.5	25 809	5.8	14.8	2.1	23.5	9.8	14.8	71.4	2.6	4.9	5	65.2	88	6.5	632
Belgium	60	11 631 136	28.2	71.8	36.5	28 265	6.5	24.2	1.6	21.8	12	14.4	61.7	1.6	3.4	3.5	61	67	7.9	590
Bulgaria	63	7 538 937	21.9	78.1	53.7	5 827	8.7	5.1	1.1	35.8	24.6	16	49.1	2.5	9.8	4.8	53.4	93	6.6	482
Czechia	77	10 516 707	12.4	87.6	67.1	8 525	9.6	11.9	0.6	36.5	11.7	15.2	68.3	1.2	1.8	2.4	68.8	67	4	648
Denmark	26	5 872 420	27.3	72.7	41.6	33 142	5.3	11.6	1	10.9	9	20.8	61.8	1.1	1.4	2.5	76.4	80	6	540
Finland	31	5 548 241	18.5	81.4	45.5	25 165	5.1	4.1	0.7	15.6	7.5	20.3	72.8	0.7	2.2	1.6	77.8	86	9.9	700
France	437	67 842 582	25.5	74.5	43.6	24 768	6.6	22.3	1.2	15.1	7.7	14.8	63	0.9	2.2	2.2	79.9	89	10.1	668
Germany	309	83 237 124	19.8	80.2	55.7	22 508	6.8	9	1.9	14	12.6	12.1	66.6	1.8	4.3	5	70.4	88	3.9	628
Greece	62	10 653 810	30	70	43.5	6 619	7.7	19.3	1.3	26.8	21.6	21.4	42.9	1.2	10.2	7.7	90	79	23.9	606
Hungary	50	9 688 010	21.8	78.2	57.6	6 383	10.5	3.9	0.7	30	14.7	14.2	55.2	1.2	2.6	3.8	62.8	86	9	483
Iceland	4	372 520	29.2	70.8	37.4	26 877	5.4	25.8	3.6	34.8	16	11	73.5	3.6	7	3.9	79.7	92	19	720
Ireland	22	5 060 005	23	77	37.6	24 090	2.6	10.7	1.5	19.5	7.8	13.7	45.1	1.1	1.8	6.2	89.9	89	6.4	535
Italy	108	58 983 122	21.6	78.4	42.7	14 231	6.9	13.6	0.6	20.5	16	19.2	49.5	1.3	4.2	5.4	80	62	17.7	755
Luxembourg	3	645 387	28.2	71.8	35.4	36 420	7.4	30.9	1.3	14.7	1.6	9	66.3	0.7	4	4.3	82.2	91	6.3	784
Netherlands	78	17 590 672	27.9	72.1	41.1	25 123	3.6	9	1.3	16	9.8	13	58.5	1.3	2.2	6.1	75.4	89	7	588
Norway	9	5 535 113	24.3	75.7	38.3	41 250	6.4	18.5	2	15.3	11.4	16	54.1	1.4	1.9	3.8	80.2	93	4	635
Poland	296	37 654 247	14.6	85.4	60.2	8 285	10.9	6.4	1.7	53.1	17.2	18.4	64.8	3.5	7.7	5	78.2	62	6.3	771
Portugal	42	10 352 042	52.9	47.1	25.6	11 027	12.6	14.1	1.1	26.5	11.5	14.1	68.8	0.8	2.6	3.1	87.2	87	11.5	639
Slovenia	10	2 107 180	17.2	82.8	55.5	12 596	7.9	16.6	0.7	32	5.8	9	60.8	0.3	2.3	5.3	86.7	94	8	660
Spain	137	47 432 805	42.6	57.4	24.7	13 275	5.8	17.1	1	35	13.6	12.9	49.7	2.8	6.1	3.8	69.1	67	18.6	627
Sweden	28	10 452 326	21.1	78.9	43.6	26 964	4.2	6.9	0.9	15.9	9	14.6	53.6	0.5	1.4	4.7	78.6	88	7.1	545
Switzerland	37	8 624 414	18.2	81.8	46.3	52 447	2.9	21.5	1.4	17.4	8.1	14.4	51.4	0.7	1.8	4.4	85.7	93	4.9	604
United Kingdom	228	68 537 513	20.5	79.5	41.21	24 580	7.4	6.8	2.8	11.9	9.3	9.1	50.1	2.7	4	3.7	60.7	60	4.8	600

Πίνακας 4.1: Δεδομένα επιδόσεων οδικής ασφάλειας χωρών της Ευρώπης και κοινωνικοοικονομικοί δείκτες (έτος 2016)

Μεταβλητές:

- FATAL 2016-2020: ο αριθμός των θυμάτων οδικών ατυχημάτων ηλικίας 0-14 κατά την διάρκεια της χρονικής περιόδου 2016-2020.
- Population: πληθυσμός
- Educationattainmentlevel: μορφωτικόεπίπεδο
 - προσχολική εκπαίδευση/λιγότερο από πρωτοβάθμια εκπαίδευση (επίπεδο 0)
 - πρωτοβάθμια εκπαίδευση (επίπεδο 1)
 - κατώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (επίπεδο 2)
 - ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (επίπεδο 3)
 - μεταδευτεροβάθμια εκπαίδευση μη τριτοβάθμιου επιπέδου (επίπεδο 4)
 - τριτοβάθμια εκπαίδευση σύντομης διάρκειας (επίπεδο 5)
 - πτυχίο ή ισοδύναμο επίπεδο (επίπεδο 6)
 - μεταπτυχιακό ή ισοδύναμο επίπεδο (επίπεδο 7)
 - διδακτορικό ή ισοδύναμο επίπεδο (επίπεδο 8)
- Income: εισόδημα
- Self-perceivedhealth (bad, verybad): ποσοστό ανθρώπων που χαρακτήρισαν την υγεία τους κακή ή πολύ κακή
- Drivingwhilebeingoverthelegallimitfordrivinganddrinking: πόσο συχνά κάποιος οδήγησε ενώ είχε καταναλώσει ποσότητα αλκοόλ μεγαλύτερη της επιτρεπόμενης τις τελευταίες 30 ημέρες (σε μια κλίμακα από το 1 έως το 5 - 1: ποτέ - 5: (σχεδόν) πάντα)
- Driving 1 hourafterusingdrugs: πόσο συχνά κάποιος οδήγησε ενώ είχε κάνει μη ιατρική χρήση ναρκωτικών ουσιών τις τελευταίες ημέρες (σε μια κλίμακα από το 1 έως το 5- 1: ποτέ - 5: (σχεδόν) πάντα)
- Probabilityforalcoholchecking:πόσο πιθανό είναι σε ένα τυπικό ταξίδι να ζητηθεί από τον οδηγό να υποβληθεί σε αλκοτέστ (σε μια κλίμακα από το 1 έως το 7 - 1: ελάχιστα πιθανό - 7: πολύ πιθανό)
- Transportingchildrenover 150cmwithoutwearingtheirseatbelts: πόσο συχνά κάποιος μετέφερε παιδιά ύψους άνω των 150cmχωρίς να φοράνε ζώνες ασφαλείας τις τελευταίες 30 ημέρες (σε μια κλίμακα από το 1 έως το 5- 1: ποτέ - 5: (σχεδόν) πάντα)
- Transportingchildrenunder 150cmwithoutrestraint: πόσο συχνά κάποιος μετέφερε παιδιά ύψους κάτω των 150cmχωρίς κάποιο σύστημα συγκράτησης τις τελευταίες 30 ημέρες (σε μια κλίμακα από το 1 έως το 5- 1: ποτέ - 5: (σχεδόν) πάντα)
- Drivingfasterthanthespeedlimitinsidebuiltupareas: πόσο συχνά κάποιος ανέπτυξε ταχύτητες άνω του επιτρεπόμενου ορίου εντός κατοικημένης περιοχής τις τελευταίες 30 ημέρες (σε μια κλίμακα από το 1 έως το 5- 1: ποτέ - 5: (σχεδόν) πάντα)
- Acceptability: transportingchildreninthecarwithoutsecuringthem:πόσο αποδεκτό θεωρεί ο οδηγός το να μεταφέρει παιδιά με το αυτοκίνητο χωρίς

κάποιο σύστημα συγκράτησης (σε μια κλίμακα από το 1 έως το 5- 1: μη αποδεκτό - 5: αποδεκτό) και πόσο αποδεκτό θεωρείται αυτό στο μέρος όπου ζει

- Supportalegalobligationtohaveaseatbeltreminder: σε ποιον βαθμό ο οδηγός είναι υπέρ της τοποθέτησης συστήματος υπενθύμισης για την ζώνη ασφαλείας (σε μια κλίμακα από το 1 έως το 5 - 1: διαφωνώ - 5: συμφωνώ)
- Unemployment rate: ποσοστά ανεργίας
- Motor vehicles per 1000 people:μηχανοκίνητα οχήματα ανά 1000 άτομα

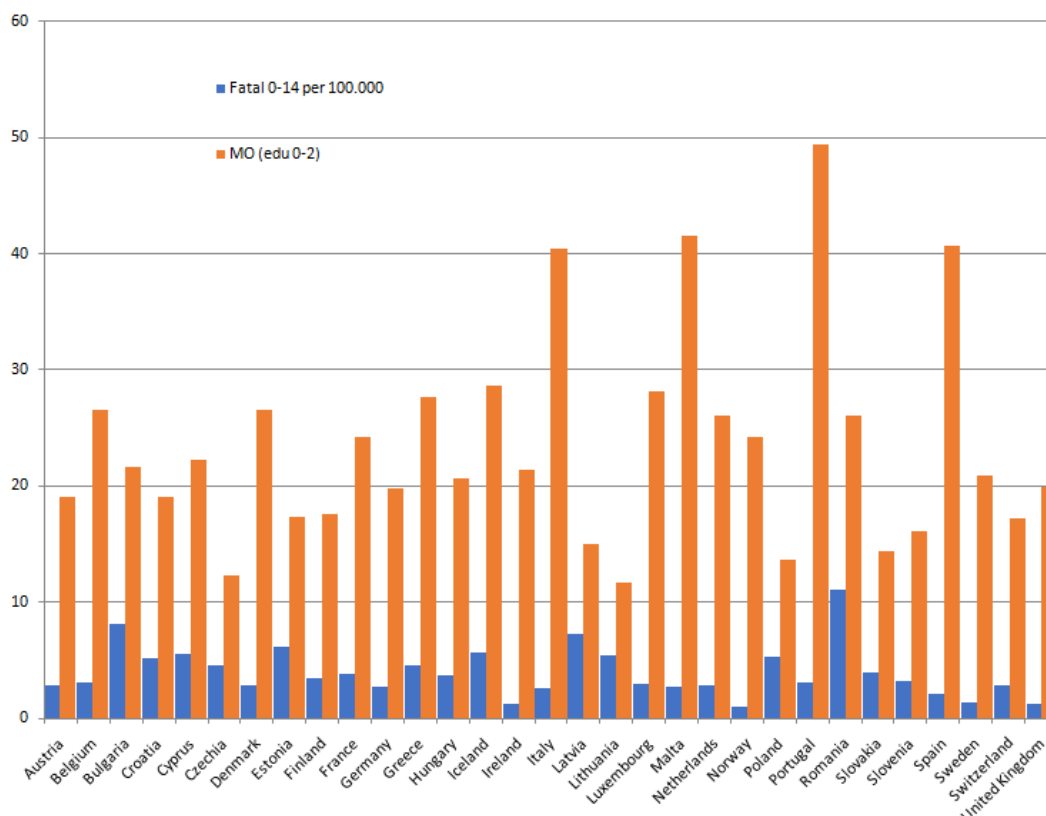
Στο δεύτερο μέρος αναλύθηκαν τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων όπως οι καιρικές συνθήκες (καλές καιρικές συνθήκες, βροχή, χιόνι, ομίχλη), ο φωτισμός (ημέρα, σούρουπο, νύχτα), ο τύπος της οδού και το μεταφορικό μέσο.

Country	Fatalities	UrbanArea	Motorway	DayOfWeek	Weather_condition	LightConditions	RoadUserType	TransportMode	Gender
Austria	4	No	No	1	Dry / Clear	Daylight	Passenger	car + taxi	Female
Austria	1	No	No	2	Dry / Clear	Darkness street	Passenger	car + taxi	Female
Austria	1	No	No	3	Dry / Clear	Daylight	Driver	pedal cycle	Male
Austria	1	No	No	3	Dry / Clear	Daylight	Pedestrian	pedestrian	Female
Austria	1	No	No	3	Dry / Clear	Twilight	Passenger	agricultural tractor	Male
Austria	2	No	No	4	Dry / Clear	Darkness street	Passenger	car + taxi	Female
Austria	1	No	No	4	Dry / Clear	Twilight	Passenger	car + taxi	Male
Austria	1	No	No	5	Rain	Daylight	Passenger	car + taxi	Male
Austria	1	No	No	6	Dry / Clear	Darkness street	Passenger	car + taxi	Male
Austria	1	No	No	6	Dry / Clear	Daylight	Passenger	agricultural tractor	Male
Austria	1	No	No	6	Dry / Clear	Daylight	Passenger	car + taxi	Male
Austria	1	No	No	7	Dry / Clear	Daylight	Driver	motor cycle	Male
Austria	1	No	No	7	Dry / Clear	Daylight	Passenger	car + taxi	Female
Austria	1	No	No	7	Dry / Clear	Daylight	Pedestrian	pedestrian	Female
Austria	2	No	No	7	Dry / Clear	Twilight	Passenger	pedal cycle	Female
Austria	1	No	No	7	Fog, Mist, Smoke	Darkness street	Pedestrian	pedestrian	Male
Austria	1	Yes	No	1	Dry / Clear	Daylight	Driver	pedal cycle	Female
Austria	1	Yes	No	2	Dry / Clear	Daylight	Pedestrian	pedestrian	Female
Austria	2	Yes	No	2	Dry / Clear	Daylight	Pedestrian	pedestrian	Male
Austria	1	Yes	No	3	Dry / Clear	Daylight	Driver	other	Male
Austria	1	Yes	No	3	Dry / Clear	Daylight	Passenger	car + taxi	Female
Austria	1	Yes	No	3	Dry / Clear	Daylight	Pedestrian	pedestrian	Female
Austria	1	Yes	No	4	Dry / Clear	Daylight	Driver	other	Male
Austria	1	Yes	No	4	Dry / Clear	Daylight	Pedestrian	pedestrian	Male
Austria	1	Yes	No	4	Snow	Twilight	Pedestrian	pedestrian	Male
Austria	1	Yes	No	5	Dry / Clear	Daylight	Pedestrian	pedestrian	Male
Austria	1	Yes	No	6	Dry / Clear	Daylight	Passenger	car + taxi	Male
Austria	1	Yes	No	6	Dry / Clear	Daylight	Pedestrian	pedestrian	Male
Austria	1	Yes	No	6	Dry / Clear	Twilight	Passenger	moped	Female
Austria	1	Yes	No	7	Dry / Clear	Daylight	Pedestrian	pedestrian	Female

Πίνακας 4.2: Δεδομένα χαρακτηριστικών των ατυχημάτων όπως καιρικές συνθήκες, φωτισμός, τύπος της οδού και μεταφορικό μέσο. (Αυστρία)

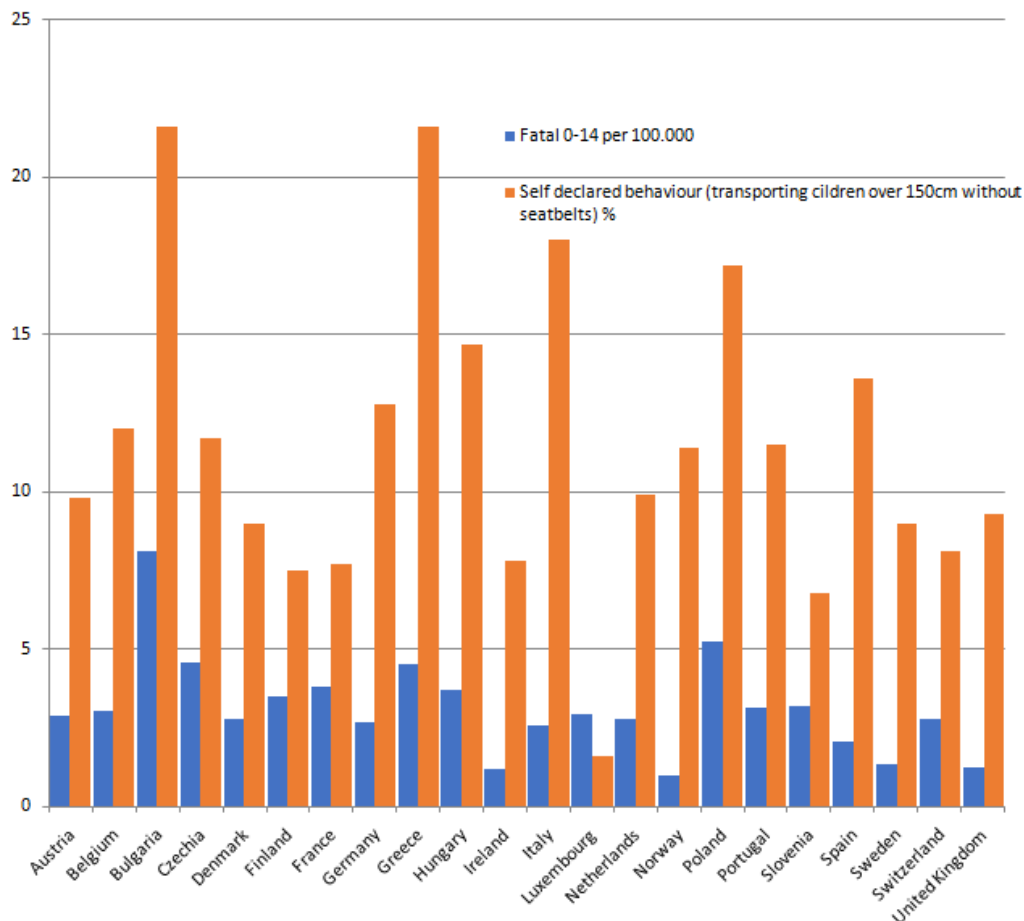
4.4 Περιγραφική Στατιστική

Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν με τη χρήση του Excel διαγράμματα που παρουσιάζουν ταυτόχρονα τα θύματα των οδικών ατυχημάτων ανά χώρα με δείκτες όπως το μορφωτικό επίπεδο, η μεταφορά παιδιών χωρίς ζώνη, η οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ, και η οδήγηση με ταχύτητα που ξεπερνά τα επιτρεπόμενα όρια.



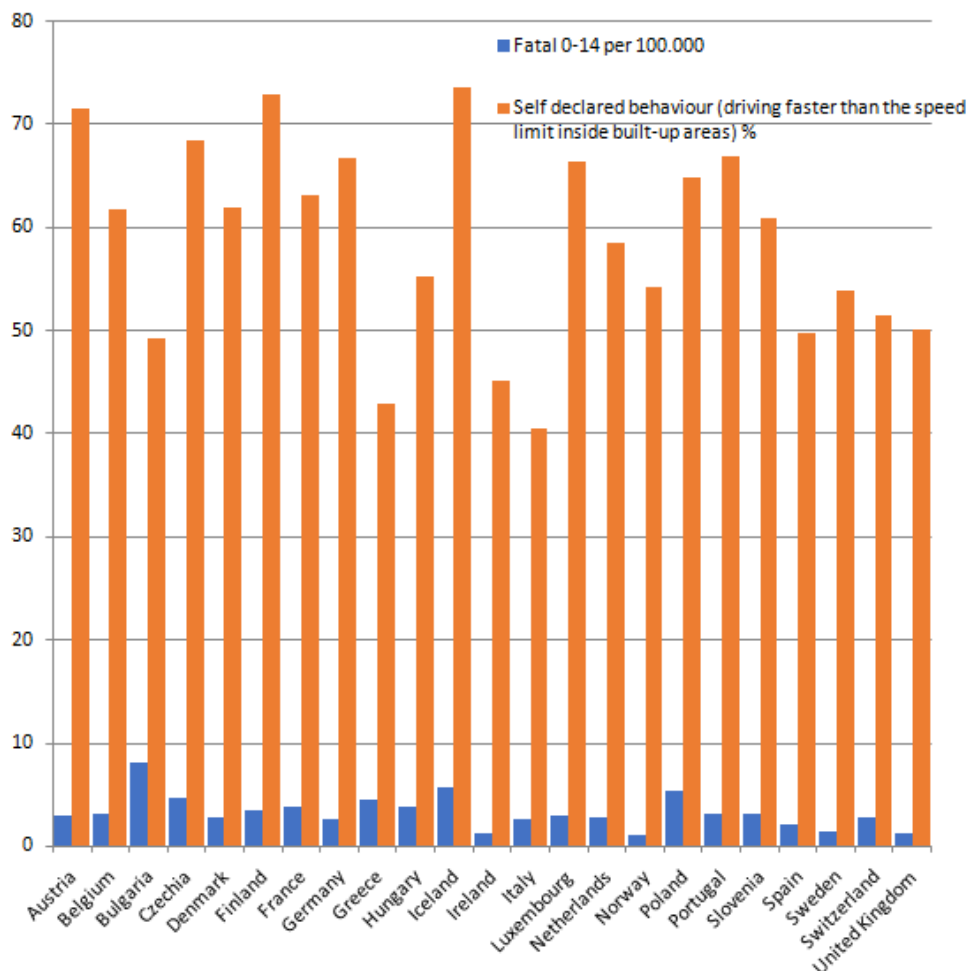
Διάγραμμα 4.1: Αριθμός των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14 ανά 100.000 παιδιά ηλικίας 0-14, σε συνδυασμό με το μορφωτικό επίπεδο του πληθυσμού.

Συγκεκριμένα συγκρίνεται ο αριθμός των νεκρών με το ποσοστό του πληθυσμού που έχει ολοκληρώσει εκπαίδευση επιπέδων 0, 1 ή 2. Παρατηρείται ότι ενώ το ποσοστό του πληθυσμού που ολοκληρώνει εκπαίδευση επιπέδου 0-2 είναι υψηλό στην Πορτογαλία (περίπου 49%), στην Μάλτα (42%), στην Ισπανία (41%) και την Ιταλία (41%), ο αριθμός των νεκρών παιδιών σε οδικά ατυχήματα είναι μικρότερος σε σχέση με άλλων χωρών.



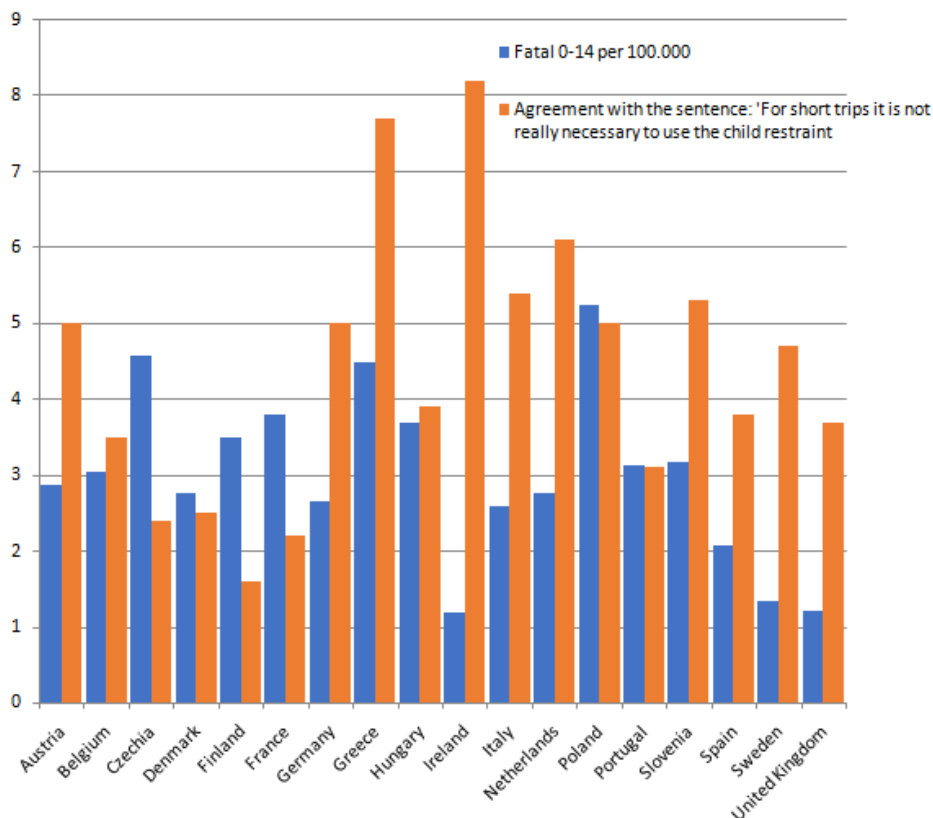
Διάγραμμα 4.2: Αριθμός των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14 ανά 100.000 παιδιά ηλικίας 0-14, σε συνδυασμό με τα ποσοστά των οδηγών που μεταφέρουν παιδιά (ύψους πάνω από 150cm) χωρίς ζώνη ασφαλείας.

Παρατηρείται ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά οδηγών που μεταφέρουν παιδιά χωρίς ζώνη ασφαλείας τα συναντούμε στην Βουλγαρία, στην Ελλάδα και στην Ιταλία. Η επιρροή αυτής της συμπεριφοράς των οδηγών στην οδική ασφάλεια των παιδιών κρίνεται σημαντική καθώς και στις 3 αυτές χώρες φαίνεται αυξημένος ο αριθμός των θυμάτων.



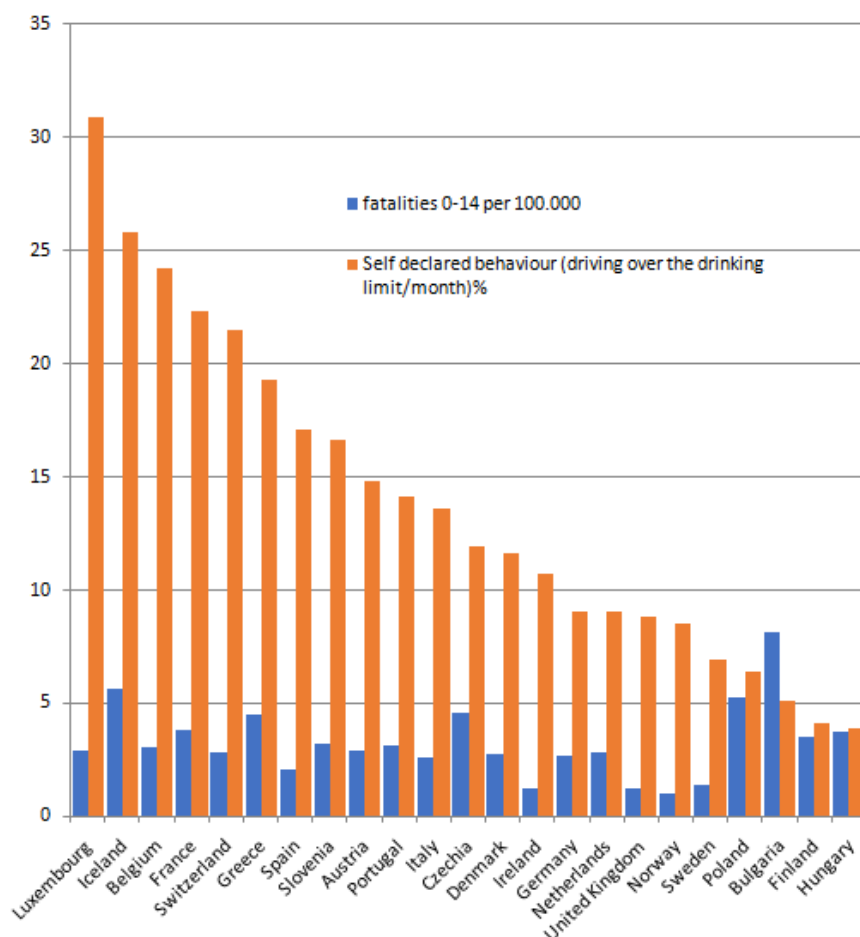
Διάγραμμα 4.3: Αριθμός των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14 ανά 100.000 παιδιά ηλικίας 0-14, σε συνδυασμό με τα ποσοστά των οδηγών που αναπτύσσουν ταχύτητες άνω του επιτρεπόμενου ορίου σε κατοικημένες περιοχές.

Τα υψηλότερα ποσοστά οδηγών που δηλώνουν ότι ξεπερνούν τα επιτρεπόμενα όρια ταχύτητας εντός κατοικημένων περιοχών συναντώνται στην Ισλανδία, στην Φινλανδία και στην Αυστρία, ενώ τα χαμηλότερα στην Ιταλία, στην Ελλάδα και στην Ιρλανδία.



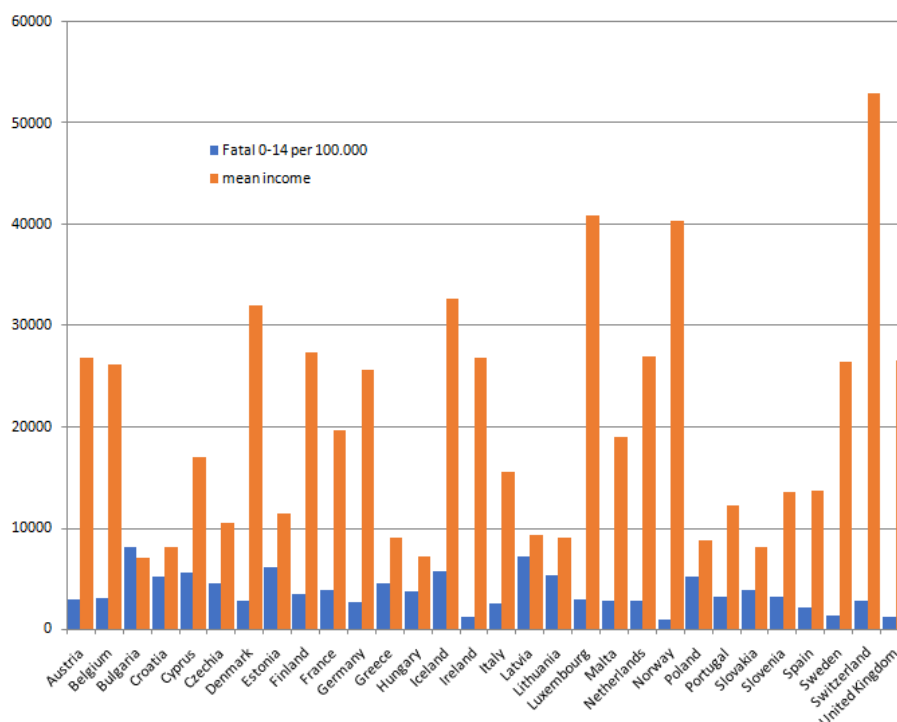
Διάγραμμα 4.4: Αριθμός των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14 ανά 100.000 παιδιά ηλικίας 0-14 σε συνδυασμό με τα ποσοστά των οδηγών που συμφωνούν με την άποψη ότι για σύντομες διαδρομές δεν είναι απαραίτητη η χρήση κάποιου συστήματος συγκράτησης.

Στην Ελλάδα και στην Ιρλανδία τα ποσοστά των οδηγών που θεωρούν μη απαραίτητη τη χρήση συστήματος συγκράτησης σε σύντομες διαδρομές είναι τα μεγαλύτερα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ιρλανδία παρόλο που το ποσοστό των οδηγών που δεν θεωρούν απαραίτητη τη χρήση συστήματος συγκράτησης είναι μεγάλο, ο αριθμός των θυμάτων είναι χαμηλός.



Διάγραμμα 4.5: Αριθμός των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14 ανά 100.000 παιδιά ηλικίας 0-14 σε συνδυασμό με το ποσοστό των οδηγών που οδηγούν έχοντας καταναλώσει μεγαλύτερη ποσότητα αλκοόλ από την επιτρεπόμενη.

Το ποσοστό εκείνων που οδηγούν έχοντας καταναλώσει μεγαλύτερη ποσότητα αλκοόλ από την επιτρεπόμενη είναι μεγαλύτερο στο Λουξεμβούργο, στην Ισλανδία και στο Βέλγιο. Παρατηρείται επίσης ότι στην Βουλγαρία, ενώ το ποσοστό αυτό είναι χαμηλό, ο αριθμός των θυμάτων είναι μεγάλος.



Διάγραμμα 4.6: Αριθμός των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14 ανά 100.000 παιδιά ηλικίας 0-14 σε σχέση με το μέσο εισόδημα.

Σε χώρες όπως η Σουηδία, το Λουξεμβούργο και η Νορβηγία όπου το μέσο εισόδημα είναι υψηλό, παρατηρείται αριθμός θυμάτων μικρός ή κοντά στον μέσο όρο.

Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν πίνακες για τον υπολογισμό του μεγίστου, του ελαχίστου και της μέσης τιμής των μεταβλητών.

Country	Fatal2016_0-14	Fatal2017_0-14	Fatal2018_0-14	Fatal2019_0-14	Fatal2020_0-14	MIN (FATAL)	MAX (FATAL)	AVERAGE (FATAL)
Austria	7	8	3	16	2	2	16	7.2
Belgium	16	14	14	11	5	5	16	12
Bulgaria	14	17	22	21	9	9	22	16.6
Croatia	4	9	3	9	3	3	9	5.6
Cyprus	1	3	3	1	0	0	3	1.6
Czechia	14	12	22	18	11	11	22	15.4
Denmark	6	3	6	5	6	3	6	5.2
Estonia	5	2	2	2	2	2	5	2.6
Finland	10	8	5	5	3	3	10	6.2
France	108	103	86	66	74	66	108	87.4
Germany	66	61	79	55	48	48	79	61.8
Greece	19	12	10	12	9	9	19	12.4
Hungary	10	9	6	15	10	6	15	10
Iceland	1	2	1	0	0	0	2	0.8
Ireland	8	4	-	-	-	4	8	6
Italy	49	43	34	35	37	34	49	39.6
Latvia	2	6	5	4	6	2	6	4.6
Lithuania	4	6	5	7	2	2	7	4.8
Luxembourg	2	0	1	0	0	0	2	0.6
Malta	0	1	0	1	-	0	1	0.5
Netherlands	12	15	22	12	17	12	22	15.6
Norway	2	4	1	0	2	0	4	1.8
Poland	72	56	56	68	44	44	72	59.2
Portugal	7	3	7	15	10	3	15	8.4
Romania	74	67	58	68	48	48	74	63
Slovakia	11	8	6	2	7	2	11	6.8
Slovenia	3	3	0	1	3	0	3	2
Spain	28	35	25	32	17	17	35	27.4
Sweden	6	8	7	4	-	4	8	6.25
Switzerland	12	6	11	4	4	4	12	7.4
United Kingdom	64	45	41	-	-	41	64	50

Πίνακας 4.3: Υπολογισμός μέγιστης τιμής, ελάχιστης τιμής και μέσης τιμής για τον αριθμό των θυμάτων οδικών ατυχημάτων ηλικίας 0-14 κατά τα έτη 2016-2020.

Country	Educational attainment levels 0-2 (2016)	Educational attainment levels 0-2 (2017)	Educational attainment levels 0-2 (2018)	Educational attainment levels 0-2 (2019)	Educational attainment levels 0-2 (2020)	MIN	MAX	AVERAGE
Austria	19,6	19,3	18,9	18,7	18,7	18,7	19,6	19,04
Belgium	28,2	27,2	26,3	25,9	25	25	28,2	26,52
Bulgaria	21,9	21,4	21,5	21,9	21,5	21,4	21,9	21,64
Croatia	20,6	19,9	18,7	18,1	17,5	17,5	20,6	18,96
Cyprus	24	22,9	21,9	21,5	21	21	24	22,26
Czechia	12,4	12,1	12,1	12,3	12,3	12,1	12,4	12,24
Denmark	27,3	26,7	26,5	26	25,9	25,9	27,3	26,48
Estonia	17,3	17,7	17,9	17,1	16,8	16,8	17,9	17,36
Finland	18,6	18,4	17,7	16,9	15,9	15,9	18,6	17,5
France	25,5	25,2	24,4	23,4	22,3	22,3	25,5	24,16
Germany	19,8	19,8	19,6	19,5	20	19,5	20	19,74
Greece	30	29,3	28,7	25,9	24,3	24,3	30	27,64
Hungary	21,8	21,1	20,2	20	19,7	19,7	21,8	20,56
Iceland	29,2	29,7	29	27,6	27,6	27,6	29,7	28,62
Ireland	23	21,8	21,5	21	19,6	19,6	23	21,38
Italy	41,6	40,9	40,3	39,8	39	39	41,6	40,32
Latvia	14,9	15,2	15,3	14,9	14,6	14,6	15,3	14,98
Lithuania	12,4	12	11,7	11,1	10,8	10,8	12,4	11,6
Luxembourg	28,2	30,5	27,6	26,7	27,2	26,7	30,5	28,04
Malta	46,3	44,2	41	38,8	37	37	46,3	41,46
Netherlands	27,9	26,6	26	25,5	24	24	27,9	26
Norway	24,9	24,9	23,9	23,7	23,5	23,5	24,9	24,18
Poland	14,6	13,9	13,5	13,3	12,9	12,9	14,6	13,64
Portugal	52,9	51,7	49,8	47,6	44,5	44,5	52,9	49,3
Romania	28	27	26,3	25,1	23,7	23,7	28	26,02
Slovakia	14,3	14,8	14,4	14,5	13,5	13,5	14,8	14,3
Slovenia	17,2	16,7	16,4	15,8	14,5	14,5	17,2	16,12
Spain	42,6	41,8	40,8	39,6	38,2	38,2	42,6	40,6
Sweden	21,1	21,1	20,9	20,8	20,7	20,7	21,1	20,92
Switzerland	18,2	17,8	17,2	16,5	16,2	16,2	18,2	17,18
United Kingdom	20,5	20	19,1	19,8	20	19,1	20,5	19,88

Πίνακας 4.4: Υπολογισμός μέγιστης τιμής, ελάχιστης τιμής και μέσης τιμής για το ποσοστό του πληθυσμού που έχει ολοκληρώσει εκπαίδευση επιπέδων 0, 1 ή 2 κατά τα έτη 2016-2020.

Country	Mean income (euros)- 2016	Mean income (euros)- 2017	Mean income (euros)- 2018	Mean income (euros)- 2019	Mean income (euros)- 2020	MIN	MAX	AVERAGE
Austria	25.809	28.106	26.246	26.232	27.401	25.809	28.106	26.759
Belgium	26.365	25.042	25.457	25.595	28.492	25.042	28.492	26.190
Bulgaria	5.827	6.155	7.043	7.788	8.545	5.827	8.545	7.072
Croatia	6.888	7.545	7.680	8.920	9.736	6.888	9.736	8.154
Cyprus	16.623	16.422	16.422	18.154	17.479	16.422	18.154	17.020
Czechia	8.525	9.355	10.739	11.407	12.453	8.525	12.453	10.496
Denmark	33.142	28.471	35.609	29.684	32.961	28.471	35.609	31.973
Estonia	9.376	9.761	10.151	12.827	14.749	9.376	14.749	11.373
Finland	25.165	26.758	26.832	28.684	29.094	25.165	29.094	27.307
France	24.768	25.584	25.693	23.829	24.242	26	25.693	19.712
Germany	22.508	23.732	27.537	25.289	28.807	22.508	28.807	25.575
Greece	8.619	8.505	9.141	9.295	9.473	8.505	9.473	9.007
Hungary	6.383	6.857	6.941	8.568	7.023	6.383	8.568	7.154
Iceland	26.877	31.767	39.434			26.877	39.434	32.693
Ireland	24.090	25.366	26.896	29.101	28.323	24.090	29.101	26.755
Italy	14.231	15.242	15.136	16.264	16.737	14.231	16.737	15.522
Latvia	6.955	7.259	9.024	10.967	12.273	6.955	12.273	9.296
Lithuania	10.059	8.605	9.398	9.213	8.126	8.126	10.059	9.080
Luxembourg	36.420	39.701	39.583	43.778	44.729	36.420	44.729	40.842
Malta	16.958	17.369	18.742	18.793	23.354	16.958	23.354	19.043
Netherlands	25.123	27.575	26.606	26.296	29.420	25.123	29.420	27.004
Norway	41.250	38.860	38.871	40.070	41.654	38.860	41.654	40.321
Poland	8.285	9.910	8.327	8.520	8.868	8.285	9.910	8.782
Portugal	11.027	11.948	11.490	12.828	13.559	11.027	13.559	12.171
Slovakia	7.724	7.141	7.516	8.672	9.153	7.141	9.153	8.042
Slovenia	12.556	13.101	13.400	14.596	14.173	12.556	14.596	13.565
Spain	13.276	12.989	13.571	13.313	14.902	12.989	14.902	13.610
Sweden	26.964	28.211	26.349	24.564	25.664	24.564	28.211	26.350
Switzerland	52.447	53.587	53.108	51.231	54.404	51.231	54.404	52.955
United Kingdom	24.580	27.070	28.133	28.200	28.344	24.580	28.344	27.265

Πίνακας 4.5: Υπολογισμός μέγιστης τιμής, ελάχιστης τιμής και μέσης τιμής για μέσο εισόδημα κατά τα έτη 2016-2020.

5. Ανάπτυξη Μαθηματικών Προτύπων

5.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την **αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας** καθώς και την παρουσίαση του συνόλου των αποτελεσμάτων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Αφού πραγματοποιήθηκε η βιβλιογραφική ανασκόπηση συναφών ερευνών, η παρουσίαση του θεωρητικού υποβάθρου καθώς και η συλλογή και επεξεργασία των απαραίτητων στοιχείων, ακολούθησε η επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας.

Οι μέθοδοι που επιλέχθηκαν για την ανάλυση των στατιστικών στοιχείων της Διπλωματικής Εργασίας παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3 με τίτλο “Θεωρητικό Υπόβαθρο” και είναι η **γραμμική παλινδρόμηση και η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση**.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή των βημάτων που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας και την παραγωγή των τελικών μοντέλων, ενώ έμφαση δίνεται στην εφαρμογή των στατιστικών ελέγχων που όπως έχει προαναφερθεί, απαιτούνται για την αποδοχή ή μη των προτύπων.

Σημαντικό τμήμα του παρόντος κεφαλαίου αποτελεί το υποκεφάλαιο που αφορά στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων και διακρίνεται στις ακόλουθες τρεις φάσεις:

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

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει τόσο τη μαθηματική σχέση κάθε μοντέλου όσο και σχετικούς πίνακες για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων όπου αυτό είναι εφικτό. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ανάλυση ελαστικότητας και ανάλυση ευαισθησίας όπου αυτές κρίθηκαν απαραίτητες.

5.2 Ανάπτυξη μοντέλου

5.2.1 Μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης

Για την ανάπτυξη του μοντέλου εξετάστηκαν όλες οι μεταβλητές που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 4. Στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης εισήχθη η βάση δεδομένων που αφορά τις επιδόσεις οδικής ασφάλειας των χωρών και τους κοινωνικοοικονομικούς δείκτες. Στη συνέχεια ακολούθησε ο έλεγχος σημαντικότητας των μεταβλητών.

Σημειώνεται ότι τα τελικά μοντέλα προέκυψαν ύστερα από πληθώρα δοκιμών, κατά τις οποίες αναπτύχθηκε μεγάλος αριθμός μαθηματικών προτύπων που περιλάμβαναν συνδυασμούς όλων των μεταβλητών που καταγράφηκαν. Στις δοκιμές αυτές, απορρίφθηκαν όσες μεταβλητές δεν παρουσίαζαν στατιστικά σημαντική επιρροή στο μοντέλο ενώ ως

εξαρτημένη μεταβλητή επιλέχθηκε τελικά ο **λογάριθμος του αριθμού των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14 ανά 100.000 παιδιά ηλικίας 0-14** LogFatal0_14per100k.

5.2.1.1 Συνολικό μοντέλο για τον αριθμό των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14

Ύστερα από τις δοκιμές προέκυψε το τελικό μοντέλο το οποίο συσχετίζει τον λογάριθμο του αριθμού των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14 ανά 100.000 παιδιά ηλικίας 0-14 με 5 ανεξάρτητες μεταβλητές. Οι μεταβλητές αλλά και η μαθηματική έκφραση του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

$$\text{LogFatal0_14per100k} = -2,409 \times 10^{-1} - 7,624 \times 10^{-3} \times \text{ed_att_0_2_2020} + 2,515 \times 10^{-2} \times \text{trans_childover150cm_no_seatb} + 1,266 \times 10^{-2} \times \text{drive_over_drink_lim_month} - 4,954 \times 10^{-6} \times \text{income_2020} + 9,526 \times 10^{-3} \times \text{faster_sp_lim_built_up_areas}$$

Όπου:

- LogFatal0_14per100k (Συνεχής μεταβλητή): ο λογάριθμος του αριθμού των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14 ανά 100.000 παιδιά ηλικίας 0-14
- ed_att_0_2_2020: το ποσοστό του πληθυσμού που έχει ολοκληρώσει εκπαίδευση επιπέδου 0-2 (προσχολική εκπαίδευση/λιγότερο από πρωτοβάθμια εκπαίδευση, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, κατώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση) το 2020
- trans_childover150cm_no_seatb: πόσο συχνά κάποιος μετέφερε παιδιά ύψους άνω των 150cm χωρίς να φοράνε ζώνες ασφαλείας τις τελευταίες 30 ημέρες
- drive_over_drink_lim_month: πόσο συχνά κάποιος οδήγησε ενώ είχε καταναλώσει ποσότητα αλκοόλ μεγαλύτερη της επιτρεπόμενης τις τελευταίες 30 ημέρες
- income_2020: μέσο εισόδημα για το 2020
- faster_sp_lim_built_up_areas: πόσο συχνά κάποιος ανέπτυξε ταχύτητες άνω του επιτρεπόμενου ορίου εντός κατοικημένης περιοχής τις τελευταίες 30 ημέρες

Πίνακας 5.1: Μεταβλητές και στατιστικός έλεγχος t

Coefficients	Estimate	Std. Error	t value	Pr (> t)
(Intercept)	-2,409e-01	3,283e-01	-0,734	0,473
ed_att_0_2_2020	-7,624e-03	4,095e-03	-1,862	0,080
trans_childover150cm_no_seatb	2,515e-02	9,429e-03	2,668	0,016
drive_over_drink_lim_month	1,266e-02	4,880e-03	2,594	0,019
income_2020	-4,954e-06	3,266e-06	-1,517	0,148
faster_sp_lim_built_up_areas	9,526e-03	3,595e-03	2,650	0,017

Πίνακας 5.2: Συντελεστής R²

R-squared	Adjusted R-squared	Standard error
0,5987	0,4807	0,1416

Πίνακας 5.3: Δείκτης VIF

Μεταβλητή	VIF
ed_att_0_2_2020	1,23
trans_childover150cm_no_seatb	2,20
drive_over_drink_lim_month	1,44
income_2020	1,95
faster_sp_lim_built_up_	1,33

5.2.1.2 Ποιότητα προτύπου

Η ποιότητα του εκάστοτε προτύπου αξιολογείται βάσει των κριτηρίων που έχουν αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3. Επομένως για το συγκεκριμένο μοντέλο ισχύουν τα παρακάτω:

- Ο συντελεστής R^2 ισούται με 0,4807 και κρίνεται ικανοποιητικός.
- Ο στατιστικός έλεγχος t ικανοποιείται για όλες τις μεταβλητές καθώς εμφανίζουν τιμή μεγαλύτερη του 1,7 (εκτός από το income στο οποίο ο συντελεστής είναι οριακά μικρότερος).
- Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται λογικά.
- Οι τιμές του δείκτη VIF είναι μικρότερες του 5, επομένως δεν υπάρχει θέμα πολυσυγγραμμικότητας των ανεξάρτητων μεταβλητών.

5.2.1.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου

- Μεταφορά παιδιών ύψους άνω των 150cm

Από τα αποτελέσματα του μοντέλου προκύπτει ότι **όσο αυξάνεται το ποσοστό των οδηγών που δηλώνουν ότι μεταφέρουν παιδιά ύψους άνω των 150cm χωρίς ζώνη ασφαλείας, τόσο αυξάνεται ο αριθμός των θυμάτων.** Το γεγονός αυτό υποστηρίζεται από πολλές μελέτες (Children in car crashes: analysis of data for injury and use of restraints. (Johnston C, et al., 1994 στο Κεφάλαιο 2) που καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι στα οδικά ατυχήματα ο ισχυρότερος παράγοντας κινδύνου για τραυματισμό ήταν η μη χρήση ενός συστήματος συγκράτησης.

- Οδήγηση έχοντας καταναλώσει μεγαλύτερη ποσότητα αλκοόλ από την επιτρεπόμενη

Όσον αφορά την επιρροή του ποσοστού των οδηγών που δηλώνουν ότι οδηγούν έχοντας καταναλώσει μεγαλύτερη ποσότητα αλκοόλ από την επιτρεπόμενη στον αριθμό των

θυμάτων, το μοντέλο έδειξε ότι είναι θετική. Το πρόσημο είναι θετικό και ο συντελεστής ισούται με 0,0127, επομένως **όσο αυξάνεται το ποσοστό αυτό τόσο αυξάνεται και ο αριθμός των θυμάτων**. Το συμπέρασμα αυτό είναι λογικό και αναμενόμενο.

➤ Εισόδημα

Το εισόδημα έχει αρνητικό πρόσημο και συντελεστή $4,95 \times 10^{-6}$ επομένως **όσο το μέσο εισόδημα αυξάνεται, τόσο ο αριθμός των θυμάτων μειώνεται**. Το γεγονός αυτό πιθανώς οφείλεται στο ότι υψηλότερο εισόδημα σημαίνει καινούργια οχήματα, εξοπλισμένα με τεχνολογίες όπως σύστημα υπενθύμισης ζώνης και σύστημα αυτόματης πέδησης. Επιπλέον, το εισόδημα είναι άμεσα συνδεδεμένο με το μορφωτικό επίπεδο, η αύξηση του οποίου οδηγεί σε μείωση του αριθμού των θυμάτων. Αντίστοιχα συμπεράσματα έχουν προκύψει και σε παλαιότερες έρευνες (Nikolaouetal., 2021).

➤ Ανάπτυξη ταχυτήτων μεγαλύτερων από τις επιτρεπόμενες εντός κατοικημένων περιοχών

Η επιρροή του ποσοστού των οδηγών που δηλώνουν ότι αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες από τις επιτρεπόμενες εντός κατοικημένων περιοχών είναι θετική στον αριθμό των θυμάτων. Το πρόσημο είναι θετικό και ο συντελεστής ισούται με 0,0095 επομένως **όσο αυξάνεται το ποσοστό αυτό αυξάνεται και ο αριθμός των θυμάτων**. Το γεγονός αυτό ίσως οφείλεται στο ότι **η ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων μειώνει τον χρόνο που διαθέτει ο οδηγός για να αντιδράσει** προκειμένου να αποφευχθεί ένα ατύχημα και μεγαλώνει την απόσταση ακινητοποίησης του οχήματος.

➤ Μορφωτικό επίπεδο

Το μορφωτικό επίπεδο (το ποσοστό του πληθυσμού που έχει ολοκληρώσει εκπαίδευση επιπέδου 0-2) **έχει αρνητική συσχέτιση** με τον αριθμό των νεκρών παιδιών, καθώς συνήθως οι άνθρωποι που ολοκληρώνουν εκπαίδευση επιπέδου 0-2, ζουν μακριά από μεγάλα αστικά κέντρα και δεν είναι εκτεθειμένοι στους κινδύνους της οδικής κυκλοφορίας στις πόλεις.

Στο σημείο αυτό έγινε υπολογισμός του βαθμού επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη μεταβλητή, όπως αναφέρθηκε αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3.

Πίνακας 5.4:Ελαστικότητες

ei- ed_att_0_2_2020	-0,413
ei-trans_childover150cm_no_seatb	0,627
ei-drive_over_drink_lim_month	0,390
ei- income_2020	-
ei-faster_sp_lim_built_up_areas	1,267

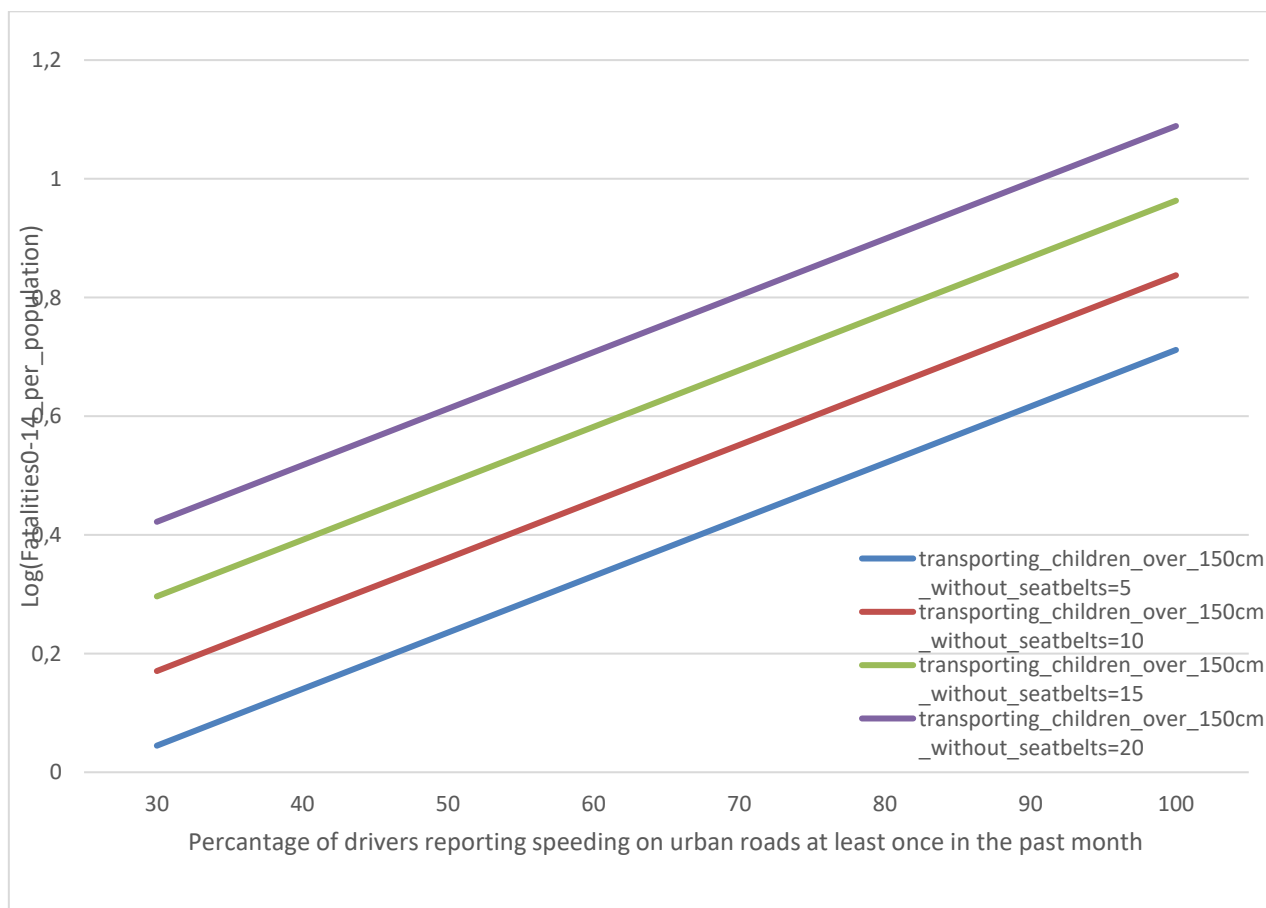
Πίνακας 5.5: Σχετική Επιρροή

ei- ed_att_0_2_2020	-1,059
ei-trans_childover150cm_no_seatb	1,608
ei-drive_over_drink_lim_month	1,000
ei- income_2020	-
ei-faster_sp_lim_built_up_areas	3,246

Από τον πίνακα σχετικής επιρροής προκύπτει ότι η μεταβλητή με την μεγαλύτερη επιρροή στον αριθμό των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14 είναι το ποσοστό των οδηγών που αναπτύσσουν ταχύτητες μεγαλύτερες από τις επιτρεπόμενες εντός κατοικημένων περιοχών. Συγκεκριμένα έχει 3,246 φορές μεγαλύτερη επιρροή στο πρότυπο συγκριτικά με τη μεταβλητή που σχετίζεται με την αυτοδηλούμενη οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ. Αυτό το συμπέρασμα είναι λογικό καθώς όταν οι ταχύτητες είναι χαμηλές ο οδηγός έχει χρόνο να αντιδράσει και να αποφευχθεί μια σύγκρουση. Αντίστοιχα συμπεράσματα έχουν προκύψει και σε παλαιότερες μελέτες (EuropeanRoadSafetyActionProgramme, 2003). Η μεταβλητή που έχει τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο είναι το ποσοστό των οδηγών που οδηγούν έχοντας καταναλώσει ποσότητα αλκοόλ μεγαλύτερη της επιτρεπόμενης.

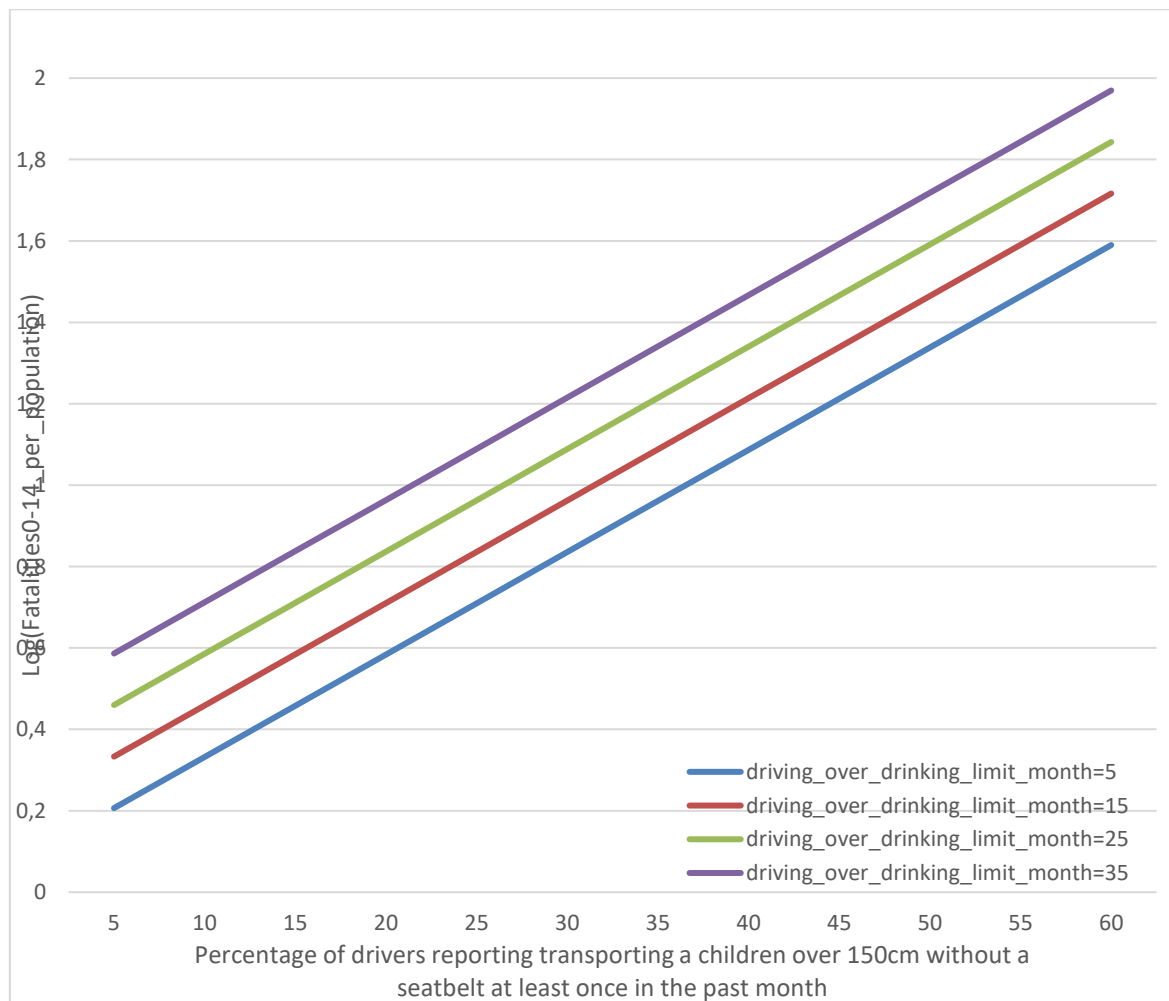
5.2.1.4 Ανάλυση Ευαισθησίας

Για την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στον αριθμό των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14 αναπτύχθηκαν διαγράμματα ευαισθησίας. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής κατά τη μεταβολή των ανεξάρτητων.



Διάγραμμα 5.1: Διάγραμμα ευαισθησίας: ποσοστό των οδηγών που αναπτύσσουν ταχύτητες μεγαλύτερες από τις επιτρεπόμενες εντός κατοικημένων περιοχών, ποσοστό οδηγών που μεταφέρουν παιδιά ύψους άνω των 150cm χωρίς ζώνη ασφαλείας, λογάριθμος του αριθμού των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14.

Προκύπτει το συμπέρασμα ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό των οδηγών που αναπτύσσουν ταχύτητες πάνω από το επιτρεπόμενο όριο ο αριθμός των θυμάτων οδικών ατυχημάτων αυξάνεται ενώ παράλληλα όσο αυξάνεται το ποσοστό των οδηγών που μεταφέρουν παιδιά χωρίς ζώνη ασφαλείας αυξάνεται πάλι ο αριθμός των θυμάτων.



Διάγραμμα 5.2: Διάγραμμα ευαισθησίας: ποσοστό οδηγών που μεταφέρουν παιδιά ύψους άνω των 150cm χωρίς ζώνη ασφαλείας, ποσοστό των οδηγών που καταναλώνουν ποσότητα αλκοόλ μεγαλύτερη της επιτρεπόμενης, λογάριθμος του αριθμού των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14.

Προκύπτει το συμπέρασμα ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό των οδηγών που μεταφέρουν παιδιά χωρίς ζώνη ασφαλείας αυξάνεται ο αριθμός των θυμάτων ενώ παράλληλα όσο αυξάνεται το ποσοστό των οδηγών που καταναλώνουν ποσότητα αλκοόλ μεγαλύτερη της επιτρεπόμενης, πάλι αυξάνεται ο αριθμός των θυμάτων.

5.2.2 Μοντέλο αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης

Για την ανάπτυξη του μοντέλου εξετάστηκαν όλα τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 4 όπως οι καιρικές συνθήκες (καλές καιρικές συνθήκες, βροχή, χιόνι, ομίχλη), ο φωτισμός (ημέρα, νύχτα, σούρουπο), ο τόπος του ατυχήματος (αστική ή μη αστική περιοχή), ο τύπος της οδού (αυτοκινητόδρομος, αστική οδός ή αγροτική οδός), το μέσο μεταφοράς (αυτοκίνητο, ταξί, λεωφορείο, ποδήλατο, μηχανή, scooter, πεζή), ο χρήστης της οδού (επιβάτης, οδηγός, πεζός) και η ημέρα της εβδομάδας

(καθημερινή ή Σαββατοκύριακο). Ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίστηκε το σύνολο του αριθμού των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14 και ως ανεξάρτητες οι υπόλοιπες μεταβλητές. Επισημαίνεται ότι το μοντέλο αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης προτιμήθηκε έναντι του μοντέλου Poisson καθώς η διακύμανση της εξαρτημένης μεταβλητής στην εξεταζόμενη βάση δεδομένων ήταν υψηλότερη από τον μέσο όρο της.

5.2.2.1 Συνολικό μοντέλο για τον αριθμό των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14

Ύστερα από τις δοκιμές προέκυψε το τελικό μοντέλο που συσχετίζει τον αριθμό των θυμάτων με τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Οι μεταβλητές αλλά και η μαθηματική έκφραση του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

$$\begin{aligned} \text{Fatalities} = & -0,805 + 0,37 \times \text{weather_cond_groupGood} + 0,486 \times \\ & \text{LightConditions_groupDaylight} - 0,04 \times \text{LightConditions_groupTwilight} + 0,656 \times \\ & \text{LightConditions_groupUnknown} + 0,271 \times \text{TransportMode_groupcar} - 0,278 \times \\ & \text{TransportMode_groupother} + 0,316 \times \text{TransportMode_grouppedestrian} - 0,327 \times \\ & \text{TransportMode_groupPTW} + 0,229 \times \text{RoadTypeRural} + 0,257 \times \text{RoadTypeUrban} \end{aligned}$$

Όπου:

- weather_cond_groupGood: καλές καιρικές συνθήκες (έγινε μια ομαδοποίηση των καιρικών συνθηκών αντιστοιχώντας τον καθαρό καιρό χωρίς βροχή με τις καλές καιρικές συνθήκες και την βροχή, το χιόνι και την ομίχλη με τις αντίξοες καιρικές συνθήκες)
- LightConditions_groupDaylight: συνθήκες φωτισμού – ημέρα
- LightConditions_groupTwilight: συνθήκες φωτισμού – σούρουπο
- LightConditions_groupUnknown: συνθήκες φωτισμού – άγνωστες
- TransportMode_groupcar: μέσο μεταφοράς- αυτοκίνητο (έγινε μια ομαδοποίηση των αυτοκινήτων και των ταξί)
- TransportMode_groupother: μέσο μεταφοράς – άλλο (όπως π.χ. αγροτικό τρακτέρ)
- TransportMode_grouppedestrian: μέσο μεταφοράς – πεζή
- TransportMode_groupPTW: μέσο μεταφοράς – μηχανή, scooter
- RoadTypeRural: τύπος οδού – υπεραστική οδός (εκτός αυτοκινητοδρόμων)
- RoadTypeUrban: τύπος οδού – αστική οδός

Πίνακας 5.6: Μεταβλητές και στατιστικοί έλεγχοι

Fixed effects	Estimate	Std. Error	Z value	Pr (> z)
Intercept	-0,805	0,146	-5,623	1,88e-08
weather_cond_groupGood	0,370	0,063	5,868	4,4e-09

LightConditions_groupDaylight	0,486	0,055	8,841	<2e-16
LightConditions_groupTwilight	-0,040	0,100	-0,396	0,6921
LightConditions_groupUnknown	0,656	0,247	2,659	0,0078
TransportMode_groupcar	0,271	0,071	3,805	0,000142
TransportMode_groupother	-0,278	0,106	-2,627	0,008621
TransportMode_grouppedestrian	0,316	0,071	4,479	7,51e-06
TransportMode_groupPTW	-0,327	0,126	-2,598	0,009368
RoadTypeRural	0,229	0,079	2,889	0,003860
RoadTypeUrban	0,257	0,085	3,021	0,002519
<i>AIC</i>	4393,4			

Πίνακας 5.7:

Μεταβλητές που συμπεριλήφθηκαν στα μοντέλα Σταθερών και Τυχαίων Επιδράσεων

Model 1 – Σταθερές Επιδράσεις	Fatalities ~ weather_cond_group + LightConditions_group + Trans + RoadType
Model 2 – Σταθερές και Τυχαίες Επιδράσεις	Fatalities ~ weather_cond_group + LightConditions_group + Trans + RoadType + (1 Country)

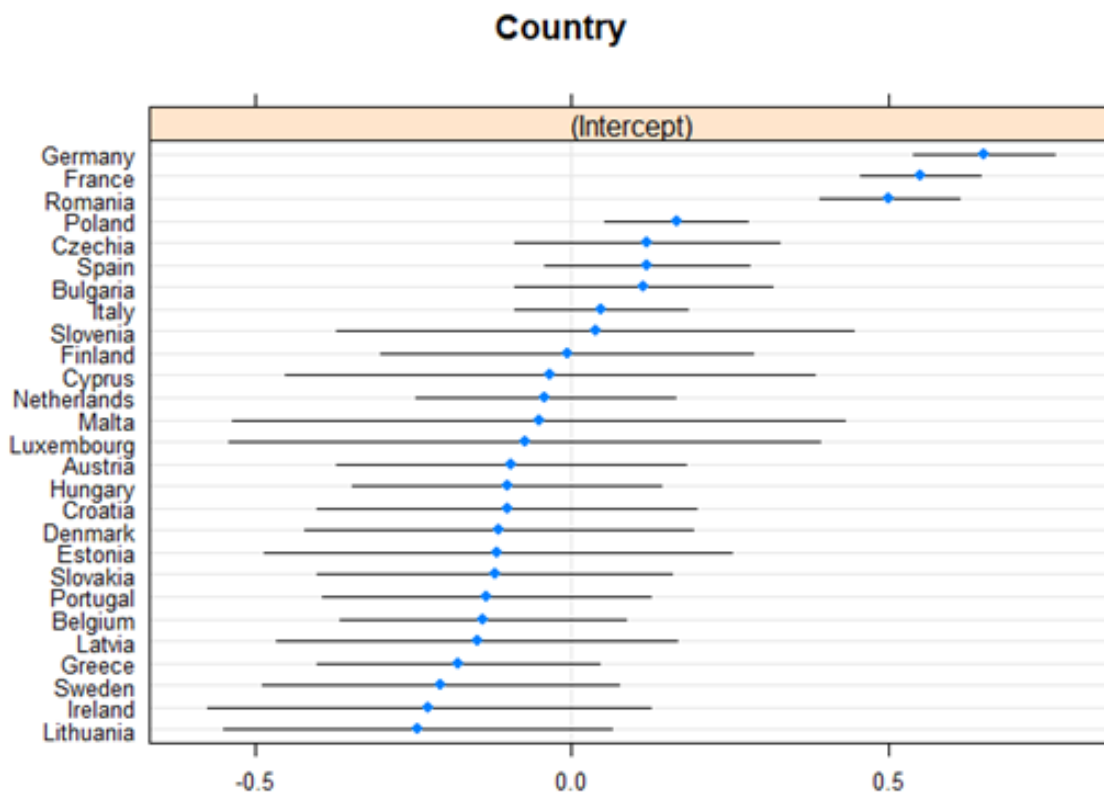
Πίνακας 5.8: Σύγκριση λογαριθμικών πιθανοτήτων για τα δύο μοντέλα

Model	#Df	LogLik	Df	χ^2	P(>χ^2)
1	12	-2251.8			
2	13	-2183.7	1	136.33	<2.2e-16

Η επιπρόσθετη αξία της συμπερίληψης τυχαίων επιδράσεων στο μοντέλο αξιολογήθηκε με την διενέργεια μιας προσαρμοσμένης ανάλυσης ANOVA (έλεγχος λογαριθμικής πιθανοφάνειας) μεταξύ των δύο μοντέλων (Σταθερές Επιδράσεις – Σταθερές + Τυχαίες Επιδράσεις). Τα αποτελέσματα ANOVA που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.6 φανερώνουν ότι η προστιθέμενη αξία που προκύπτει από τη συμπερίληψη τυχαίων επιδράσεων **βελτιώνει την ποιότητα του μοντέλου στατιστικά σημαντικά**.

Πίνακας 5.9: Δείκτης GVIF

Μεταβλητή	GVIF	Df	GVIF ^{1/(2*Df)}
Weather_cond_group	1,03	1	1,02
LightConditions_group	1,04	3	1,01
TransportMode_group	1,34	4	1,04
RoadType	1,32	2	1,07



Διάγραμμα 5.3: Τυχαίες επιδράσεις για τις χώρες που συμπεριλήφθηκαν στο στατιστικό μοντέλο.

5.2.2.2 Ποιότητα προτύπου

Η ποιότητα του εκάστοτε προτύπου αξιολογείται βάσει των κριτηρίων που έχουν αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3. Συγκεκριμένα, στο τελικό μοντέλο αντιστοιχεί η μικρότερη τιμή του δείκτη AIC μεταξύ των δοκιμών. Επιπλέον, εφόσον η τιμή του δείκτη GVIF είναι μικρότερη από το 2 για όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές, δεν τίθεται ζήτημα πολυσυγγραμμικότητας.

5.2.2.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου

➤ Καιρικές συνθήκες

Από τα αποτελέσματα του προτύπου προκύπτει ότι **όταν επικρατούν καλές καιρικές συνθήκες ο αριθμός των θυμάτων οδικών ατυχημάτων είναι μεγαλύτερος** από όταν επικρατούν αντίξοες καιρικές συνθήκες, καθώς το πρόσημο είναι θετικό με συντελεστή 0,37. Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι όταν οι καιρικές συνθήκες είναι καλές, μεγαλύτερο ποσοστό παιδιών μετακινείται και χρησιμοποιεί την οδό.

➤ Φωτισμός

Παρατηρείται επίσης όσον αφορά τις συνθήκες φωτισμού ότι **κατά την διάρκεια της ημέρας ο αριθμός των θυμάτων είναι μεγαλύτερος** από ότι κατά την διάρκεια της νύχτας και κατά τη διάρκεια του σούρουπου ο αριθμός των θυμάτων είναι μικρότερος από ότι κατά την διάρκεια της νύχτας. Αυτό φαίνεται από το θετικό πρόσημο που έχουν οι συνθήκες φωτισμού την ημέρα με συντελεστή 0,486 και από το αρνητικό πρόσημο που έχουν οι συνθήκες φωτισμού το σούρουπο με συντελεστή -0,04. Αυτό το γεγονός ενδεχομένως οφείλεται στο ότι οι περισσότερες δραστηριότητες στις οποίες συμμετέχουν τα παιδιά (σχολείο, εξωσχολικές δραστηριότητες) λαβαίνουν χώρα κατά την διάρκεια της ημέρας. Αξίζει ωστόσο να σημειωθεί ότι η μεταβλητή της κατηγορίας σούρουπο δεν είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

➤ Μέσο μεταφοράς

Τα αποτελέσματα του προτύπου όσον αφορά το μέσο μεταφοράς δείχνουν ότι **όταν το χρησιμοποιούμενο μέσο είναι το αυτοκίνητο ο αριθμός των θυμάτων είναι μεγαλύτερος** από όταν το χρησιμοποιούμενο μέσο είναι το ποδήλατο (θετικό πρόσημο και συντελεστής 0,27) Επιπλέον, **όταν τα παιδιά μετακινούνται πεζή, ο αριθμός των θυμάτων είναι μεγαλύτερος από όταν μετακινούνται με το ποδήλατο** (θετικό πρόσημο και συντελεστής 0,316) και όταν τα παιδιά χρησιμοποιούν μοτοσυκλέτα ή μοτοποδήλατο αριθμός των θυμάτων είναι μικρότερος από όταν χρησιμοποιούν το ποδήλατο (αρνητικό πρόσημο και συντελεστής -0,327). Τέλος, όταν τα παιδιά μετακινούνται με μέσα εκτός του αυτοκινήτου, της μηχανής, του ποδηλάτου ή πεζή (όπως για παράδειγμα με αγροτικό τρακτέρ) ο αριθμός των θυμάτων είναι μικρότερος από ότι όταν μετακινούνται με ποδήλατο (αρνητικό πρόσημο και συντελεστής -0,278).

Ιδιαίτερα στις χώρες που δεν έχουν επαρκή υποδομή ποδηλατοδρόμων, περισσότερα παιδιά μετακινούνται χρησιμοποιώντας αυτοκίνητο παρά ποδήλατο είτε λόγω καιρικών συνθηκών, αποστάσεων και απουσίας ασφαλούς υποδομής επομένως είναι λογικό να είναι μεγαλύτερος ο αριθμός των θυμάτων. Επίσης είναι αναμενόμενο ο αριθμός των θυμάτων να είναι μεγαλύτερος για μετακίνηση πεζή παρά για μετακίνηση με ποδήλατο καθώς ο αριθμός των μετακινήσεων που γίνονται πεζή είναι υψηλότερος. Όσον αφορά τις μετακινήσεις με μηχανές ή με άλλου τύπου μεταφορικό μέσο είναι λογικό να έχουμε μειωμένο αριθμό θυμάτων λόγω μειωμένης συχνότητας.

➤ Τύπος οδού

Όσον αφορά τον τύπο της οδού, τα αποτελέσματα του προτύπου έδειξαν ότι **ο αριθμός των θυμάτων είναι μεγαλύτερος όταν η οδός είναι υπεραστική ή αστική παρά όταν είναι αυτοκινητόδρομος** (θετικό πρόσημο και συντελεστές 0,229 και 0,257 αντίστοιχα). Το

γεγονός αυτό ίσως οφείλεται στο ότι οι περισσότερες δραστηριότητες των παιδιών λαβαίνουν χώρα κοντά σε κατοικημένες και σε περι-αστικές περιοχές.

Στο σημείο αυτό, για να συγκριθούν τα αποτελέσματα του μοντέλου, δημιουργήθηκε ένας πίνακας με τις τιμές των συντελεστών κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής, την ψευδοελαστικότητα κάθε μεταβλητής και την σχετική επιρροή.

Πίνακας 5.10: Ψευδοελαστικότητα και Σχετική επιρροή

	Συντελεστής	ei (Ψευδοελαστικότητα)	ei* (Σχετική επιρροή)
weather_cond_groupGood	0,370	1,45	2,01
LightConditions_groupDaylight	0,486	1,63	2,25
LightConditions_groupTwilight	-0,040	0,96	-
LightConditions_groupUnknown	0,656	1,93	2,67
TransportMode_groupcar	0,271	1,31	1,82
TransportMode_groupother	-0,278	0,76	1,05
TransportMode_grouppedestrian	0,316	1,37	1,90
TransportMode_groupPTW	-0,327	0,72	1,00
RoadTypeRural	0,229	1,26	1,74
RoadTypeUrban	0,257	1,29	1,79

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι οι μεταβλητές με την μεγαλύτερη επιρροή στον αριθμό των θυμάτων ηλικίας 0-14 ήταν οι καλές καιρικές συνθήκες, ο καλός φωτισμός (κατά τη διάρκεια της ημέρας) και η μετακίνηση πεζή. Όσον αφορά την αύξηση του αριθμού των θυμάτων όταν επικρατούν καλές καιρικές συνθήκες, το γεγονός αυτό ενδεχομένως οφείλεται στο ότι οι μετακινήσεις των παιδιών είναι περισσότερες όταν ο καιρός είναι ευνοϊκός. Ακόμη, τα παιδιά χρησιμοποιούν την οδό κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας για τις δραστηριότητές τους και όταν μετακινούνται πεζή είναι ιδιαίτερα εύάλωτοι χρήστες της οδού με αποτέλεσμα να είναι περισσότερα τα θύματα.

6. Συμπεράσματα

6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **διερεύνηση των παραγόντων επιρροής της οδικής ασφάλειας των παιδιών στην Ευρώπη.**

Τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου ακολούθησε η **βιβλιογραφική ανασκόπηση**, στην οποία αναλύθηκαν τα αποτελέσματα συναφών ερευνών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας σε Ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η **συλλογή των στοιχείων** που απαιτούνταν για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν ήταν για χώρες της Ευρώπης για το χρονικό διάστημα 2016 – 2020. Τα στοιχεία για τον αριθμό των νεκρών αντλήθηκαν από την Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων CARE (Community database on Accidents on the Roads in Europe). Δεδομένα για τις απόψεις των οδηγών για την οδική ασφάλεια (χρήση ζώνης, παιδικού καθίσματος, ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων) αντλήθηκαν από την έρευνα ESRA (E-Survey of Road Users' Attitudes). Λοιπά δεδομένα όπως το εισόδημα και το μορφωτικό επίπεδο αντλήθηκαν από την Eurostat.

Για τη στατιστική ανάλυση των στοιχείων επιλέχθηκαν η γραμμική παλινδρόμηση και η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση. Στο μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης ενώ ως εξαρτημένη μεταβλητή επιλέχθηκε ο **λογάριθμος του αριθμού των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14 ανά 100.000 παιδιά ηλικίας 0-14**. Ως ανεξάρτητες μεταβλητές επιλέχθηκαν οι επιδόσεις οδικής ασφάλειας των χωρών και οι κοινωνικοοικονομικοί δείκτες. Στο μοντέλο αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίστηκε **το σύνολο του αριθμού των νεκρών παιδιών ηλικίας 0-14**. Ως ανεξάρτητες μεταβλητές ορίστηκαν οι καιρικές συνθήκες, ο φωτισμός, ο τύπος της οδού, ο τόπος του ατυχήματος, το μέσο μεταφοράς και η ημέρα της εβδομάδας.

Τα τελικά μαθηματικά μοντέλα που προέκυψαν αποτυπώνουν τη συσχέτιση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής και των παραγόντων που την επηρεάζουν. Η σχετική επιρροή χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση της επιρροής κάθε μεταβλητής ξεχωριστά. Ακολουθούν τα αποτελέσματα των μοντέλων:

Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών μοντέλων

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Τιμές	ei	ei
	Συντελεστών	ψευδο-	σχετική
ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ		ελαστικότητα	επιρροή
Μορφωτικό επίπεδο (επίπεδα 0-2)	-79,24	-0,413	-1,059
Μεταφορά παιδιών χωρίς ζώνη	$2,515 \times 10^{-2}$	0,627	1,608
Οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ	$1,266 \times 10^{-2}$	0,39	1
Εισόδημα	-55,54		
Υψηλότερες του ορίου ταχύτητες	$9,526 \times 10^{-3}$	1,267	3,246
ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΡΝΗΤΙΚΗΣ ΔΙΩΝΥΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ			
Καλές καιρικές συνθήκες	0,37	1,45	2,01
Συνθήκες φωτισμού – ημέρα	0,486	1,63	2,25
Συνθήκες φωτισμού – σούρουπο	-0,04	0,96	
Συνθήκες φωτισμού – άγνωστες	0,656	1,93	2,67
Μέσο μεταφοράς – αυτοκίνητο	0,271	1,31	1,82
Μέσο μεταφοράς – άλλο	-0,278	0,76	1,05
Μέσο μεταφοράς – μετακίνηση πεζή	0,316	1,37	1,9
Μέσο μεταφοράς – μηχανή	-0,327	0,72	1
Τύπος οδού – υπεραστική	0,229	1,26	1,74
Τύπος οδού – αστική	0,257	1,29	1,79

6.2 Συμπεράσματα

Κατά τα διάφορα στάδια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέκυψε μία σειρά από συμπεράσματα που είναι άμεσα συνδεδεμένα με το στόχο αλλά και τα αρχικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν. Στο παρόν υποκεφάλαιο επιχειρείται να δοθεί απάντηση στα συνολικά ερωτήματα της έρευνας, μέσω της σύνθεσης των αποτελεσμάτων των προηγούμενων κεφαλαίων. Επομένως, τα συμπεράσματα συνοψίζονται παρακάτω:

- Το ποσοστό των οδηγών που δηλώνουν ότι αναπτύσσουν ταχύτητες μεγαλύτερες από τις επιτρεπόμενες εντός κατοικημένων περιοχών, έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στον αριθμό των θυμάτων οδικών ατυχημάτων ηλικίας 0-14, ενδεχομένως διότι μειώνεται ο διαθέσιμος χρόνος αντίδρασης του οδηγού.
- Όσο αυξάνεται ποσοστό των οδηγών που δηλώνουν ότι μεταφέρουν παιδιά ύψους άνω των 150cm χωρίς ζώνη ασφαλείας, αυξάνεται και ο αριθμός των θυμάτων ηλικίας 0-14. Το συμπέρασμα αυτό συμφωνεί με τη διεθνή βιβλιογραφία που υποστηρίζει ότι ο ισχυρότερος παράγοντας κινδύνου για τραυματισμό σε οδικά ατυχήματα με παιδιά είναι η μη χρήση ενός συστήματος συγκράτησης.

- Μεγάλη επιρροή στον αριθμό των θυμάτων έχει το **ποσοστό των οδηγών που δηλώνουν ότι οδηγούν έχοντας καταναλώσει μεγαλύτερη ποσότητα αλκοόλ από την επιτρεπόμενη.**
- Η **αύξηση του μέσου εισοδήματος** έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των θυμάτων των οδικών ατυχημάτων, ίσως επειδή όσο αυξάνεται το μέσο εισόδημα, οι οδηγοί χρησιμοποιούν σύγχρονα οχήματα, εξοπλισμένα με τεχνολογίες όπως σύστημα υπενθύμισης ζώνης και σύστημα αυτόματης πέδησης. Επίσης η αύξηση του μέσου εισοδήματος είναι συνδεδεμένη με την αύξηση του μορφωτικού επιπέδου.
- Η **αύξηση του ποσοστού του πληθυσμού που έχουν ολοκληρώσει εκπαίδευση επιπέδου 0-2** (προσχολική εκπαίδευση/λιγότερο από πρωτοβάθμια εκπαίδευση, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, κατώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση) οδηγεί σε μείωση του αριθμού των θυμάτων οδικών ατυχημάτων ηλικίας 0-14. Το γεγονός αυτό πιθανώς οφείλεται στο ότι οι άνθρωποι που ολοκληρώνουν εκπαίδευση επιπέδου 0-2 συνήθως δεν ζουν σε μεγάλα αστικά κέντρα επομένως δεν είναι εκτεθειμένοι στους κινδύνους οδικής κυκλοφορίας στις πόλεις.
- Οι **καλές καιρικές συνθήκες** συνδέονται με αύξηση του αριθμού των θυμάτων οδικών ατυχημάτων, ενδεχομένως διότι οι μετακινήσεις των παιδιών είναι περισσότερες όταν επικρατούν ευνοϊκές καιρικές συνθήκες.
- Ο **αριθμός των θυμάτων είναι μεγαλύτερος κατά την διάρκεια της ημέρας** από ότι κατά την διάρκεια της νύχτας, ίσως επειδή οι περισσότερες δραστηριότητες στις οποίες συμμετέχουν τα παιδιά λαβαίνουν χώρα κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- Πολύ μεγάλη επιρροή στον αριθμό των θυμάτων έχει η **μετακίνηση πεζή**, ενδεχομένως γιατί όσοι μετακινούνται πεζή είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι χρήστες της οδού, κυρίως τα παιδιά λόγω του αναστήματος και της έλλειψης εμπειρίας.
- Ο αριθμός των θυμάτων είναι μεγαλύτερος **όταν η οδός είναι υπεραστική ή αστική** παρά όταν είναι αυτοκινητόδρομος, καθώς οι περισσότερες δραστηριότητες των παιδιών λαβαίνουν χώρα κοντά σε κατοικημένες και σε περι-αστικές περιοχές.

6.3 Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας των παιδιών

Με βάση τα αποτελέσματα και τα συνολικά εξαγόμενα συμπεράσματα από την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, επιχειρείται η παράθεση μίας σειράς προτάσεων που ενδεχομένως θα συμβάλλουν στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας των παιδιών στην Ευρώπη.

- Προτείνεται η δημιουργία ζωνών με όριο ταχύτητας τα 30 χιλιόμετρα / ώρα σε κατοικημένες περιοχές, στις οδούς γύρω από τα σχολεία, γύρω από στάσεις λεωφορείων, και κοντά σε χώρους που χρησιμοποιούνται από παιδιά.
- Ένα επιπλέον μέτρο που θα μπορούσε να ληφθεί είναι η μείωση της κυκλοφορίας των οχημάτων γύρω από τα σχολεία και τις εγκαταστάσεις παιδικής μέριμνας.
- Στην ενίσχυση της οδικής ασφάλειας των παιδιών θα μπορούσε να συμβάλει και το να καταστεί υποχρεωτική η χρήση κατάλληλου συστήματος συγκράτησης.
- Προτείνεται επίσης η διεξαγωγή τακτικών εκστρατειών ενημέρωσης και εκπαίδευσης για τη σωστή τοποθέτηση των συστημάτων συγκράτησης παιδιών.
- Ένα ακόμη μέτρο που θα μπορούσε να ληφθεί είναι το να γίνουν τα συστήματα συγκράτησης οικονομικά προσιτά, συμπεριλαμβάνοντάς τα στην κατηγορία των βασικών προϊόντων (με χαμηλότερο συντελεστή Φ.Π.Α. όπως επιτρέπεται από την Οδηγία της Ε.Ε. 77/388/EEC)

6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας διερευνήθηκαν οι παράγοντες επιρροής της οδικής ασφάλειας των παιδιών στην Ευρώπη.

Αρκετά ενδιαφέροντα θα ήταν η επέκταση της συγκεκριμένης έρευνας σε μεγαλύτερο αριθμό χωρών και εκτός Ευρώπης ώστε να διαπιστωθεί εάν τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έχουν την ίδια ισχύ παγκοσμίως.

Επιπλέον, θα μπορούσαν να συλλεχθούν δεδομένα από περισσότερα έτη για τους κοινωνικοοικονομικούς δείκτες ώστε να διερευνηθεί περαιτέρω η συσχέτισή τους με την οδική ασφάλεια των παιδιών.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα παρουσίαζε μια ανάλυση η οποία θα στηριζόταν σε ακόμα περισσότερα δεδομένα όπως τα χαρακτηριστικά του οχήματος (ιπποδύναμη κινητήρα, ηλικία, κτλ.), η κατάσταση του οδοστρώματος στο οποίο κινείται το όχημα, κλπ.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον επίσης θα παρουσίαζε να επαναληφθεί η παρούσα ανάλυση για να διαπιστωθεί αν υπήρξε βελτίωση της οδικής ασφάλειας των παιδιών.

Τέλος, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η διερεύνηση της συσχέτισης των ίδιων δεικτών με τον αριθμό των θυμάτων ηλικίας 0-14 με χρήση άλλων στατιστικών μεθόδων.

7. Βιβλιογραφία

1. Benedetti, M., Klinich, K. D., Manary, M. A., & Flannagan, C. A. (2020). Factors affecting child injury risk in motor-vehicle crashes (No. 2019-22-0008). SAE Technical Paper.
2. Durbin, D. R., Chen, I., Smith, R., Elliott, M. R., & Winston, F. K. (2005). Effects of seating position and appropriate restraint use on the risk of injury to children in motor vehicle crashes. *Pediatrics*, 115(3), e305-e309.
3. European Commission. (2023). Road Safety Thematic Report – Children.
4. European Transport Safety Council (2022). Reducing Child Deaths on European Roads.
5. Glass, R. J., Segui-Gomez, M., & Graham, J. D. (2000). Child passenger safety: decisions about seating location, airbag exposure, and restraint use. *RiskAnalysis*, 20(4), 521-528.
6. Johnston, C., Rivara, F. P., & Soderberg, R. (1994). Children in car crashes: analysis of data for injury and use of restraints. *Pediatrics*, 93(6), 960-965.
7. Kühn, M., Hummel, T., Müller, G., & Fastenmeier, W. (2019, June). Handling of child restraint systems (CRS) with special focus on misuse. In *Proceedings of the International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)*. Paper (No. 19-0214).
8. Meesmann, U., Torfs, K., & Van den Berghe, W. (2019). ESRA: E-Survey of Road users' Attitudes: ESRA2 methodology (No. 2019-R-06-EN).
9. Nikolaou, D., Folla, K., & Yannis, G. (2021). Impact of socioeconomic and transport indicators on road safety during the crisis period in Europe. *International journal of injury control and safety promotion*, 28(4), 479-485.
10. OECD. (2004). Keeping children safe in traffic.
11. Petch, R. O., & Henson, R. R. (2000). Child road safety in the urban environment. *Journal of transport geography*, 8(3), 197-211.
12. Pires, C., Torfs, K., Areal, A., Goldenbeld, C., Vanlaar, W., Granié, M. A., ... & Meesmann, U. (2020). Car drivers' road safety performance: A benchmark across 32 countries. *IATSS research*, 44(3), 166-179.
13. Roynard, M., Silverans, P., Casteels, Y., & Lesire, P. (2014). National roadside survey of child restraint system use in Belgium. *Accident Analysis & Prevention*, 62, 369-376.
14. World Health Organization. (2018). Global status report on road safety 2018. World Health Organization.
15. Yannis, G., Nikolaou, D., Laiou, A., Stürmer, Y. A., Buttler, I., & Jankowska-Karpa, D. (2020). Vulnerable road users: Cross-cultural perspectives on performance and attitudes. *IATSS research*, 44(3), 220-229.