



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Διπλωματική Εργασία



ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗ ΛΥΔΙΑ

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

Αθήνα, Ιούλιος 2023

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	1
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	5
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	6
1.4 ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	9
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	9
2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ DEA	14
2.4 ΣΥΝΟΨΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	19
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	19
3.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ.....	19
3.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	21
3.4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	22
3.5. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	23
3.6. ΕΞΗΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	25
3.6.1 ΕΞΗΓΗΣΗ ΠΡΟΣΗΜΩΝ ΤΩΝ ΒΙ	25
3.6.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	25
3.7 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DEA)	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	27
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	27
4.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	27

4.3.2 ΝΕΚΡΟΙ ΑΝΑ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΑΝΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	32
4.3.3 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	40
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	40
5.2 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ R-STUDIO	40
5.3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	44
5.4 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	46
5.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	47
5.6 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DEA).....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	51
6.1. ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	51
6.2. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	53
6.3. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	55
6.4. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΈΡΕΥΝΑ.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	58

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της Διπλωματικής αυτής Εργασίας, σηματοδοτείται και το πέρας των προπτυχιακών μου σπουδών στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα πρωτίστως να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα, για την καθοδήγηση και την στήριξή του σε όλα τα στάδια της Εργασίας .

Επιπλέον, οφείλω να ευχαριστήσω εξίσου θερμά τον Δημήτρη Νικολάου, Υποψήφιο Διδάκτορα Ε.Μ.Π, για τον χρόνο που μου αφιέρωσε, για την ατελείωτη βοήθεια και κατανόηση, τις πολύτιμες υποδείξεις και το ευχάριστο και επαγγελματικό κλίμα συνεργασίας που διαμόρφωσε.

Ενα ξεχωριστό ευχαριστώ οφείλω στην οικογένεια μου και κυρίως στους γονείς μου για την αμέριστη αγάπη και στήριξη που μου προσέφεραν, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των σπουδών μου .

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου που ήταν δίπλα μου σε όλες τις όμορφες αλλά κυρίως τις δύσκολες στιγμές όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Αθήνα, Ιούλιος 2023

Παπαγιάννη Λυδία

Συγκριτική ανάλυση επιδόσεων οδικής ασφάλειας στις Περιφέρειες της Ελλάδας

Παπαγιάννη Λυδία

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π

Σύνοψη

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η ανάλυση και η σύγκριση των επιδόσεων οδικής ασφάλειας των Περιφερειών της Ελλάδος. Για τον σκοπό αυτό, για το έτος 2022, συλλέχθηκαν και υπολογίστηκαν Βασικοί Δείκτες Επίδοσης (KPIs) για την οδική ασφάλεια στην Ελλάδα, στο πλαίσιο του έργου Baseline της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επιπλέον, συλλέχθηκαν στοιχεία βασικών κοινωνικο-οικονομικών χαρακτηριστικών των Περιφερειών για τη χρονική περίοδο 2016-2020 και για την ανάλυση τους αναπτύχθηκαν γραμμικά μοντέλα παλινδρόμησης πολλαπλών μεταβλητών που αφορούν τα προαναφερθέντα δεδομένα. Από το μοντέλο αυτό προέκυψε ότι ο αριθμός των νεκρών ανά εκατό χιλιάδες πληθυσμό εξαρτάται από τον Δείκτη Επίδοσης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού, Δείκτη Επίδοσης απόσπασης προσοχής από τη χρήση συσκευών χειρός, Δείκτη Επίδοσης συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας, το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π, τον αριθμό των νοσοκομειακών κλινών και το ποσοστό εργασίας. Επίσης, βρέθηκε πως όσο αυξάνονται ο Δείκτη Επίδοσης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού, ο Δείκτη Επίδοσης απόσπασης προσοχής από τη χρήση συσκευών χειρός, ο Δείκτη Επίδοσης συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας, το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π και ο αριθμός των νοσοκομειακών κλινών, μειώνεται ο αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους, ενώ αντιθέτως όσο αυξάνεται το ποσοστό εργασίας, αυξάνονται ταυτόχρονα και οι θάνατοι από οδικά ατυχήματα. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε κατάταξη των επιδόσεων των Περιφερειών ως προς την οδική ασφάλεια, με την χρήση της μεθόδου Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (DEA), μέσω της οποίας κατατάχθηκαν οι Περιφέρειες της Ελλάδος με βάση την επίδοσή τους στην οδική ασφάλεια. Έτσι, βρέθηκε πως οι Περιφέρειες της Κεντρικής Μακεδονίας και του Νοτίου Αιγαίου έχουν καλύτερες επιδόσεις οδικής ασφάλειας, ενώ οι Περιφέρειες της Πελοποννήσου και της Στερεάς Ελλάδος βρίσκονται στις χαμηλότερες θέσεις της κατάταξης.

Λέξεις Κλειδιά: οδική ασφάλεια, οδικά ατυχήματα, Βασικοί Δείκτες Επίδοσης, Περιφέρειες, γραμμική παλινδρόμηση, Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων

Comparative analysis of road safety performance in the Regions of Greece

Lydia Papagianni

Supervisor: George Yannis, Professor NTUA

Abstract

The aim of this Diploma Thesis is to analyse and compare the performance of road safety among the Regions of Greece. For this purpose, Key Performance Indicators (KPIs) for road safety in Greece were collected and calculated for the year 2022 as part of the European Union's Baseline project. Additionally, data on basic socio-economic characteristics of the Regions for the period 2016-2020 were gathered, and linear regression models were developed to analyze them. From the model that was developed, it was found that the number of road fatalities per hundred thousand inhabitants depends on the KPI for the use of protective equipment, the KPI for distraction from handheld devices, the KPI for compliance with speed limits, the per capita GDP, the number of hospital beds, and the employment rate. Furthermore, it was found that as the KPI for the use of protective equipment, the KPI for distraction from handheld devices, the KPI for compliance with speed limits, the per capita GDP, and the number of hospital beds increase, the number of road fatalities per population decreases. Conversely, as the employment rate increases, the road fatalities also increase. Additionally, a ranking of the Regions performance in road safety (except the Region of Attica) was conducted using the Data Envelopment Analysis (DEA) method, which resulted in the Central Macedonia and South Aegean regions having better road safety performance, while according to this classification the Regions of Peloponnese and Central Greece regions ranked lower in the ranking of road safety performance.

Keywords: road safety, road crashes, Key Performance Indicators, regions of Greece, linear regression, Data Envelopment Analysis

Περίληψη

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί **η σύγκριση του επιπέδου οδικής ασφάλειας μεταξύ των Περιφερειών της Ελλάδος**. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η επιρροή διάφορων χαρακτηριστικών των Περιφερειών στο συνολικό αριθμό των θυμάτων λόγω οδικών ατυχημάτων με τη χρήση στατιστικών μοντέλων.

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

Ακολούθως πραγματοποιήθηκε η **συλλογή και επεξεργασία των στατιστικών στοιχείων**, που κρίθηκαν απαραίτητα για την επίτευξη του προαναφερόμενου στόχου. Η συλλογή των δεδομένων χωρίστηκε σε δύο επιμέρους μέρη. Αρχικά ένα μέρος των δεδομένων συλλέχθηκε από ερευνητική ομάδα, μέσω **μετρήσεων πεδίου** για τέσσερις Βασικούς Δείκτες Επίδοσης Οδικής Ασφάλειας (ταχύτητα, χρήση ζώνης ασφαλείας, χρήση προστατευτικού εξοπλισμού και απόσπαση προσοχής οδηγού εξαιτίας συσκευών χειρός).

Οι **μετρήσεις πεδίου** πραγματοποιήθηκαν σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις του οδικού δικτύου σε **πόλεις και των δεκατριών Περιφερειών της Ελλάδος** (Αθήνα, Χαλκίδα, Κέρκυρα, Ηράκλειο, Ιωάννινα, Κοζάνη, Λάρισα, Πάτρα, Ρόδος, Θεσσαλονίκη, Τρίπολη, Ξάνθη, Νάξος, Σάμος). Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν παρατηρήσεις επί της οδού σε τοποθεσίες ανά τύπο οδού (αστικές οδοί, υπεραστικές οδοί και αυτοκινητόδρομοι), όπου ως αστικές οδοί ορίζονται οι οδοί εντός των κατοικημένων περιοχών, ενώ ως υπεραστικές οδοί ορίζονται οι οδοί εκτός κατοικημένων περιοχών, πλην των αυτοκινητοδρόμων. Όλες οι μετρήσεις πεδίου πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της ημέρας, τις καθημερινές (Δευτέρα-Παρασκευή) και τα Σαββατοκύριακα.

Στη συνέχεια στο δεύτερο μέρος, συλλέχθηκαν απαραίτητα στοιχεία για τα οικονομικά, δημογραφικά, κοινωνικά, υγειονομικά και μεταφορικά **χαρακτηριστικά κάθε Περιφέρειας**, από **βάσεις** διάφορων οργανισμών όπως EUROSTAT και ΕΛ.ΣΤΑΤ και αναπτύχθηκε η σχετική βάση δεδομένων.

Τη συλλογή των δεδομένων ακολούθησε η κατάλληλη επεξεργασία τους προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη μεθοδολογία και να πραγματοποιηθεί η εισαγωγή τους στο ειδικό στατιστικό λογισμικό R-Studio. Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το **Γραμμικό Μοντέλο Παλινδρόμησης** και ύστερα από αρκετές δοκιμές και διάφορους συνδυασμούς, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο για όλες τις Περιφέρειες της Ελλάδος πλην της Περιφέρειας της Αττικής. Ο λόγος γι' αυτό είναι ότι η Αττική είναι υπερβολικά μεγαλύτερη Περιφέρεια σε πληθυσμό και πολλά από τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παίρνουν ακραίες τιμές, με αποτέλεσμα να διαφέρει σημαντικά από τις υπόλοιπες 12 Περιφέρειες. Τα μοντέλα αυτά ολοκληρώθηκαν με τον υπολογισμό της

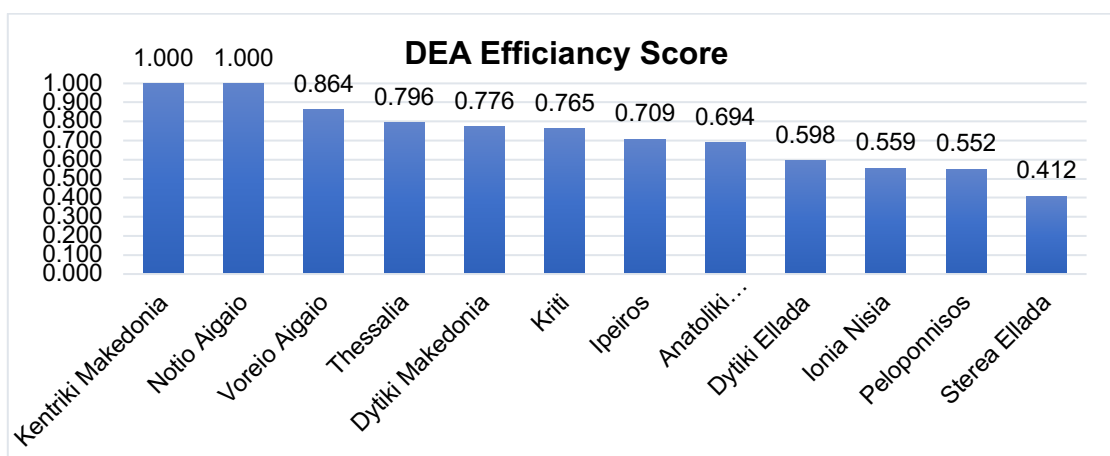
ευαισθησίας και της ελαστικότητας των ανεξάρτητων μεταβλητών, όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Estimate	t value	ei*
Σταθερός Όρος	42.264	8.452	-
Δείκτης Επίδοσης Χρήσης Προστατευτικού Εξοπλισμού (κράνους)	-2.695	-1.93	1.000
Δείκτης Επίδοσης Απόσπασης Προσοχής	-41.314	-8.114	86.478
Δείκτης Επίδοσης Συμμόρφωσης στα Όρια Ταχύτητας	-4.262	-4.894	6.750
A.E.Π	0.000	-6.828	3.588
Νοσοκομειακές Κλίνες	-0.018	-11.936	14.785
Ποσοστό Εργασίας	0.485	7.045	-40.665
R²		0.969	

Πίνακας: Συγκεντρωτικός πίνακας μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης

Τέλος, πραγματοποιήθηκε **Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων** (Data Envelopment Analysis – DEA), μέσω της οποίας έγινε κατάταξη των εξεταζόμενων Περιφερειών αναλόγως των επιδόσεών τους στην οδική ασφάλεια. Στην περίπτωση της DEA η αποδοτικότητα υπολογίζεται μεγιστοποιώντας τα outputs και ελαχιστοποιώντας τα inputs. Για το λόγο αυτό για να γίνει η ανάλυση της αποδοτικότητας στο μοντέλο χρησιμοποιήθηκε ως outputs όχι ο αριθμός των νεκρων ανά εκατό χιλιάδες από οδικά ατυχήματα, αλλά ο λόγος ένα προς τους νεκρούς ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία της DEA καθώς μεγιστοποίηση του output συνεπάγεται με την ελαχιστοποίηση των αριθμό των νεκρών ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους. Μελετώντας τα στοιχεία, έπειτα από κατάλληλες δοκιμές, δημιουργήθηκε το τελικό μοντέλο DEA. Τα αποτελέσματα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων συνοψίζονται παρακάτω:

Inputs	KPI Helmet DR	KPI Distraction	KPI Speed
Outputs	1/Fatalities per 100.000 inhabitants		



Διάγραμμα: Αποτελέσματα μοντέλου DEA

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

1. Διαπιστώθηκε ότι η **αύξηση του Δείκτη Επίδοσης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού (κράνους) συσχετίζεται με την μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**. Αυτό συμβαίνει καθώς με την χρήση προστατευτικού εξοπλισμού μειώνεται η σοβαρότητα του ατυχήματος, μειώνοντας τον κίνδυνο θανάτου .
2. Η **αύξηση του Δείκτη Επίδοσης απόσπασης προσοχής λόγω χρήσης συσκευών χειρός (αύξηση οδηγών που δεν χρησιμοποιούν κινητό κατά την οδήγηση) επιφέρει με την μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα** ανά 100.000 κατοίκους. Η αύξηση του δείκτη αυτού υπονοεί την μεγαλύτερη προσοχή των χρηστών της οδού, κατά την οδήγηση, με αποτέλεσμα την αποφυγή οδικών ατυχημάτων και επομένως να σημειώνονται λιγότερα θανατηφόρα ατυχήματα.
3. Η **αύξηση του Δείκτη Επίδοσης συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας οδηγεί σε μείωση των θανάτων στα οδικά ατυχήματα** ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους. Πιθανή εξήγηση είναι ότι η αύξηση της ταχύτητας, αυξάνει την ορμή του οχήματος κατά την κρούση, η οποία με την σειρά της αυξάνει την επικινδυνότητα των ατυχημάτων που προκύπτουν. Παράλληλα, οι μεγάλες ταχύτητες συνεπάγονται και μεγαλύτερη απόσταση πέδησης του οχήματος κατά το φρενάρισμα και σε πιθανές εκτροπές του οχήματος από την πορεία του όταν ο οδηγός εκτελεί μικρές στροφές στο τιμόνι.
4. Η **αύξηση του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π συσχετίζεται με την μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**. Πρόκειται για ένα δείκτη που υποδεικνύει την οικονομική ανάπτυξη μίας Περιφέρειας και τη συνήθως συνεπαγόμενη υψηλότερη κουλτούρα οδικής ασφάλειας που συμπεριλαμβάνει καλύτερους οδηγούς, καλύτερα οχήματα και καλύτερες υποδομές. Επιπλέον η συσχέτιση αυτή είναι σύμφωνη με τη διεθνή βιβλιογραφία.
5. Η **αύξηση του αριθμού των νοσοκομειακών κλινών ανά 100.000 κατοίκους οδηγεί στην μείωση του αριθμού των θανάτων από οδικά ατυχήματα**. Υψηλός αριθμός νοσοκομειακών κλινών σημαίνει ίσως ύπαρξη μεγαλύτερης διαθεσιμότητας στα νοσοκομεία για την περίθαλψη των τραυματιών, μεγαλύτερο αριθμό ιατρικού προσωπικού και ενδεχομένως καλύτερη ιατρική περίθαλψη. Επίσης ο αριθμός των νοσοκομειακών κλινών αποτελεί και δείκτη της οικονομίας μίας περιοχής. Όπως έχει αποδειχτεί από σχετικές μελέτες,

τέτοιοι δείκτες σχετίζονται με τη μείωση των οδικών ατυχημάτων και των θυμάτων σε αυτά.

6. Διαπιστώθηκε ότι **η αύξηση του ποσοστού Εργασίας οδηγεί στην αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**. Ενδεχομένως όταν υπάρχει υψηλό ποσοστό εργασίας, περισσότεροι πολίτες θα μετακινούνται να φτάσουν στον χώρο εργασίας τους (υψηλότερη έκθεση στον κίνδυνο). Δηλαδή, αυξάνονται τα οχηματοχιλιόμετρα, με αποτέλεσμα την αύξηση των ατυχημάτων και των επερχόμενων θανάτων από αυτά.
7. Στο μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης ο **Δείκτης Επίδοσης απόσπασης προσοχής προκαλεί 86 φορές μεγαλύτερη επιρροή στον αριθμό των θανάτων** ανά 100.000 σε σχέση με τον Δείκτη Επίδοσης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού. Το **ποσοστό Εργασίας** αντίστοιχα έχει **40 φορές μεγαλύτερη επιρροή**.
8. Όσον αφορά στο μοντέλο της μεθόδου DEA, παρατηρούμε ότι οι **Περιφέρειες της Κεντρικής Μακεδονίας και του Νοτίου Αιγαίου είναι οι πλέον αποδοτικές** με σκορ ίσο με 1. Οι υπόλοιπες Περιφέρειες δεν είναι αποδοτικές με τις χειρότερες από αυτές να είναι αυτή της **Πελοποννήσου με σκορ 0,55** και αυτή της **Στερεάς Ελλάδος με σκορ 0,41**
9. Η μέθοδος του **Γραμμικού Μοντέλου Παλινδρόμησης** είναι κατάλληλη για την ανάλυση της επιρροής οικονομικών, κοινωνικών και συγκοινωνιακών δεικτών στην οδική ασφάλεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Στην σύγχρονη εποχή, το όφελος της **οδικής μετακίνησης** των ανθρώπων είναι αξιοσημείωτο και είναι αναμφίβολα ένα κοινωνικό αγαθό. Οι οδικές μεταφορές αποτελούν πλέον αναπόσπαστο στοιχείο της ζωής των ανθρώπων και ορόσημο της προόδου και της εξέλιξης των κοινωνιών. Η αύξηση αυτή, της χρήσης του οδικού δικτύου, όμως επιφέρει και ταυτόχρονη αύξηση των **οδικών ατυχημάτων**, με αποτέλεσμα καθημερινές ανθρώπινες απώλειες και σοβαρούς τραυματισμούς. Τα οδικά ατυχήματα έχουν τεράστιο **κοινωνικό και οικονομικό κόστος**, γεγονός που καθιστά προτεραιότητα για κάθε χώρα τον περιορισμό τους. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, έχει αναπτυχθεί το επιστημονικό πεδίο της οδικής ασφάλειας, το οποίο στοχεύει στην μείωση των οδικών ατυχημάτων και του κινδύνου θανάτου ή σοβαρού τραυματισμού των χρηστών ενός οδικού δικτύου.

Παγκοσμίως, εκτιμάται πως περίπου **1.3 εκατομμύρια άτομα πεθαίνουν ως αποτέλεσμα οδικών ατυχημάτων κάθε χρόνο**, ενώ εκτιμάται πως χάνουν την ζωή τους ημερησίως 3.700 άτομα. Το 93% των προκληθέντων θανάτων σημειώνονται σε κράτη με χαμηλό ή μεσαίο εισόδημα και υπολογίζεται ότι τα οδικά ατυχήματα, στα περισσότερα κράτη κοστίζουν κάθε χρόνο το 3% του ΑΕΠ τους, ενώ αποτελούν την κύρια αιτία θανάτου των ατόμων ηλικίας 15 έως 29 ετών παγκοσμίως (World Health Organization, 2018). Γίνεται αντιληπτή, λοιπόν, η επιτακτική ανάγκη διερεύνησης, ελέγχου, συσχέτισης και παρακολούθησης των σοβαρών ατυχημάτων με στόχο την βελτίωση των συνθηκών οδικής ασφάλειας, τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε εθνικό επίπεδο.

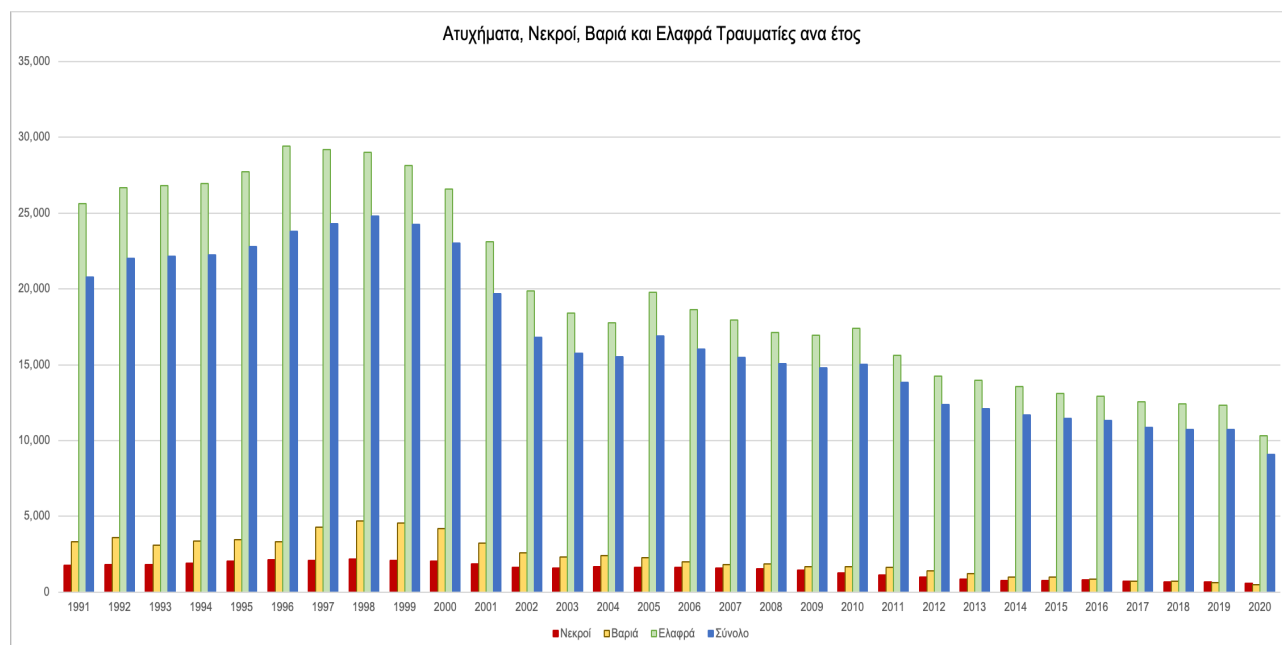
Ως **οδικό ατύχημα** ορίζεται κάθε συμβάν το οποίο συντελείται σε οδούς δημόσιας χρήσης και οφείλεται σε ένα ή περισσότερα οχήματα, εκ των οποίων τουλάχιστον ένα βρισκόταν σε κίνηση, προκαλεί δε το θάνατο ή τραυματισμό ενός ή παραπάνω ατόμων. **Θανατηφόρο** χαρακτηρίζεται το ατύχημα στο οποίο ένας ή περισσότεροι συμμετέχοντες αποβιώνουν εξαιτίας αυτού, σε διάστημα 30 ημερών από το οδικό συμβάν. Οι τραυματίες, δηλαδή τα άτομα που είτε υπέστησαν σωματική κάκωση ή βλάβη της υγείας τους, διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους **ελαφρά και τους βαριά τραυματίες**. Ως ελαφρά θεωρούνται όσοι τραυματίες αποκόμισαν απλή σωματική κάκωση χωρίς να τεθεί η ζωή τους σε κίνδυνο. Αντίθετα, βαριά τραυματίες αποτελούν τα άτομα που δέχτηκαν σοβαρή βλάβη στην υγεία τους και ως εκ τούτου, κινδυνεύουν να χάσουν τη ζωή τους ή τη διανοητική επαφή με το περιβάλλον τους.

Η Ελλάδα εμφανίζει υψηλή συχνότητα οδικών ατυχημάτων, καθώς το 2021 καταγράφηκαν 57 θάνατοι ανά εκατομμύριο πληθυσμού, ενώ ο αντίστοιχος αριθμός στις χώρες της Ευρώπης είναι μόλις 45 (European Commission, 2022). Τα οδικά ατυχήματα στη χώρα μας, αποτελούν την πρώτη αιτία θανάτου και αναπηρίας στις ηλικίες 18-44 ετών, ενώ τα τελευταία 60 χρόνια σημειώθηκαν 140.000 νεκροί και 2.000.000 τραυματίες (Ιάβερης, 2020). Την δεκαετία από το 1990 έως και το 1999 ενώ η Ευρώπη πέτυχε μείωση των θανάτων από 14% έως 45%, στην Ελλάδα παρατηρήθηκε αύξηση μέχρι και 60%, παρόλα αυτά, παρατηρείται σημαντική πτωτική τάση στα ατυχήματα από το 1991 (20.764 ατυχήματα και 1.790 νεκρούς) έως και το 2022 (11.199 ατυχήματα και 635 νεκροί) (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2023). Η Ελλάδα τη δεκαετία 2010-2020, έχει καταγράψει τη μεγαλύτερη μείωση αριθμών νεκρών από οδικά ατυχήματα, μείωση η οποία ανέρχεται στο 54%, σε σχέση με τις άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (European Transport Safety Council, 2021).



Εικόνα 1.1: Βασικοί δείκτες οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα, 2012-2021 (www.nrso.ntua.gr/data)

Ακόμα παρατηρείται μια συνεχής μείωση στα ατυχήματα τόσο τα βαριά όσο και τα ελαφριά, και στους νεκρούς και κυρίως από το 2000 και μετά, πτωτική πορεία που ανακλάται στο παρακάτω γράφημα.



Εικόνα 1.2: Αριθμός συνολικών ατυχημάτων, βαριών και ελαφριών και νεκρών 2000-2020 (ΕΛ.ΣΤΑΤ)

Το επίπεδο οδικής ασφάλειας όμως δεν είναι παρόμοιο σε όλες τις Περιφέρειες της Ελλάδος. Παρατηρούνται διακυμάνσεις στα οδικά ατυχήματα τόσο στην σοβαρότητα αυτών όσο και στον τύπο αυτών, διακυμάνσεις οι οποίες φαίνονται παρακάτω με το γράφημα που παρουσιάζει την κατάταξη των Περιφερειών της Ελλάδας αναφορικά με διαφορετικούς τύπους ατυχημάτων.

Fatality ranking



National Technical University of Athens
Road Safety Observatory

www.nrso.ntua.gr

Select a Region to learn more about road fatalities per 100k population at more disaggregate level



The total number of road fatalities per 100k population allows for some **overall comparisons** among Regions.

However, Region performance may differ significantly when **different types of road crashes** are examined.

Disaggregate data can reveal hidden road safety problems, allowing Authorities to focus on targeted road safety countermeasures.

Fatalities per 100k population: All Regions



Date: May 2023, Sources: ELSTAT, Processing: NTUA
2021 data for all Greek Regions

Εικόνα 2.1: Επιδόσεις οδικής ασφάλειας των Περιφερειών της Ελλάδας ανά τύπο ατυχήματος, 2021 (www.nrso.ntua.gr/data)

Επομένως είναι εμφανές πως έχει γίνει μια σημαντική πρόοδος από το 2000 έως και σήμερα, ώστε να επιτευχθεί η βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην χώρα μας. Όμως όπως συμπεραίνεται και με τα παραπάνω στοιχεία η οδική ασφάλεια αποτελεί θέμα μείζονος σημασίας, καθώς η εξέλιξη και η ενίσχυση της συνεπάγεται με μείωση του κινδύνου θανάτου ή σοβαρού τραυματισμού για τους χρήστες του οδικού δικτύου. Με βάση όσα αναφέρθηκαν κρίνεται αναγκαίο η **διερεύνηση και η ανάλυση των**

παραγόντων που επηρεάζουν τις απώλειες λόγω οδικών ατυχημάτων σε επίπεδο Περιφερειών, με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων τα οποία ενδεχομένως συμβάλουν στην αντιμετώπιση αυτού του κρίσιμου προβλήματος, τόσο σε επίπεδο χώρας όσο και στοχευμένα σε επίπεδο Περιφερειών.

1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί **η συγκριτική ανάλυση των επιδόσεων οδικής ασφάλειας των Περιφερειών της Ελλάδας**, με την χρήση στατιστικών μοντέλων.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει προτείνει μια νέα προσέγγιση στην πολιτική οδικής ασφάλειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη δεκαετία 2021-2030, τονίζοντας την ανάγκη θέσπισης νέων προσωρινών στόχων και καθιέρωσης μιας σειράς βασικών δεικτών επίδοσης (KPIs) για την οδική ασφάλεια σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οι οποίοι σχετίζονται άμεσα με την πρόληψη θανάτων και σοβαρών τραυματισμών σε οδικά ατυχήματα. Για την παρακολούθηση της προόδου και την καλύτερη κατανόηση των διαφορετικών ζητημάτων που επηρεάζουν τη συνολική επίδοση, έχει οριστεί ένα σύνολο δεικτών που σχετίζονται με την ασφάλεια της υποδομής, των οχημάτων, την ασφαλή χρήση της οδού (ταχύτητα, αλκοόλ, απόσπαση της προσοχής και χρήση προστατευτικού εξοπλισμού) και της αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης.

Η συλλογή των δεδομένων για αυτούς τους **βασικούς δείκτες επίδοσης (KPIs) οδικής ασφάλειας** πραγματοποιήθηκε μέσω μετρήσεων πεδίου σε όλες τις Περιφέρειες της Ελλάδας κατά την άνοιξη του 2022, με βάση το ευρωπαϊκό έργο Baseline. Παράλληλα αντλήθηκαν από τις διαθέσιμες βάσεις δεδομένων της ΕΛ.ΣΤΑΤ και της EUROSTAT, δεδομένα και πληροφορίες για την κάθε Περιφέρεια, που αφορούν κοινωνικά, οικονομικά, κυκλοφοριακά και υγειονομικά χαρακτηριστικά της καθεμίας. Στόχος είναι η συσχέτιση και η μελέτη της επιρροής των παραπάνω χαρακτηριστικών στην οδική ασφάλεια.

Αναλυτικότερα, η παρούσα Διπλωματική Εργασία έχει δύο επιμέρους στόχους. Αρχικώς, επιδιώκεται η εύρεση κατάλληλου **μαθηματικού μοντέλου** ώστε να προβλεφθούν τα θανατηφόρα ατυχήματα ανά περιφέρεια με βάση τους δείκτες επίδοσης (KPIs), κοινωνικοοικονομικούς, δημογραφικούς, και συγκοινωνιακούς δείκτες. Για τον σκοπό αυτό, αναπτύχθηκαν στατιστικά μοντέλα Γραμμικής Παλινδρόμησης με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R. Δεύτερο επιμέρους στόχο αποτελεί η συγκριτική αξιολόγηση και κατάταξη των Περιφερειών με βάση τις επιδόσεις τους στην οδική ασφάλεια. Η αξιολόγηση αυτή πραγματοποιείται μέσω της μεθόδου **Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (Data Envelopment Analysis-DEA)** με τη χρήση γλώσσας προγραμματισμού R, ώστε να ληφθούν υπόψη πολλαπλοί παράγοντες στην κατάταξη.

Κατά συνέπεια, με τις παραπάνω αναλύσεις θα προκύψουν μοντέλα που θα μας βοηθήσουν να κατατάξουμε τις Περιφέρειες με βάση την απόδοσή τους στην οδική ασφάλεια. Με τον τρόπο αυτό επιδιώκεται η απόκτηση επαρκέστερης και σφαιρικότερης κατανόησης του προβλήματος της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα, με απώτερο σκοπό την καλύτερη αντιμετώπιση των ατυχημάτων, λαμβάνοντας υπόψιν τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των περιοχών στην αξιολόγηση της εξέλιξης της επίδοσης της οδικής ασφάλειας και στην χάραξη κατάλληλης στρατηγικής για κάθε Περιφέρεια.

1.3 Μεθοδολογία

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται επιγραμματικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας και την επίτευξη των παραπάνω στόχων.

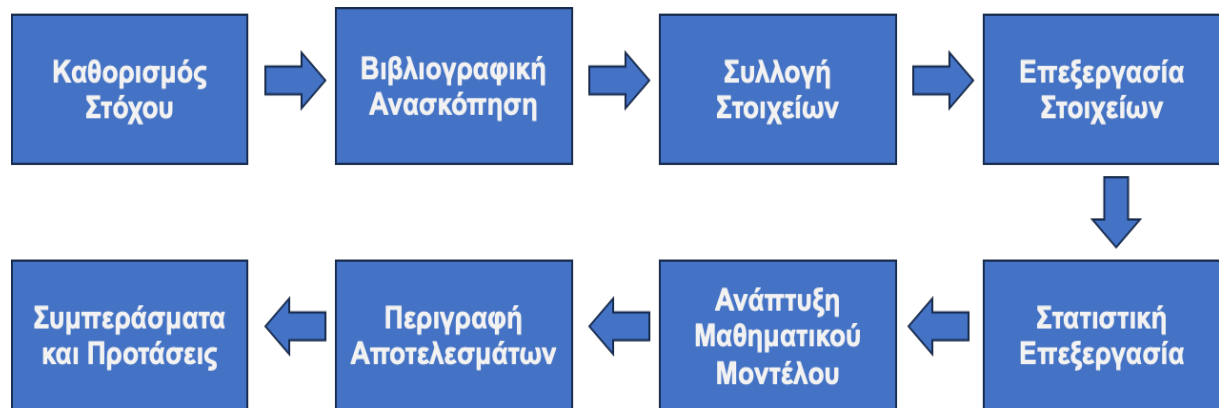
Αρχικά μετά την οριστικοποίηση του θέματος και του επιδιωκόμενου στόχου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, πραγματοποιήθηκε η **βιβλιογραφική ανασκόπηση** και αναζήτηση των σχετικών ερευνών, διεθνών και μη, αντικείμενο μελετών συναφές με την παρούσα διπλωματική, με σκοπό τον εντοπισμό ζητημάτων, καθώς και ο τρόπος ανάλυσής τους.

Την ολοκλήρωση της αναζήτησης βιβλιογραφικών αναφορών, ακολούθησε η εύρεση και η **συλλογή των στοιχείων** και η ανάλυση τους. Ένα μέρος των δεδομένων συλλέχθηκαν την άνοιξη του 2022, στις Περιφέρειες της Ελλάδος από μία ερευνητική ομάδα, αρμόδια στο πεδίο, και στην συνέχεια καταγράφηκαν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η μέθοδος που επιλέχθηκε ήταν η «μέθοδος παρατήρησης στην οδό». Με τον τρόπο αυτό έγινε η συλλογή και ο υπολογισμός των βασικών δεικτών επίδοσης (KPIs) για τις περιφέρειες της Ελλάδος, οι οποίοι αφορούν την χρήση ζώνης ασφαλείας, την χρήση κράνους, την συμμόρφωση στα όρια ταχύτητας και την απόσπαση της προσοχής των οδηγών. Το υπόλοιπο μέρος των δεδομένων (πληθυσμός, ΑΕΠ, ανεργία, στόλος οχημάτων, κ.ο.κ) αντλήθηκαν από ψηφιακές πλατφόρμες και βάσεις δεδομένων (π.χ. ΕΛ.ΣΤΑΤ., EUROSTAT) και ακολούθησε η εισαγωγή τους στο Microsoft Excel ως βάση δεδομένων.

Στη συνέχεια, ακολούθησε η **επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας** για την ανάλυση των δεδομένων καθώς και η **επεξεργασία τους** για να αποκτήσουν την τελική μορφή έτσι ώστε να εισαχθούν στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, δηλαδή την γλώσσα προγραμματισμού R. Με την πραγματοποίηση αρκετών δοκιμών και επαναλήψεων αναπτύχθηκε τελικά, το κατάλληλο μαθηματικό μοντέλο παλινδρόμησης, με το οποίο προκύπτουν σαφή και σημαντικά αποτελέσματα για τη συγκριτική ανάλυση της οδικής ασφάλειας. Ακολούθως, εφαρμόστηκε η μέθοδος Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (Data Envelopment Analysis-DEA) για την κατάταξη με βάση

την τελική αποδοτικότητα της κάθε Περιφέρειας λαμβάνοντας υπόψιν πολλαπλούς παράγοντες.

Τελικό στάδιο αποτέλεσε η **περιγραφή και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων** του μαθηματικού μοντέλου γραμμικής Παλινδρόμησης και του μοντέλου της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων και η εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με την αξιολόγηση των Περιφερειών ως προς την οδική ασφάλεια. Τα παραπάνω βήματα της μεθοδολογίας απεικονίζονται στο διάγραμμα ροής σταδίων που ακολουθεί.



Διάγραμμα 1.1: Διάγραμμα ροής σταδίων

1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Το **πρώτο κεφάλαιο** αποτελεί την εισαγωγή της διπλωματικής εργασίας και έχει ως στόχο να παρουσιάσει στον αναγνώστη το γενικότερο πλαίσιο του αντικείμενου με το οποίο ασχολείται. Περιγράφονται οι ορισμοί των ατυχημάτων, των θανάτων και των τραυματισμών από τα οδικά ατυχήματα και παρουσιάζεται η οδική ασφάλεια και ο δείκτης ατυχημάτων στην Ελλάδα.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** γίνεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών, σχετικές με το παρόν αντικείμενο καθώς και αντίστοιχες μεθοδολογίες. Στην συνέχεια, γίνεται σύνοψη των μεθοδολογιών που χρησιμοποιήθηκαν και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.

Το **τρίτο κεφάλαιο** αποτελεί το θεωρητικό υπόβαθρο και βασίζεται στην ανάλυση στοιχείων. Αναλυτικότερα, αναφέρονται τα κριτήρια επιλογής στατιστικού μαθηματικού μοντέλου, στην προκειμένη περίπτωση για την γραμμική παλινδρόμηση. Επιπλέον, επεξηγείται το θεωρητικό υπόβαθρο της μεθόδου Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (Data Envelopment Analysis) για την αξιολόγηση ασφάλειας και αποδοτικότητας των Περιφερειών.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** επιδεικνύεται η διαδικασία συλλογής των στοιχείων από βάση δεδομένων, καθώς και η επεξεργασία τους. Επιπλέον, περιγράφεται η κωδικοποίηση τους μέσω του Microsoft Excel και ο τρόπος εισαγωγής στον κώδικα που θα χρησιμοποιηθεί μέσω λογισμικού στατιστικής ανάλυσης R.

Ακολουθεί το **πέμπτο κεφάλαιο**, όπου αναλύεται λεπτομερώς η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε και η εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων. Σε πρώτο στάδιο, παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου μαζί με τους στατιστικούς ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν για την αποδοχή του μοντέλου. Παράλληλα, αναλύονται τα στοιχεία εισόδου και εξόδου της μεθόδου DEA και τα αποτελέσματα αυτής, τα οποία παρουσιάζονται σε σχετικούς πίνακες. Ακόμη παρουσιάζονται τα τελικά αποτελέσματα, τα οποία συνοδεύονται από τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις και τη περιγραφή τους, έτσι ώστε να γίνουν πιο εύκολα αντιληπτά.

Στο **έκτο κεφάλαιο** παρατίθενται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ερμηνεία των μαθηματικών μοντέλων, που αναπτύχθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, καθώς και προτείνονται κάποιες λύσεις που αφορούν την εκπλήρωση της διπλωματικής.

Στο τελευταίο και **έβδομο κεφάλαιο** αναφέρονται οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα Διπλωματική Εργασία. Πρόκειται ουσιαστικά για μία λίστα με όλες τις έρευνες και τις ιστοσελίδες που αποτέλεσαν πηγή για τη συγγραφή της παρούσας Εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο περιλαμβάνει τη **βιβλιογραφική ανασκόπηση**, η οποία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Συγκεκριμένα αναλύονται άρθρα και έρευνες, το αντικείμενο των οποίων παρουσιάζει συνάφεια με το υπό μελέτη θέμα της Διπλωματικής Εργασίας, όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, και την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Το κεφάλαιο χωρίζεται σε δύο ενότητες, με την πρώτη ενότητα να παρουσιάζει έρευνες οι οποίες συσχετίζουν κοινωνικό-οικονομικούς παράγοντες με τα οδικά ατυχήματα σε διεθνές και εθνικό επίπεδο, ενώ έμφαση δίνεται και σε μακροσκοπικές μελέτες που διερευνούν το ζήτημα της οδικής ασφάλειας σε τοπικό επίπεδο (περιφέρειες, πόλεις), καθώς και στις τυχόν διαφορετικές παραμέτρους που επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα. Η δεύτερη ενότητα αφορά έρευνες για την μέθοδο Data Envelopment Analysis και τον τρόπο κατάταξης επιδόσεων που προκύπτει από τα μοντέλα της.

2.2 Μελέτες συσχέτισης των οδικών ατυχημάτων με οικονομικούς παράγοντες

Ένας σημαντικός αριθμός προηγούμενων μελετών χρησιμοποίησαν δημογραφικούς και οικονομικούς παράγοντες, για να εξηγήσουν τις συνέπειες οδικών ατυχημάτων, όπως ο αριθμός των θανάτων σε μια περιοχή, αποδεικνύοντας την συσχέτιση μεταξύ των ποσοστών θνησιμότητας των οδικών ατυχημάτων και των κοινωνικο-οικονομικών δεδομένων. Για παράδειγμα, η Partyka (1984) χρησιμοποίησε τον πληθυσμό, το εργατικό δυναμικό και την ανεργία για να προβλέψει τα τροχαία ατυχήματα, ο Wagenaar (1984) επιχείρησε να συνδέσει τη συχνότητα των οδικών ατυχημάτων με τις επιπτώσεις μακροοικονομικών συνθηκών, διαπιστώνοντας την συσχέτιση μεταξύ ποσοστού ανεργίας και οδικών ατυχημάτων. Ο Ruhm (2000), διερεύνησε πώς σχετίζονται τα ποσοστά ανεργίας και τα οδικά ατυχήματα, διαπιστώνοντας πως για τα δεδομένα σε επίπεδο πολιτείας στις ΗΠΑ, **ότι η υψηλότερη ανεργία συνεπάγεται με χαμηλότερο ποσοστό θανάτων από οδικά ατυχήματα**. Άλλες έρευνες εξέτασαν την ιατρική περίθαλψη (Noland, 2003a), τις υποδομές (Noland, 2003b), και την οικονομική ανάπτυξη (Koppits and Cropper, 2008; Koppits and Cropper, 2005). Σύμφωνα με τον Niclas A. Krüger (2012) διαπιστώθηκε πως ο αριθμός θανάτων από οδικά ατυχήματα αυξάνεται τόσο για την κατά κεφαλήν όσο και για το ανά άτομο χιλιομετρική απόσταση που διανύθηκε κατά την διάρκεια περιόδων οικονομικής ανθής. Αυτό υποδηλώνει ότι ο κίνδυνος θανάτου αυξάνεται όχι μόνο λόγω της αυξημένης χιλιομετρικής απόστασης, αλλά χρησιμοποιώντας δεδομένα, διαπιστώθηκε ότι ο αριθμός των θανατηφόρων ατυχημάτων μειώνονται με την ανεργία, ενώ τα ατυχήματα αυξάνονται με την αύξηση του αριθμού των οχημάτων σε κυκλοφορία. Παρόμοια διαπίστωση πραγματοποίησε και ο Kweon (2015), καθώς σε ερευνά του βρέθηκε σημαντική

συσχέτιση μεταξύ οδικών ατυχημάτων και ποσοστών ανεργίας και του Δείκτη Τιμών Καταναλωτή.

Το (1986), οι Jacobs και Cutting διερεύνησαν τις σχέσεις ανάμεσα στον αριθμό των νεκρών ανά 10.000 οχήματα, τον αριθμό των τραυματιών ανά 10.000 οχήματα και το ποσοστό των νεκρών ως προς το σύνολο των τραυματιών και με διάφορους κοινωνικοοικονομικούς και συγκοινωνιακούς παράγοντες σε 10 αναπτυγμένα και 20 αναπτυσσόμενα κράτη. Οι παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π, ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων, η πυκνότητα του οδικού δικτύου, η πυκνότητα των οχημάτων ανά χιλιόμετρο δικτύου, ο πληθυσμός που αναλογεί ανά γιάτρο και ο πληθυσμός ανά νοσοκομειακή κλίνη. Από τη μελέτη συμπεραίνεται πως το ποσοστό των νεκρών ως προς το σύνολο των τραυματιών σχετίζεται όχι μόνο με τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων, αλλά και με το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π, την πυκνότητα των οχημάτων και τον πληθυσμό ανά νοσοκομειακή κλίνη.

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

Ο Clark D. (2003) διερεύνησε την επιρροή της πυκνότητας του πληθυσμού στον αριθμό των θανάτων ύστερα από οδικά ατυχήματα. Για την έρευνα του χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από 190.721 ατυχήματα για την περίοδο 1994-1998, τα οποία κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με το πληθυσμό της τοποθεσίας του ατυχήματος (μεγαλύτερος ή μικρότερος από 25 χιλιάδες) και την πυκνότητα του πληθυσμού της περιοχής κατοικίας του οδηγού, ενώ παράλληλα, κατηγοριοποιήθηκαν βάσει ηλικίας, χρήση ζώνης ασφαλείας και ταχύτητα οχήματος. Πραγματοποιήθηκε χρήση αναλυτικών μεθόδων για στρωματοποιημένα και σταθμισμένα δεδομένα έρευνας έτσι ώστε να βρεθούν οι τελικές επιδράσεις θνησιμότητας. Τελικά αποδείχθηκε ότι η θνησιμότητα από οδικά ατυχήματα ήταν υψηλότερη σε περιοχές με πληθυσμό μικρότερο από 25.000 κατοίκους και αντιστρόφως ανάλογη με την πυκνότητα πληθυσμού της περιοχής που κατοικούσε ο οδηγός. Ακόμη, η ηλικία, η ζώνη ασφαλείας και η ταχύτητα του οχήματος επηρεάζουν σημαντικά τη θνητότητα, ενώ ο αυξημένος κίνδυνος των κατοίκων αστικών περιοχών να πεθάνουν από οδικό ατύχημα μπορεί, τέλος, να αποδοθεί και σε μετα-τραυματικούς παράγοντες.

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

Το (2009) δημοσιεύθηκε η έρευνα των Sánchez-Mangas R., García-Ferrrer A., de Juan A. και Arroyo αναφορικά με την πιθανότητα θνησιμότητας στα οδικά ατυχήματα και τη σημασία της γρήγορης ιατρικής ανταπόκρισης. Σύμφωνα με την έρευνα, ο αριθμός των θανάτων σε οδικά ατυχήματα στην Ισπανία υπερβαίνει τους τρεις χιλιάδες ανθρώπους κάθε χρόνο. Οι δημόσιες αρχές έχουν εφαρμόσει ορισμένες πολιτικές με στόχο τη μείωση αυτού του αριθμού. Μεταξύ αυτών, βρίσκονται η βελτίωση των προτύπων ορθής οδικής κυκλοφορίας και ορισμένες νομικές αλλαγές που ενθαρρύνουν την προσεκτική οδική συμπεριφορά. Ωστόσο, λιγότερη προσοχή έχει δοθεί στην ταχεία ιατρική περίθαλψη έκτακτης ανάγκης, η οποία μπορεί να είναι κρίσιμη για τη μείωση του αριθμού των θανατηφόρων ατυχημάτων. Στην εργασία αυτή, χρησιμοποιήθηκε δείγμα περισσότερων των 1.400 ατυχημάτων που σημειώθηκαν στην Ισπανία τον Μάιο του 2004. Στόχος είναι η ανάλυση του βαθμού στον οποίο η μείωση του χρονικού διαστήματος μεταξύ της σύγκρουσης και της άφιξης των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης στη σκηνή σύγκρουσης σχετίζεται με χαμηλότερη πιθανότητα θανάτου. Τα αποτελέσματά υποδηλώνουν ότι **η μείωση του ιατρικού χρόνου απόκρισης των 10 λεπτών μπορεί στατιστικά να συνδυαστεί με μια μέση μείωση της πιθανότητας θανάτου κατά ένα τρίτο**, τόσο σε αυτοκινητόδρομους όσο και σε συμβατικές οδούς.

Σύμφωνα με μια ακόμα ελληνική έρευνα των Γιαννής, Παπαδημητρίου και Φώλλα (2014), τα τελευταία χρόνια οι νεκροί από οδικά ατυχήματα παρουσιάζουν σημαντικές ετήσιες μειώσεις σε πολλές αναπτυγμένες χώρες, μειώσεις που δεν οφείλονται σε καμία περίπτωση σε πολιτικές προσπάθειες. Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα τα στοιχεία του κατά κεφαλή ΑΕΠ και των ποσοστών των νεκρών από 27 Ευρωπαϊκές χώρες για τα έτη 1975 έως 2011, με σκοπό την ανάπτυξη μεικτών γραμμικών μοντέλων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν ότι μια ετήσια αύξηση του κατά κεφαλή ΑΕΠ οδηγεί σε μια ετήσια αύξηση των νεκρών, και αντίστροφα. Τα αποτελέσματα συνολικά είναι στατιστικά σημαντικά για όλες τις χώρες, είτε αυτές είναι από Ανατολική, Δυτική, Βόρεια, Νότια ή Κεντρική Ευρώπη. Έτσι λοιπόν, η βελτίωση του επιπέδου της ευημερίας της κάθε χώρας μπορεί να προκαλέσει αντίστοιχη αύξηση του ΑΕΠ, με αποτέλεσμα την αύξηση των νεκρών από οδικά ατυχήματα. Αντίθετα, μια μείωση του ΑΕΠ λόγω κοινωνικών και οικονομικών παραγόντων, όπως για παράδειγμα οι οικονομικές υφέσεις και οι πολιτικές αλλαγές σε χώρες της Κεντρικής

και Ανατολικής Ευρώπης στις αρχές του 1990, επιδρά θετικά στη μείωση του ετήσιου ποσοστού του αριθμού των νεκρών.

Σε μία ακόμα έρευνα, οι Nikolaou et al., (2021), διερεύνησαν την επιρροή κοινωνικό-οικονομικών και συγκοινωνιακών δεικτών στις επιδόσεις οδικής ασφάλειας σε χώρες της Ευρώπης κατά την περίοδο της οικονομικής κρίσης. Για την ανάλυση αυτή, αναπτύχθηκε μία βάση δεδομένων που περιελάμβανε στοιχεία για τον δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI), τις αυτοκτονίες, τα διανυόμενα επιβατοχιλιόμετρα και τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα για τα κράτη της Ευρώπης τη χρονική περίοδο 2006-2015. Εφαρμόστηκαν Γραμμικά Μικτά Μοντέλα τόσο για το σύνολο των κρατών όσο και για τις ομάδες κρατών που επιλέχθηκαν (χαμηλή οικονομική επίδοση, μεγάλες χώρες, υψηλή οικονομική επίδοση). Τα αποτελέσματα οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι **ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) έχει την μεγαλύτερη επιρροή και διαπιστώθηκε ότι η αύξηση του συσχετίζεται με τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**. Επιπλέον, η εξέλιξη της οικονομίας επιδρά στην εξέλιξη των οδικών ατυχημάτων περισσότερο από τους κοινωνικούς και τους συγκοινωνιακούς δείκτες. Μετά την οικονομική κρίση η επίδραση της οικονομίας είναι ακόμα μεγαλύτερη. Όσον αφορά στα διανυόμενα επιβατοχιλιόμετρα, παρατηρείται αύξηση της σχετικής επιρροής στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα την περίοδο μετά την οικονομική κρίση.

Κατά τη διάρκεια του 1988, ένα μεγάλο ποσοστό θανάτων, συγκεκριμένα το 53%, αφορούσαν ατυχήματα με μηχανοκίνητα οχήματα σε ηλικίες 15 έως 19 ετών. Το 1990 η YRBS, εθνική έρευνα κινδύνων νέων, χρησιμοποίησε ένα σχέδιο τριών σταδίων, το οποίο εφαρμόστηκε σε 50 πολιτείες, κατά το οποίο οι μαθητές ερωτήθηκαν πόσο συχνά φορούσαν ζώνη ή κράνος ως επιβάτες οχήματα Ι.Χ. ή σε μοτοσυκλέτες και ποδήλατα αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε ότι το ένα τέταρτο όλων των μαθητών, ήταν εκείνοι που χρησιμοποιούσαν πάντα τη ζώνη, ενώ το 13% δήλωσε πως δεν την φορούσε ποτέ. Ακόμη, μόνο το 2% δήλωσε πως φορούσε πάντα κράνος ή έστω τις περισσότερες φορές με τη χρήση του ποδηλάτου. Η μη χρήση ζώνης αποτελεί από τους σημαντικότερους παράγοντες για την εμφάνιση θανάτων. Ειδικότερα, η Εθνική Διοίκηση Ασφάλειας Οδικής Κυκλοφορίας (NHTSA), εκτιμά ότι η χρήση της μείωσε τον κίνδυνο θανατηφόρου ατυχήματος έως και 50% ή και την αποφυγή σοβαρού τραυματισμού. Από το έτος 1979 μέχρι και το 1986, το 12% από 47.000 θανάτους σχετιζόταν με την οδήγηση δίκυκλων οχημάτων και το 50% λόγω σοβαρών τραυματισμών στο κεφάλι (MMWR,1992). Αντίστοιχα, **τα κράνη μειώνουν τον κίνδυνο σε σύγκρουση ή πτώση από τη μοτοσυκλέτα με το ποσοστό αυτό να κυμαίνεται από 28% - 73%** και αντίστοιχα για τους ποδηλάτες άγγιζε το 85%. Παρόλα αυτά, αν και πλέον η χρήση ζώνης ασφαλείας και κράνος είναι υποχρεωτική, τόσο ως προς τους επιβάτες όσο και για αυτούς τα πίσω καθίσματα, και η παραβίαση του τιμωρείται από το νόμο, το New Hampshire αποτελεί τη μοναδική πολιτεία της Αμερικής όπου η χρήση ζώνης από ενήλικας ένα μηχανοκίνητο όχημα δεν είναι απαραίτητη. Αντίστοιχη περίπτωση για τη χρήση κράνους παρατηρείται τόσο στο New Hampshire όσο και στο Illinois και στην Iowa. Κριτήριο για αυτή την απόφαση, αποτελεί όχι η ασφάλεια, αλλά η προσωπική επιλογή των οδηγών (Christensen, 2022).

Έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Yannis G., Laiou, A., Vardaki, S., Paradimitriou, E., Dragomanovits, A., & Kanellaidis, G. (2012), αναφερόταν στους αναβάτες δίκυκλων οχημάτων. Σε παγκόσμιο επίπεδο, παρατηρείται αυξητική τάση στον αριθμό και τη χρήση των μοτοσικλετών και αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερη πιθανότητα για εμπλοκή σε ατύχημα. Εξαιτίας της έλλειψης κατάλληλου εξοπλισμού, οι νεκροί μοτοσικλετιστές ανέρχονται στο 18% των θανάτων. Ιδιαίτερα **στις Ευρωπαϊκές χώρες οι θάνατοι, λόγω τραυματισμού στο κεφάλι, φτάνουν το 75%, ενώ η χρήση κράνους μειώνει το ποσοστό αυτό κατά 42%**. Εκτιμάται ότι το εθνικό ποσοστό χρήσης κράνους, παραμένει υψηλό για χώρες όπως η Γαλλία, η Τσεχία και Γερμανία (~95%), αλλά παρουσιάζει πτώση για την Ιταλία και την Κύπρο. Στην Ελλάδα παρατηρείται αύξηση του ποσοστού των νεκρών αλλά και των τραυματιών οδηγών, ανά χρονιά. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να αποδειχθούν πολύ χρήσιμα για τον προσδιορισμό του προβλήματος, δεδομένου ότι η μη χρήση κράνους αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους λόγους που η Ελλάδα παρουσιάζει χαμηλές επιδόσεις οδικής ασφάλειας, σε σχέση με τα άλλα Ευρωπαϊκά κράτη.

Ακόμα μια έρευνα των Wilson F. και Stimpson J. το (2013) εξέτασε την επιρροή της απόσπασης προσοχής των οδηγών στα οδικά ατυχήματα. Συλλέχθηκαν δεδομένα από το Σύστημα Αναφοράς Ανάλυσης Θανατηφόρων Ατυχημάτων (FARS) το οποίο καταγράφει όλους τους θανάτους από οδικά ατυχήματα που σημειώθηκαν σε δημόσιους δρόμους στις Ηνωμένες Πολιτείες από το 1999 έως το 2008. Στην συνέχεια μελετήθηκαν οι τάσεις στα θανατηφόρα ατυχήματα κατά την οδήγηση με απόσπαση προσοχής, τα χαρακτηριστικά των οδηγών και τα χαρακτηριστικά των συγκρούσεων και οι τάσεις στη χρήση κινητών τηλεφώνων και τον όγκο μηνυμάτων. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Multivariate Regression Analysis για να υπολογιστεί η σχέση μεταξύ των θανατηφόρων ατυχημάτων κατά την οδήγηση σε κατάσταση αποσπασμένης προσοχής. Αποτέλεσμα αυτής της έρευνα είναι η διαπίστωση πως μετά την μείωση των **θανάτων από αποσπασματική οδήγηση** από το 1999 έως το 2005, ακολούθησε μια **αύξηση μετά το 2005, της τάξεως του 28%**, αυξάνοντας τους θανάτους από 4.572 σε 5.870 θανάτους το 2008. Τα ατυχήματα αφορούσαν όλο και περισσότερο άνδρες οδηγούς που οδηγούσαν μόνοι τους σε συγκρούσεις με εμπόδια στο δρόμο σε αστικές περιοχές, ενώ με την χρήση πολυμεταβλητών αναλύσεων εκτιμήθηκε πως η αύξηση του όγκου γραπτών μηνυμάτων είχε ως αποτέλεσμα περισσότερους από 16.000 επιπλέον θανάτους από οδικά ατυχήματα κατά την χρονική περίοδο 2001 έως 2007.

2.3 Μέθοδος DEA

Η μέθοδος DEA αναπτύχθηκε από Charnes, Cooper, and Rhodes το (1978) ως τρόπος εμπειρικών εκτιμήσεων που λαμβάνει υπόψιν πολλαπλές μεταβλητές inputs/outputs. Σκοπός της μεθόδου αποτελεί η ανάλυση σχετικών βαθμών αποδοτικότητας των ομογενών DMU's (decision-making units) ή αλλιώς των κρατών. Η DEA βασίζεται στην εξής παραδοχή: αν μία DMU αποδίδει (output productivity) σε ένα συγκεκριμένο βαθμό με βάση συγκεκριμένα ανεξάρτητες μεταβλητές ως inputs τότε άλλες DMU's αντίστοιχης κλίμακας θα αποδώσουν το ίδιο. Έτσι, με την εύρεση των «καλύτερων» DMUs (μεγαλύτερη αποδοτικότητα) μπορεί να τεθεί μία βάση αναφορά για την κατάταξη των υπόλοιπων DMUs. Με σκοπό την διερεύνηση θεμάτων που αφορούν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία θα παρουσιαστεί μία σύντομη επεξήγηση βασικών μοντέλων DEA. Θεωρούμε σύνολο DMUs με διαφορετικά inputs και πλήθος διαφορετικών outputs. Η σχετική αποδοτικότητα ενός DMU ορίζεται ως το κλάσμα των συνολικών σταθμισμένων outputs προς το σύνολο των σταθμισμένων inputs. Η αποδοτικότητα βρίσκεται μεγαλύτερη του μηδενός και μικρότερη του ενός. Οι βαρύτητες μίας μεταβλητής (input/output) επιλέγονται ώστε να μεγιστοποιείται η συνάρτηση αποδοτικότητας για κάθε ξεχωριστό DMU τηρώντας ταυτόχρονα την απαίτηση για αποδοτικότητα μικρότερη του μηδενός. Αν ένα DMU έχει αποδοτικότητα ίση με το ένα τότε θεωρούμε πως αυτό είναι «αποδοτικό». Σε περίπτωση που το DMU έχει αποδοτικότητα μικρότερη του ενός θεωρείται πως είναι «μη αποδοτικό». Εφόσον τα προβλήματα αυτά είναι γραμμικά, υπάρχει δυαδικότητα και έτσι ένα πρόβλημα μεγιστοποίησης μπορεί να θεωρηθεί πρόβλημα αντίστοιχα ως πρόβλημα ελαχιστοποίησης. Στόχος επίλυσης της ανίσωσης είναι η διερεύνηση της αποδοτικότητας ενός DMU εξετάζοντας αν ο συνδυασμός των διαφορετικών inputs απομειώνει τον συνδυασμό των outputs

Σύμφωνα με την έρευνα των **Egilmez G.& McAvoy D. (2013)**, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο DEA με σκοπό την αξιολόγηση της σχετικής αποδοτικότητας και παραγωγικότητας των 50 Πολιτειών των Η.Π.Α. στη μείωση των αριθμών των νεκρών από οδικά ατυχήματα. Πέντε μεταβλητές προστέθηκαν για την παραγωγή ενός ενιαίου σκόρ οδικής ασφάλειας μοντέλου DEA, με μοναδική μεταβλητή εξόδου τα θανατηφόρα ατυχήματα. Για τις συγκεκριμένες μεταβλητές κρίθηκε κατάλληλη και επιλέχθηκε η περίοδος 2002-2008 λόγω της ύπαρξης δεδομένων. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι υπάρχει μια πτωτική τάση της τάξεως του -0,2% που βοηθάει στην ελαχιστοποίηση των νεκρών στις Η.Π.Α., γεγονός που αποδίδεται στη συνεχή τεχνολογική ανάπτυξη. Συμπεραίνουμε ότι παρά την παρατηρούμενη μειωτική τάση στους νεκρούς από οδικό ατύχημα, η αποδοτικότητα των πολιτειών στο μηδενισμό των νεκρών αυτών είναι ακόμα πολύ μακρινός στόχος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με πολιτικές που θα αυξήσουν τη χρήση ζώνης των επιβατών των οχημάτων και θα βελτιώσουν την κατάσταση των οδοστρωμάτων.

Το (2010) οι Shen Y , Hermans E., Ruan D., Vanhoof K., Brijs T. & Wets G. για την έρευνά τους χρησιμοποίησαν την μέθοδο DEA με σκοπό να υπολογιστεί η παραγωγικότητα. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την αποσύνθεση της παραγωγικότητας σε δύο επιμέρους στοιχεία, την αλλαγή στην αποδοτικότητα και την τεχνική αλλαγή. Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε ένα μοντέλο εισόδου-εξόδου με δεδομένα οδικής ασφάλειας έτσι ώστε να αξιολογηθούν οι αλλαγές στις επιδόσεις της οδικής ασφάλειας των 26 Ευρωπαϊκών χωρών για την χρονική περίοδο μεταξύ 2000 έως το 2007 βάσει ενός δείκτη παραγωγικότητας. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν σημαντική πρόοδο στην οδική ασφάλεια των περισσότερων πολιτειών για τη συγκεκριμένη υπό μελέτη περίοδο. Ακόμη, η αποσύνθεση αποκαλύπτει πως ο όγκος της βελτίωσης αποκτήθηκε με την υιοθέτηση νέων στρατηγικών και τεχνολογιών οδικής ασφάλειας και όχι λόγω της αλλαγής αποδοτικότητας των ανεπαρκών χωρών, δηλαδή τη σταδιακή βελτίωση των ανεπαρκών χωρών μέχρι να φτάσουν στο επίπεδο επάρκειας των ήδη αποδοτικών χωρών.

Μια ακόμη έρευνα που δημοσιεύτηκε το (2015) από τους Bastos J., Shen Y., Brijs T. , Wets G., Clóvis A., Ferraz P. έκανε χρήση της μεθόδου DEA ώστε να γίνει συγκριτική ανάλυση των δεικτών θανάτων από οδικά ατυχήματα στις πολιτείες της Βραζιλίας. Η ευρεία οικονομική ανάπτυξη της Βραζιλίας την τελευταία δεκαετία και η επακόλουθη έκρηξη στην αυτοκίνηση έχουν προκαλέσει ένα ανεπιθύμητο αποτέλεσμα, την αύξηση των θυμάτων από οδικά ατυχήματα. Με στόχο να συμβάλει στη διάγνωση της οδικής ασφάλειας σε εθνικό επίπεδο, η συγκεκριμένη έρευνα παρουσιάζει δύο κύριους δείκτες που είναι διαθέσιμοι στην χώρα: το ποσοστό θνησιμότητας (εκφρασμένο σε νεκρούς κατά κεφαλή) και το ποσοστό των θανάτων (εκφρασμένο με δύο υποδείκτες, τους νεκρούς ανά όχημα και τους νεκρούς ανά οχηματοχιλιόμετρα που διανύθηκαν). Αυτοί οι δείκτες αθροίστηκαν σε ένα μικτό δείκτη με τη μέθοδο πολλαπλών επιπέδων της DEA και δημιουργήθηκε ένα σύνθετο μοντέλο. Το μοντέλο αυτό αναζητά τον βέλτιστο συνδυασμό των στατιστικών βαρών των δεικτών για κάθε μεταβλητή, στην περίπτωση της παρούσας έρευνας καθεμιά από τις 27 πολιτείες της Βραζιλίας. Κάθε δείκτης σκορ αναπαριστάνει την απόδοση οδικής ασφάλειας μιας πολιτείας και με βάση αυτό γίνεται η κατάταξή τους. Οι συγγραφείς της έρευνας καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι συνδυάζοντας τους δείκτες θνησιμότητας και εφαρμόζοντας συγκεκριμένες διαδικασίες, μπορούν να καταλήξουν σε αξιόπιστα αποτελέσματα κατάταξης, αποτελέσματα που προσφέρουν χρήσιμη βοήθεια στην οργάνωση της οδικής ασφάλειας στη χώρα.

Μία άλλη επίσης έρευνα του (2017) των Behnood H., Ayati E., Brijs T. & Pirayesh M. χρησιμοποίησε την μέθοδο της DEA για να αναπτύξει ένα υποστηρικτικό σύστημα για τους υπεύθυνους θέσπισης των πολιτικών αρχών της οδικής ασφάλειας με σκοπό να παρθούν οι σωστές αποφάσεις στον προγραμματισμό της οδικής ασφάλειας βάσει της αποδοτικότητας των προηγουμένως εφαρμοσμένων μέτρων ασφαλείας. Τα μετρά που λήφθηκαν υπόψη για κάθε περιοχή στην έρευνα περιλαμβάνουν δείκτες επίδοσης που αφορούν επιχειρήσεις αστυνομίας, επικίνδυνες θέσεις, εγκαταστάσεις υποστήριξης αυτοκινητοδρόμων, κάμερες ελέγχου ταχύτητας, υπηρεσίες επείγουσας ιατρικής βοήθειας καθώς και έργα φωτισμού της οδού. Για το λόγο αυτό, ένα μέγεθος της ανεπάρκειας υπολογίζεται, το οποίο καθορίζεται από την αναλογία των νεκρών από οδικά ατυχήματα σε σχέση με το συνδυασμό των δεικτών επίδοσης που αναφέρθηκαν, με στόχο την ελαχιστοποίηση του. Η μοντελοποίηση της σχετικής ανεπάρκειας κάθε περιοχής πραγματοποιήθηκε με τη χρήση DEA, η οποία ακολουθεί μια διαδικασία καθορισμού στόχου και κατάταξης. Στην συνέχεια, ένα σύστημα τυχαίας επιλογής απόφασης κατασκευάστηκε έτσι ώστε να μετατραπούν οι πληροφορίες της DEA σε ένα σύστημα κανόνων το οποίο θα χρησιμοποιούν οι υπεύθυνοι για να αξιολογήσουν τα πιθανά αποτελέσματα μιας ενδεχόμενης νέας στρατηγικής στην οδική ασφάλεια. Συνεπώς, με τη χρήση της μεθόδου DEA και των διαδικασιών της, οι υπεύθυνοι για τις πολιτικές οδικής ασφάλειας μπορούν να αναλύσουν πολλές διαφορετικές στρατηγικές, προτού πάρουν την τελική τους απόφαση.

Τέλος οι Kang L. & Wu C. σε ερευνά τους το (2021) ανέδειξαν μία προσέγγιση στην ανάλυση της οδικής ασφάλειας με την πάροδο του χρόνου. Η μέθοδος αυτή κατασκευάστηκε με την ανάλυση της DEA και με το δείκτη παραγωγικότητας Malmquist (DEA-MPI). Ο πυρήνας αυτής της μεθόδου αποτελεί η σύγκριση της αναλογίας δεομένων εισόδου εξόδου για την μέτρηση της οδικής ασφάλειας στις επαρχίες της Κίνας για την περίοδο μεταξύ 2007 και 2016. Χρησιμοποιήθηκαν τρεις δείκτες οδικών κινδύνων ως είσοδος (inputs) και τέσσερις δείκτες αποτελεσμάτων οδικών ατυχημάτων ως έξοδος (outputs). Τα αποτελέσματα του μοντέλου που αναπτύχθηκε, παρουσιάζουν ότι οι περισσότερες επαρχίες έχουν πετύχει σπουδαία πρόοδο στην οδική ασφάλεια μέσα στην τελευταία δεκαετία. Ο τελικός δείκτης παραγωγικότητας αποδομείται σε έναν δείκτη αλλαγής αποδοτικότητας, για τον οποίο στα αποτελέσματα παρατηρείται μείωση του, και σε έναν δείκτη τεχνικής αλλαγής, για τον οποίο παρατηρείται η αύξηση του. Το 2016, η Κίνα κατάφερε να βελτιώσει την παραγωγικότητα της οδικής ασφάλειας 1.433 φορές καλύτερα σε σχέση με το 2007, γεγονός που αποδίδεται στην βελτίωση της τεχνολογίας. Συμπερασματικά, η έρευνα αυτή δίνει μια γενική εικόνα για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στις κινέζικες επαρχίες και αποτελεί οδηγό για τους ιθύνοντες της οδικής ασφάλειας για να καταστρώσουν σωστές στρατηγικές για το συγκεκριμένο ζήτημα.

2.4 Σύνοψη βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Στο σημείο αυτό, αφού ολοκληρώθηκε η βιβλιογραφική ανασκόπηση για τις ανάγκες της Διπλωματικής Εργασίας, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτής. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση των ερευνών που έχουν διεξαχθεί σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και παγκοσμίως με σκοπό τη διερεύνηση της επιρροής των οικονομικών, ιατρικών, κοινωνικών παραγόντων και παραγόντων οδικής συμπεριφοράς στην οδική ασφάλεια μιας χώρας ή μιας περιοχής.

Παρατηρείται πως υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ του ΑΕΠ μιας χώρας ή περιοχής και του βαθμού θνησιμότητας ως προς τον πληθυσμό. Από τις παραπάνω έρευνες συμπεραίνεται ότι όσο πιο ανεπτυγμένη είναι μια χώρα συγκριτικά με τις άλλες, τόσο μικρότερος είναι ο αριθμός των νεκρών εξαιτίας οδικών ατυχημάτων. Σε αυτό το σημείο οφείλεται να τονιστεί και η ύπαρξη της καμπύλης Kuznet έτσι όπως προκύπτει από τις παραπάνω έρευνες, σύμφωνα με την οποία ο αριθμός των θανάτων από οδικά ατυχήματα αυξάνεται με την αύξηση της κινητικότητας στα αρχικά στάδια της οικονομικής ανάπτυξης, ενώ στη συνέχεια, λόγω των προόδων των τεχνικών, πολιτικών και πολιτικών θεσμών, ο αριθμός των θανάτων μειώνεται με την αύξηση του κατά κεφαλήν εισοδήματος.

Παράλληλα, πολύ έντονη είναι και η προσπάθεια που γίνεται στην Ισπανία, σύμφωνα με τις παραπάνω έρευνες σχετικά με την μείωση των οδικών ατυχημάτων και των επιπτώσεών τους. Όπως φαίνεται, η επένδυση τόσο στο οδικό δίκτυο όσο και στην επιβολή νέας πολιτικής οδικής ασφάλειας μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη οφέλη την κοινωνία τόσο από άποψη χαμμένης παραγωγικότητας και γενικότερα οικονομικών δεικτών όσο και ανθρώπινων απωλειών.

Παρατηρείται, επίσης, ότι υπάρχει μεγάλη σχέση μεταξύ του κλάδου υγείας και των οδικών ατυχημάτων, τόσο ως προς την πιθανότητα θνησιμότητας μετά από ένα ατύχημα, όσο και ως προς τα έξοδα, κοινωνικά και οικονομικά, εξαιτίας της πρόκλησης ενός ατυχήματος.

Η εμφάνιση των περισσότερων θανατηφόρων οδικών ατυχημάτων εμφανίζεται σε υπεραστικές οδούς εκτός αυτοκινητόδρομων και σε αστικές οδούς, ενώ τα χαμηλότερα ποσοστά παρουσιάζονται στους αυτοκινητόδρομους. Η θνησιμότητα από οδικά ατυχήματα ήταν υψηλότερη σε περιοχές με πληθυσμό μικρότερο από 25.000 κατοίκους και αντιστρόφως ανάλογη με την πυκνότητα πληθυσμού της περιοχής που κατοικούσε ο οδηγός. Ακόμη, η ηλικία, η ζώνη ασφαλείας και η ταχύτητα του οχήματος επηρεάζουν σημαντικά τη θνησιμότητα.

Επίσης όσον αφορά στη μέθοδο Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (DEA), διαπιστώνεται πως η μέθοδος είναι διεθνώς διαδεδομένη και χρησιμοποιείται για την

κατάταξη της αποδοτικότητας και την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στην οδική ασφάλεια. Κάνοντας χρήση της μεθόδου, διαπιστώθηκε ότι η οδική ασφάλεια έχει βελτιωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, χάρη στην εφαρμογή νέων στρατηγικών και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.

Διαπιστώνεται ακόμη πως η μέθοδος της DEA εκτός από την αξιοποίηση της για την κατάταξη και την εύρεση αποδοτικότητας στην οδική ασφάλεια κάθε πολιτείας ή Περιφέρειας, χρησιμοποιείται και ως οδηγός για τους αρμόδιους φορείς της οδικής ασφάλειας για την ανάπτυξη νέων συστημάτων και στρατηγικών οι οποίες προσαρμόζονται στις εκάστοτε ανάγκες της κάθε περιοχής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο στηρίχθηκε η στατιστική ανάλυση της παρούσας Διπλωματική Εργασία. Αρχικά, γίνεται αναφορά στο μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression) το οποίο αποτελεί μια απλή χρησιμοποιούμενη μέθοδο για τις συνεχείς εξαρτημένες μεταβλητές. Η μέθοδος αυτή θεωρήθηκε η κατάλληλη, λόγω της ανεξάρτητης μεταβλητής που επιλέχθηκε να είναι ο αριθμός νεκρών από οδικά ατυχήματα ανά 100 χιλιάδες πληθυσμό, καθώς η δεδομένη μεταβλητή εντάσσεται στην κατηγορία των συνεχών μεταβλητών, και το μοντέλο αναζητεί την σχέση της με διάφορα χαρακτηριστικά των Περιφερειών της Ελλάδας. Στη συνέχεια, αναφέρονται ορισμένες βασικές στατιστικές έννοιες για το συγκεκριμένο μαθηματικό πρότυπο και τα κριτήρια αποδοχής ενός προτύπου. Ακόμη, γίνεται αναφορά στις βασικές αρχές και ιδιότητες της μεθόδου Data Envelopment Analysis (DEA) η οποία χρησιμοποιήθηκε για τη συγκριτική αξιολόγηση των Περιφερειών στην οδική ασφάλεια και στην αποδοτικότητα τους.

3.2 Μαθηματικό Πρότυπο

Οι στατιστικές κατανομές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την περιγραφή φαινομένων, τα οποία εμπεριέχουν το στοιχείο του τυχαίου, και το οποίο παρατηρείται στα οδικά ατυχήματα. Ο κλάδος της στατιστικής, ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη μίας μεταβλητής από τις υπόλοιπες ονομάζεται **ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis)**. Η ανάλυση παλινδρόμησης επιχειρεί να συλλάβει και να αποτυπώσει συσχετίσεις μεταξύ δεδομένων με στόχο τόσο την επίβλεψη όσο και την πρόβλεψη των τιμών των μεταβλητών. Εξαρτημένη μεταβλητή ορίζεται η μεταβλητή της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ η ανεξάρτητη μεταβλητή ορίζεται ως η μεταβλητή η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία, αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές, αντιθέτως η εξαρτημένη μεταβλητή, θεωρείται τυχαία και “καθοδηγείται” από την ανεξάρτητη.

Προκειμένου να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή ένας συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών προκαλεί τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων. Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μια στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Επισημαίνεται ότι η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει συνεχείς ή διακριτές τιμές. Στη περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές μέγεθος και ακολουθεί κανονική κατανομή χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης, της οποίας η πιο απλή περίπτωση είναι η **γραμμική παλινδρόμηση (Simple Linear Regression)**. Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση υπάρχει μία μόνο ανεξάρτητη μεταβλητή X και μία μόνο εξαρτημένη μεταβλητή Y , η οποία προσεγγίζεται ως μια γραμμική συνάρτηση του X . Η τιμή y_i της μεταβλητής Y , για κάθε τιμή της μεταβλητής X δίνεται από τη σχέση: Το πρόβλημα της παλινδρόμησης είναι εύρεση των παραμέτρων a και b που εκφράζουν όσο το δυνατόν καλύτερα την γραμμική εξάρτηση της εξαρτημένης μεταβλητής Y από την ανεξάρτητη μεταβλητή X . Κάθε ζεύγος τιμών (a, b) καθορίζει και μια διαφορετική γραμμική σχέση που εκφράζεται γεωμετρικά από ευθεία γραμμή και οι δύο παράμετροι ορίζονται ως εξής :

$$Y_i = a + \beta_1 * X_i + \epsilon_i$$

Γίνεται φανερό ότι σε κάθε πρόβλημα θα πρέπει να προσδιοριστούν οι μεταβλητές των παραμέτρων a , β_1 ώστε να γίνει αντιληπτό το μέγεθος και η φύση της παραπάνω συνάρτησης. Συγκεκριμένα αναλύονται οι όροι της συνάρτησης:

- Ο σταθερός όρος a είναι η τιμή του Y_i όταν $x = 0$
- Ο συντελεστής β_1 είναι η κλίση (slope) της ευθείας ή αλλιώς ο συντελεστής παλινδρόμησης (regression coefficient) και εκφράζει την μεταβολή της μεταβλητής Y_i όταν η μεταβλητή X_i μεταβληθεί κατά μία μονάδα
- Ο όρος ϵ_i ονομάζεται σφάλμα της παλινδρόμησης (regression error) και ορίζεται ως η διαφορά της τιμής Y_i από την δεσμευμένη μέση τιμή $E(Y|X= X_i)$ όπου $E(Y|X= X_i) = a + b * X_i$.

Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνονται οι παρακάτω υποθέσεις :

- Η μεταβλητή X είναι ελεγχόμενη για το πρόβλημα υπό μελέτη, δηλαδή είναι γνωστές οι τιμές της χωρίς καμία αμφιβολία.
- Η εξάρτηση της Y από τη X είναι γραμμική.
- Το σφάλμα παλινδρόμησης έχει μέση τιμή μηδέν για κάθε τιμή της X και η διασπορά του είναι σταθερή και δεν εξαρτάται από τη X .

Οι παραπάνω υποθέσεις για γραμμική σχέση και σταθερή διασπορά αποτελούν χαρακτηριστικά πληθυσμών με κανονική κατανομή. Συνήθως, σε προβλήματα γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται υπόθεση ότι η δεσμευμένη κατανομή Y είναι κανονική. Σε περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή Y εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία μεταβλητές X ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$), τότε γίνεται αναφορά στη πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (Multiple Linear Regression). Η εξίσωση η οποία αποτυπώνει τη σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη και τις ανεξάρτητες μεταβλητές έχει τη γενικότερη μορφή:

$$Y_i = a_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + \varepsilon_i$$

Οι υποθέσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι ίδιες με εκείνες της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, δηλαδή υποθέτει ότι τα σφάλματα της παλινδρόμησης (όπως και η τυχαία μεταβλητή Y για κάθε μεταβλητή X) ακολουθούν κανονική κατανομή με σταθερή διασπορά. Γενικά το πρόβλημα και η εκτίμηση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης δεν διαφέρει ουσιαστικά από εκείνο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Η ιδιαιτερότητα της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι ότι πριν προχωρήσει κανείς στην εκτίμηση των παραμέτρων πρέπει να ελέγξει αν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο. Εκείνο που απαιτείται να εξασφαλιστεί είναι η ύπαρξη μηδενικής συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταβλητών, δηλαδή θα πρέπει να ισχύει $\rho(X_i, X_j) \neq 0$.

3.3 Συσχέτιση μεταβλητών

Έστω x , y δύο τυχαίες και συνεχείς μεταβλητές. Ο **βαθμός της γραμμικής συσχέτισης** των δύο μεταβλητών x και y , οι οποίες έχουν διασπορά σ_X^2 και σ_Y^2 αντίστοιχα, και συνδιασπορά $\sigma_{XY} = \text{cov}[x,y]$ και καθορίζεται με το συντελεστή συσχέτισης (correlation coefficient) ρ , ο οποίος ορίζεται ως εξής:

$$\rho = \sigma_{XY} / (\sigma_X * \sigma_Y)$$

Ο συντελεστής συσχέτισης ρ , όπως και η συνδιασπορά σ_{XY} , εκφράζει το βαθμό και τον τρόπο που οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται, δηλαδή πως μία τυχαία μεταβλητή, μεταβάλλεται ως προς την άλλη. Η σ_{XY} παίρνει τιμές που εξαρτώνται από το πεδίο τιμών των X και Y ενώ ο συντελεστής ρ παίρνει τιμές στο διάστημα $[-1, 1]$. Οι χαρακτηριστικές τιμές του ρ ερμηνεύονται ως εξής:

- $\rho=1$: υπάρχει τέλεια θετική συσχέτιση των X και Y ,

- $\rho=0$: δεν υπάρχει καμία (γραμμική) συσχέτιση μεταξύ των X και Y,
- $\rho=-1$: υπάρχει τέλεια αρνητική συσχέτιση μεταξύ των X και Y .

Όταν $\rho = \pm 1$ η σχέση είναι αιτιοκρατική κι όχι πιθανοκρατική γιατί γνωρίζοντας την τιμή της μιας τ.μ. ακριβώς. Όταν ο συντελεστής συσχέτισης είναι κοντά στο -1 ή 1 η γραμμική συσχέτιση των δύο τ.μ. είναι ισχυρή (συνήθως χαρακτηρίζουμε ισχυρές τις συσχετίσεις όταν $|\rho| > 0.9$) ενώ όταν είναι κοντά στο 0 οι τυχαίες μεταβλητές είναι πρακτικά ασυσχέτιστες. Όπως φαίνεται από τον ορισμό, ο συντελεστής συσχέτισης ρ δεν εξαρτάται από τη μονάδα μέτρησης των X και Y και είναι συμμετρικός ως προς τις X και Y.

3.4. Κριτήρια αποδοχής μοντέλου

Για την αποδοχή (ή όχι) των παραπάνω μοντέλων απαιτείται η εξέταση διάφορων παραγόντων για την αξιολόγησή τους. **Ο έλεγχος t-test (t-student κατανομή) χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της στατιστικής σημαντικότητας.** Στη συγκεκριμένη περίπτωση αξιολογεί τις ανεξάρτητες μεταβλητές ώστε να επιλεγθούν οι κατάλληλες. Ο συντελεστής t υπολογίζεται από τη σχέση:

$$t_i = \beta_i / S. E.$$

Όπου:

- β_i : συντελεστές παλινδρόμησης των ανεξάρτητων μεταβλητών
- S.E.: τυπικό σφάλμα των συντελεστών β (standard error)

Ο t-ratio αναφέρεται σε κάθε μια από τις μεταβλητές ξεχωριστά. Ο δείκτης αυτός είναι στην ουσία το αποτέλεσμα της διαίρεσης της εκτιμώμενης για το συντελεστή τιμής διά της τυπικής απόκλισής της. Η τυπική απόκλιση είναι ένα μέγεθος που παρουσιάζει τη συνέπεια με την οποία έχει υπολογιστεί η τιμή του συγκεκριμένου συντελεστή. Αυτό σημαίνει ότι η πραγματική τιμή του συντελεστή για διάστημα εμπιστοσύνης (επίπεδο σημαντικότητας) 95% βρίσκεται στο διάστημα με κέντρο την υπολογιζόμενη τιμή του συντελεστή και άκρα την τιμή αυτή +/- τη τυπική απόκλιση. Ο δείκτης t-ratio στην ουσία δείχνει αν η πραγματική τιμή του συγκεκριμένου συντελεστή διαφέρει σημαντικά από το 0 ή όχι. Δείχνει δηλαδή αν η επίδραση της αντίστοιχης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα είναι σημαντική ή όχι. Αν η επιρροή αυτή είναι σημαντική, τότε η συγκεκριμένη μεταβλητή πρέπει να συμπεριληφθεί στην ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να αποκλειστεί. Οι τιμές που μπορεί να πάρει κυμαίνονται από $-\infty$ έως $+\infty$. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόλυτη τιμή του τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα.

Ανάλογα το επίπεδο σημαντικότητας στο οποίο ενδιαφέρει να βρίσκονται τα αποτελέσματα της έρευνας, υπάρχουν πίνακες που δίνουν την τιμή του t-ratio, πάνω από την οποία η συγκεκριμένη μεταβλητή πρέπει να συμπεριληφθεί στο πρότυπο. Άρα για διάστημα εμπιστοσύνης 95%, μια μεταβλητή μπορεί να παραμείνει στο πρότυπο αν η απόλυτη τιμή του t-ratio του συντελεστή της είναι μεγαλύτερη από 1,96. Πρέπει να σημειωθεί ότι από τη στιγμή που υπάρχει σταθερός όρος, η τελευταία τιμή των κατηγορικών μεταβλητών θεωρείται περιττή και χρησιμοποιείται ως επίπεδο αναφοράς για τη σύγκριση αυτής με τις άλλες τιμές των κατηγορικών μεταβλητών.

Με το t-test λοιπόν καθορίζεται εάν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Το ίδιο συμβαίνει και με τις αλληλεπιδράσεις των κατηγορικών μεταβλητών με τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές. Επισημαίνεται ότι οι διακριτές μεταβλητές με κατηγορίες k έχουν $k-1$ βαθμούς ελευθερίας, ενώ οι συνεχείς έχουν πάντοτε ένα βαθμό ελευθερίας.

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

3.5. Ποιότητα μοντέλου

Η ποιότητα του μοντέλου εξετάζεται με το συντελεστή προσαρμογής R^2 . Ο συντελεστής προσαρμογής R^2 χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο και ορίζεται από τη σχέση:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Όπου:

- \hat{y}_i : προβλεπόμενη τιμή ,
- y_i : παρατηρηθείσα τιμή,
- \bar{y} : μέση τιμή

Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από τη μεταβλητή X . Λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 κοντά στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή γίνεται η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X . Ο συντελεστής R^2 έχει συγκριτική αξία, κάτι το οποίο σημαίνει ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του R^2 που είναι αποδεκτή ή απορριπτέα, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή R^2 . 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.

Για τη **στατιστική εμπιστοσύνη του μοντέλου** της λογιστικής παλινδρόμησης χρησιμοποιείται η **μέθοδος της μεγιστοποίησης της πιθανοφάνειας**. Για να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια πρέπει ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας $L = -2 \text{ Restricted Log Likelihood}$ να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος και γενικά προτιμώνται τα μοντέλα με το μικρότερο λογάριθμο συνάρτησης πιθανοφάνειας L . Μοντέλα που περιέχουν πολλές μεταβλητές είναι περισσότερο σύνθετα και απαιτείται ένας κανόνας που να αποφασίζει εάν η μείωση του L αξίζει την αυξημένη πολυπλοκότητα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται το κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας (Likelihood Ratio Test – LRT). Το μέγεθος $L(0)$ αποτελεί ένα απλό υπολογισμό της πιθανοφάνειας ενός προτύπου στο οποίο για κάθε παρατήρηση (στοιχείο της έρευνας πεδίου), όλες οι εναλλακτικές επιλογές έχουν την ίδια πιθανότητα να επιλεγούν. Το μέγεθος $L(b)$ αποτελεί μια προσέγγιση της πιθανοφάνειας που θα προέκυπτε από ένα πρότυπο στο οποίο όλες οι εναλλακτικές επιλογές εκτός από μία έχουν ένα εναλλακτικό καθορισμένο συντελεστή (alternative specific constant). Οι τιμές των παραπάνω μεγεθών εξεταζόμενες μεμονωμένα δε δίνουν καμιά ουσιαστική πληροφορία. Απεναντίας όμως συγκρινόμενες μεταξύ τους, και με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δοκιμών, δίνουν μια γενική εικόνα για τη ποιότητα του συγκεκριμένου προτύπου.

Για παράδειγμα οι έλεγχοι πιθανοφάνειας χ^2 (likelihood ratio χ^2) είναι ένας πολύ συνηθισμένος τρόπος ελέγχου προτύπων που έχουν αναπτυχθεί με βάση τα ίδια δεδομένα. Όταν το ένα πρότυπο είναι γενίκευση του άλλου, τα δύο πρότυπα μπορούν να παρουσιάσουν συμπεριφορά (nested hypotheses) για την οποία το διπλάσιο της διαφοράς του λογάριθμου της πιθανοφάνειας μπορεί να ελεγχθεί σαν μεταβλητή χ^2 με κατάλληλο αριθμό βαθμών ελευθερίας. Η τελική πιθανοφάνεια των δύο αυτών μοντέλων είναι το κλειδί στα δεδομένα για τον παραπάνω έλεγχο. Σύμφωνα με το κριτήριο του λόγου πιθανοφάνειας, εάν η διαφορά:

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

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

3.6. Εξήγηση αποτελεσμάτων

3.6.1 Εξήγηση πρόσημων των βι

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

3.6.2. Ανάλυση ευαισθησίας

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

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

3.7 Η μέθοδος περιβάλλουσας ανάλυσης δεδομένων (DEA)

Η **μέθοδος DEA** πρώτο εμφανίστηκε το 1978 από τους Charnes, Cooper and Rhodes. Η μέθοδος στοχεύει στην μέτρηση του βαθμού σχετικής αποτελεσματικότητας (αποδοτικότητα) των λεγόμενων Decision-Making Units (DMU's). Οι DMU είναι παρόμοιες και ομοιογενείς ομάδες των οποίων η απόδοση ως προς την παραγωγή συγκεκριμένου αποτελέσματος είναι άγνωστη. Για τον λόγο αυτό, η DEA μετασχηματίζει πολλαπλά input arguments σε πολλαπλά output arguments.

Η μέθοδος DEA επιτρέπει πολλαπλά input-output arguments χωρίς να απαιτείται να ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη κατανομή. Η αποδοτικότητα μετριέται εξετάζοντας τις μεταβολές των input/output arguments και συγκρίνοντας τις μεταβολές μεταξύ τους. Τα μοντέλα DEA μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- Input-Oriented DEA Model: ελαχιστοποιείται το input διατηρώντας σταθερά το μέτρο των output arguments.
- Output-Oriented DEA Model: μεγιστοποίηση του input κρατώντας σταθερά τις τιμές των input arguments.

Η DEA διαφέρει από μεθόδους στατιστικής παλινδρόμησης με την έννοια ότι δεν εξετάζει την κεντρική τάση των δεδομένων καθώς δεν προσαρμόζει μία ευθεία για την αναπαράσταση του υπό εξέταση φαινομένου. Αντιθέτως, η DEA συμπεριλαμβάνει τα δεδομένα και τα προσαρμόζει σε τμηματική γραμμική προσέγγιση. Ορίζονται παρακάτω οι βασικές έννοιες της μεθόδου:

- Πλήρης Αποδοτικότητα (ενός DMU): ορίζεται η κατάσταση κατά την οποία κανένα από τα input/output arguments δεν βελτιώνονται λόγω της επιβάρυνσης ενός άλλου input/output argument .
- Σχετική Αποδοτικότητα (ενός DMU): ορίζεται η κατάσταση κατά την οποία η βελτίωση των inputs/outputs ενός DMU δεν επιβαρύνει τα input/output arguments του συγκεκριμένου DMU .

Στην απλούστερη της μορφή η DEA θεωρεί μοντέλο με ένα DMUinput και ένα DMUoutput . Ο υπολογισμός της αποδοτικότητας Θ_j γίνεται ως εξής:

Όπου τα inputs του DMU (y_m) πολλαπλασιάζονται επί συντελεστές βαρύτητας (u_m). Η αποδοτικότητα μεγιστοποιείται υπό την προϋπόθεση ότι πρέπει να είναι μεταξύ του μηδενός και του ενός και οι συντελεστές βαρύτητας μη μηδενικοί.

Τα οφέλη της μεθόδου DEA:

- Δεν απαιτείται ακριβής γνώση της συνάρτησης που σχετίζει τα inputs με τα outputs.
- Λαμβάνει υπόψιν πολλαπλές μεταβλητές inputs και outputs.
- Η αποτελεσματικότητα μπορεί να ληφθεί υπόψιν για κάθε μονάδα ξεχωριστά .

Μειονεκτήματα της μεθόδου DEA:

- Τα αποτελέσματα της μεθόδου είναι ευαίσθητα σε αλλαγές των inputs και outputs.
- Η αποδοτικότητα μπορεί να προκύψει από συγκεκριμένο συνδυασμό inputs/outputs και να μην αντιπροσωπεύει την πραγματική αποδοτικότητα.
- Παρατηρείται ότι γενικώς αυξάνεται η αποδοτικότητα ενός DMU με την αύξηση των inputs.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Η ολοκλήρωση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης ερευνών που συνάδουν με το στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, φέρει ως επόμενη φάση τη **συλλογή και επεξεργασία των απαραίτητων στοιχείων**, ώστε να δοθεί μια πλήρη εικόνα για την αξιοπιστία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν. Έπειτα από την ανάπτυξη του θεωρητικού υποβάθρου και την επιλογή της Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης ως μέθοδος στατιστικής ανάλυσης ακολουθήσε η συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων, η οποία έγινε μέσω μετρήσεων πεδίου σε όλες τις Περιφέρειες της Ελλάδος, σε συνδυασμό με στοιχεία και δεδομένα που αντλήθηκαν από πηγές του διαδικτύου. Στη συνέχεια, ακολούθησε η εισαγωγή των στοιχείων αυτών σε ένα έγγραφο Excel, η επεξεργασία τους και τελικά έγινε κωδικοποίηση των μεταβλητών ώστε να είναι δυνατή η εισαγωγή τους στην γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε, την R, και ως αποτέλεσμα η εξαγωγή στατιστικών αποτελεσμάτων.

4.2 Διαδικασία Συλλογής Στοιχείων

Κατά την άνοιξη του 2022, μέσω του **προγράμματος Baseline** της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έγινε συλλογή τεσσάρων **Βασικών Δεικτών Επίδοσης Οδικής Ασφάλειας (KPIs)**, που σχετίζονται με τη συμπεριφορά των χρηστών του οδικού δικτύου. Η συλλογή των δεδομένων και ο υπολογισμός των Βασικών Δεικτών απόδοσης έγινε με βάση κοινής μεθοδολογίας για τα κράτη μέλη της Ε.Ε, έτσι όπως ορίζεται από το πρόγραμμα Baseline. Οι τέσσερις Βασικοί Δείκτες Επίδοσης Οδικής Ασφάλειας που συλλέχθηκαν σε εθνικό επίπεδο από μετρήσεις πεδίου, αφορούν την ταχύτητα οχημάτων, την χρήση ζώνης ασφαλείας, την χρήση προστατευτικού εξοπλισμού και την απόσπαση προσοχής οδηγού εξαιτίας συσκευών χειρός. Οι **μετρήσεις πεδίου** πραγματοποιήθηκαν σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις του οδικού δικτύου σε πόλεις όλων των περιφερειών της Ελλάδος (Αθήνα, Χαλκίδα, Κέρκυρα, Ηράκλειο, Ιωάννινα, Κοζάνη, Λάρισα, Πάτρα, Ρόδος, Θεσσαλονίκη, Τρίπολη, Ξάνθη, Νάξος, Σάμος). Επίσης οι μετρήσεις έγιναν σε τοποθεσίες ανά τύπου οδού (αστικές οδοί, υπεραστικές οδοί και αυτοκινητόδρομοι), ενώ παράλληλα όλες οι μετρήσεις πεδίου πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της ημέρας, τις καθημερινές (Δευτέρα-Παρασκευή) και τα Σαββατοκύριακα.

Συλλέχθηκαν δεδομένα για κάθε τύπο οχήματος (Επιβατικό όχημα, Μοτοσυκλέτα, Μοτοποδήλατο, Βαν, Ελαφρύ φορτηγό, Βαρύ φορτηγό, Λεωφορείο, Ποδήλατο, Ηλεκτρικά πατίνια κλπ.), ενώ για δύο δείκτες επίδοσης οδικής ασφάλειας (χρήση ζώνης, χρήση προστατευτικού υλικού) καταγράφηκαν και αν ο χρήστης ήταν οδηγός συνοδηγός ή επιβάτης στα πίσω καθίσματα του οχήματος. Ταυτόχρονα με την καταγραφή χρήσης ζώνης, παρατηρούνταν και η χρήση συσκευών χειρός (κινητό

τηλέφωνο, κλπ.) από τον οδηγό κατά τη διάρκεια της οδήγησης, ώστε να συλλεχθούν δεδομένα για την απόσπαση προσοχής οδηγού. Οι μετρήσεις απόσπασης προσοχής πραγματοποιούνταν αυστηρά σε συνθήκες μη κυκλοφοριακής συμφόρησης κι ενώ το όχημα ήταν εν κινήσει. Συνολικά, συλλέχθηκε ένα δείγμα 188.109 οδηγών για χρήση ζώνης και 192.134 οδηγών για τη χρήση συσκευών χειρός κατά τη διάρκεια της οδήγησης και δείγμα 47.481 συνοδηγών επιβατών για χρήση ζώνης.

Παρομοίως, για τη χρήση προστατευτικού εξοπλισμού στις μοτοσυκλέτες, τα μοτοποδήλατα και τα ποδήλατα παρατηρήθηκαν όλοι οι αναβάτες. Η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται στους μοτοσικλετιστές, για τους οποίους συλλέχθηκε δείγμα 17.278 οδηγών και 615 επιβατών για χρήση προστατευτικού κράνους. Για την συμμόρφωση στα όρια ταχύτητας συλλέχθηκε συνολικό δείγμα 36.346 οχημάτων, το οποίο χωρίζεται για αυτοκινητόδρομους σε δείγμα 7.814 οχημάτων, σε υπεραστικές οδοί σε δείγμα 141.178 οχημάτων και σε αστικές οδοί σε δείγμα 14.354 οχημάτων.

Ο ορισμός των Βασικών Δεικτών Επίδοσης Οδικής Ασφάλειας (KPIs) για κάθε κατηγορία έχει ως εξής, για την **συμμόρφωση στο όριο ταχύτητας (KPI Speed)**, ορίζεται ως το ποσοστό των οχημάτων που μετακινούνται κάτω από τα όρια ταχύτητας, για την **χρήση ζώνης ασφαλείας (KPI Seatbelt)** ως το ποσοστό των επιβατών των οχημάτων, οι οποίοι κάνουν σωστή χρήση ζώνης ασφαλείας, **(KPI Helmet)** ως το ποσοστό των αναβατών μοτοσυκλετών, μοτοποδηλάτων και ποδηλάτων που φορούν προστατευτικό εξοπλισμό και τέλος **για την απόσπαση προσοχής οδηγού (KPI Distraction)**, ως το ποσοστό των οδηγών που δεν κάνουν χρήση συσκευών χειρός.

Παράλληλα για την παρούσα έρευνα συλλέχθηκαν στοιχεία για τα οδικά ατυχήματα για την περίοδο μελέτης 2016-2020 από την **βάση δεδομένων της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ.)** η οποία βασίζεται στα δελτία οδικού ατυχήματος (Δ.Ο.Τ.Α) για κάθε ατύχημα που συμβαίνει. Το δελτίο αυτό συμπληρώνεται από την Τροχαία για κάθε οδικό ατύχημα και το κοινοποιεί στην ΕΛ.ΣΤΑΤ στο τέλος κάθε μήνα με δεδομένα ανά Περιφέρεια και ανά νομό.

Ακόμη, κρίθηκε αναγκαίο να αξιοποιηθούν επιπλέον δεδομένα – μεταβλητές που αφορούν την κάθε Περιφέρεια, σχετικά με τα οικονομικά, δημογραφικά, κοινωνικά, υγειονομικά, μεταφορικά και άλλα χαρακτηριστικά της κάθε μίας. Τα δεδομένα αυτά συλλέχθηκαν τόσο από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) όσο και από την **Ευρωπαϊκή Στατιστική Αρχή (EUROSTAT)**. Η EUROSTAT προσέφερε αρκετές πληροφορίες για τις Περιφέρειες της Ελλάδας, όπως για παράδειγμα τον αριθμό των γιατρών ανά χίλιους κατοίκους, τον αριθμό των νοσοκομειακών κλινών, το ΑΕΠ, τον οικονομικά ενεργό πληθυσμό σε χιλιάδες, τον άνεργο πληθυσμό, την πυκνότητα πληθυσμού και το εισόδημα. Από την ΕΛ.ΣΤΑΤ συλλέχθηκαν δεδομένα που αφορούσαν κυρίως τον πληθυσμό της κάθε Περιφέρειας, των στόλο οχημάτων αυτών, τις τουριστικές αφίξεις και το επίπεδο εκπαίδευσης του πληθυσμού. Από την παραπάνω έρευνα, οι πιο σημαντικοί δείκτες και δεδομένα που συλλέχθηκαν συνοψίζονται στους: Περιοχή, Έτος, Πληθυσμός, Πυκνότητα Πληθυσμού, GDP (ΑΕΠ),

Αφίξεις ξένων τουριστών, Ποσοστό Ανεργίας, Ποσοστό Εργασίας, Αριθμός Νοσοκομειακών Κλινών, Ποσοστό Μοτοσυκλετών, Ποσοστό Αυτοκινήτων

4.3 Επεξεργασία Στοιχείων

Στην υποενότητα αυτή παρουσιάζεται η διαδικασία συμπλήρωσης του εγγράφου Microsoft Excel και η επεξεργασία των στοιχείων που συλλέχθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Επιπλέον παρουσιάζονται κάποια διαγράμματα που δημιουργήθηκαν με σκοπό την καλύτερη κατανόηση και προβολή των δεδομένων .

4.3.1 Εισαγωγή των Στοιχείων στην Βάση Δεδομένων

Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν, με την προαναφερθείσα μέθοδο, αφότου επεξεργάστηκαν καταχωρήθηκαν σε μία βάση δεδομένων. Αρχικά, δημιουργήθηκε ένας πίνακας ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις συλλεχθείσες μεταβλητές από την βάση δεδομένων της ΕΛ.ΣΤΑΤ και της EUROSTAT που αφορούν τις Περιφέρειες της Ελλάδος. Στον κατακόρυφο άξονα στοιχήθηκαν οι Περιφέρειες, μια φορά για κάθε έτος αναφοράς, από το 2006 έως το 2021. Στον οριζόντιο άξονα τοποθετήθηκαν οι σημαντικότερες μεταβλητές που συλλέχθηκαν. Τμήμα του ενοποιημένου πίνακα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα :

Περιφέρεια	Ετος	Πληθυσμος	Ποσοστό Πληθυσμού	Πυκνοτητα Πληθυσμού	Νεκροί από οδικα ατυχήματα	ΑΕΠ	Ποσοστό Ανεργίας	Αριθμός Νοσοκομειακών Κλινών ανα 100.000 κατοίκους	Ποσοστό Μοτοσυκλετών	Ποσοστό Αυτοκινήτων
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2006	600,034	5.45%	42.38		8141	24.17%		17.25%	59.31%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2007	602,965	5.46%	42.59	131	8906	26.76%		17.74%	59.36%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2008	605,411	5.47%	42.76	120	9450	22.84%		18.07%	59.47%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2009	608,639	5.49%	42.99	99	9306	20.17%		18.37%	59.43%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2010	610,112	5.49%	43.09	72	9160	14.52%	344.68	18.53%	59.36%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2011	611,573	5.50%	43.20	71	8011	11.13%	371.35	18.95%	58.87%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2012	612,074	5.52%	43.23	50	7472	8.83%	368.36	19.26%	58.43%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2013	610,102	5.54%	43.09	48	6983	9.85%	383.15	19.46%	58.09%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2014	608,214	5.57%	42.96	46	6813	11.06%	406.02	19.78%	57.67%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2015	606,490	5.59%	42.84	38	6786	11.93%	403.47	20.08%	57.28%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2016	604,504	5.61%	42.70	49	6808	13.19%	405.7	20.29%	57.06%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2017	602,799	5.60%	42.58	43	6807	10.49%	402	20.06%	57.25%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2018	601,175	5.60%	42.46	40	6888	10.41%	403.53	19.62%	57.64%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2019	599,723	5.59%	42.36	39	6977	9.55%	406.06	20.80%	61.59%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2020	598,613	5.58%	42.28	28		8.98%		19.61%	57.93%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	2021	562,069	5.39%	39.70						

Πίνακας 4.1: Συλλεχθείσες μεταβλητές

Παράλληλα, τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από το πρόγραμμα Baseline και αφορούν στους Βασικούς Δείκτες Επίδοσης Οδικής Ασφάλειας (KPIs), ομαδοποιήθηκαν και

καταχωρήθηκαν ο κάθε δείκτης σε ένα ξεχωριστό έγγραφο Microsoft Excel. Ενδεικτικά οι αρχικοί πίνακες είχαν την εξής μορφή:

Row Labels	KPI	CI-lower bound	CI-upper bound	Av. Speed	SD	85thperc
Motorway	76.9%	75.9%	77.8%	103.245	14.932	117.804
Weekday	78.2%	77.2%	79.2%	102.866	14.889	117.250
MC	81.1%	73.0%	89.2%	107.101	15.459	118.539
PC	77.7%	76.5%	78.9%	109.248	15.934	124.786
B/HT	68.8%	66.3%	71.3%	80.091	9.192	87.580
V/LT	90.5%	88.8%	92.2%	91.060	15.031	106.573
Weekend	67.2%	63.9%	70.5%	105.983	15.240	121.812
MC	100.0%	100.0%	100.0%	103.068	10.096	110.718
PC	65.6%	61.8%	69.3%	111.758	16.289	129.606
B/HT	63.0%	52.2%	73.9%	83.058	7.248	87.936
V/LT	82.8%	75.1%	90.4%	93.756	22.197	113.417
Rural	84.0%	83.4%	84.6%	66.862	10.185	76.551
Weekday	83.7%	83.0%	84.4%	66.687	11.045	77.110
MC	80.6%	77.1%	84.0%	68.619	14.040	82.278
PC	84.4%	83.6%	85.1%	68.129	11.320	78.900
B/HT	69.5%	65.3%	73.6%	59.743	8.940	65.936
V/LT	88.3%	86.6%	89.9%	63.287	9.961	73.239
Weekend	84.4%	83.2%	85.6%	67.127	8.884	75.707
MC	60.0%	53.2%	66.7%	74.087	9.161	81.752
PC	85.3%	83.9%	86.6%	67.428	9.548	76.764
B/HT	90.3%	83.8%	96.8%	62.575	4.052	66.406
V/LT	86.4%	83.0%	89.8%	66.143	9.777	75.596
Urban	55.8%	55.0%	56.6%	48.382	9.324	57.044
Weekday	58.3%	57.4%	59.2%	46.893	9.265	55.558
MC	48.2%	45.4%	50.9%	50.339	10.183	58.513
PC	58.8%	57.7%	59.9%	46.729	9.215	55.620
B/HT	81.6%	78.0%	85.2%	39.684	6.633	45.524
V/LT	70.6%	68.2%	73.1%	42.695	8.319	50.680
Weekend	44.5%	42.9%	46.2%	54.915	9.583	63.567
MC	39.0%	32.7%	45.3%	58.373	15.122	70.396
PC	42.9%	41.1%	44.8%	55.611	9.105	63.973
B/HT	85.9%	78.3%	93.5%	36.985	3.158	40.258
V/LT	51.0%	45.8%	56.1%	50.734	8.414	59.108
Grand Total	70.9%	70.5%	71.4%	59.518	9.931	68.883

Athens	Sum of N	KPI	CI-lower bound	CI-upper bound	Av. Speed	85thperc
Motorway	635	92.8%	90.8%	94.8%	103.1	112.3
Weekday	635	92.8%	90.8%	94.8%	103.1	112.3
MC	25	63.6%	44.8%	82.5%	118.6	139.6
PC	340	95.0%	92.7%	97.3%	107.6	117.0
B/HT	138	69.4%	61.7%	77.1%	82.7	87.3
V/LT	132	99.4%	98.2%	100.7%	88.7	99.3
Rural	1416	97.8%	97.1%	98.6%	63.7	72.3
Weekday	1132	97.6%	96.7%	98.5%	64.2	72.6
MC	45	99.4%	97.2%	101.6%	74.3	79.5
PC	889	98.2%	97.4%	99.1%	64.2	73.2
B/HT	30	92.0%	82.3%	101.7%	60.3	67.0
V/LT	168	99.0%	97.5%	100.5%	62.0	71.0
Weekend	284	98.9%	97.7%	100.1%	61.2	70.6
MC	15	93.3%	80.7%	106.0%	68.1	73.7
PC	202	99.5%	98.5%	100.5%	62.2	70.0
B/HT	14	100.0%	100.0%	100.0%	60.3	75.2
V/LT	53	96.2%	91.1%	101.4%	54.3	59.2
Urban	2765	52.7%	50.9%	54.6%	48.8	57.8
Weekday	2187	56.1%	54.0%	58.2%	46.5	55.6
MC	317	47.5%	42.0%	53.0%	50.8	58.7
PC	1354	56.8%	54.1%	59.4%	46.0	55.3
B/HT	156	86.9%	81.6%	92.2%	34.2	41.2
V/LT	360	67.6%	62.8%	72.4%	42.9	51.6
Weekend	578	31.8%	28.0%	35.6%	62.9	71.5
MC	60	19.3%	9.3%	29.3%	69.4	81.1
PC	425	32.0%	27.5%	36.4%	62.8	71.2
B/HT	12	91.7%	76.0%	107.3%	43.3	47.7
V/LT	81	43.0%	32.2%	53.7%	56.4	63.9
Grand Total	4816	64.7%	63.4%	66.1%	53.3	62.2

Πίνακας 4.2: Συλλεχθέντα στοιχεία Βασικών Δεικτών επίδοσης

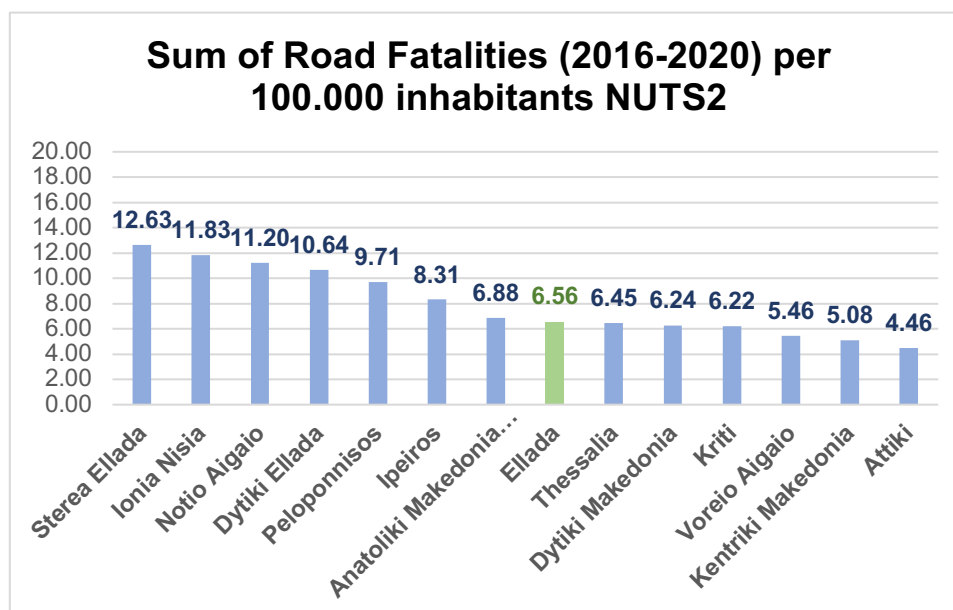
Τα παραπάνω στοιχεία ενοποιήθηκαν σε έναν ενιαίο πίνακα που περιλάμβανε και τους τέσσερις Βασικούς Δείκτες Επίδοσης Οδικής Ασφάλειας χωρισμένους ανά τις Περιφέρειες, στις οποίες ανήκουν οι πόλεις που έγιναν οι καταγραφές. Επιπρόσθετα, στον ίδιο πίνακα τοποθετήθηκαν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από την καταγραφή των οδικών ατυχημάτων από την βάση δεδομένων της ΕΛΣΤΑΤ. Έτσι δημιουργήθηκε ένας πίνακας όπου στον κατακόρυφο άξονα στοιχήθηκαν οι Περιφέρειες και στον οριζόντιο άξονα τοποθετήθηκαν όλες οι παραπάνω μεταβλητές που συλλέχθηκαν. Τμήμα του παραπάνω πίνακα φαίνεται στην παρακάτω σελίδα:

NUTS 2	Average Population (2016-2020)	Average Density of Population (people / Km ²)	Average fleet of Passengers Cars (2016-2020)	Average fleet of motorcycles (2016-2020)	KPI Helmet Driver Total	KPI Helmet Driver Motorway	KPI Helmet Driver Rural	KPI Helmet Driver Urban	KPI Helmet Driver Weekday	KPI Helmet Driver Weekend	KPI Helmet Passenger Total	KPI Helmet Passenger Motorway	KPI Helmet Passenger Rural	KPI Helmet Passenger Urban	KPI Helmet Passenger Weekday	KPI Helmet Passenger Weekend	KPI Seatbelts Driver Total	KPI Seatbelts Driver Motorway	KPI Seatbelts Driver Rural	KPI Seatbelts Driver Urban
Anatoliki Makedonia kai Thraki	601,363	42.48	210089	72338	94.10%	66.70%	94.30%	94.00%	94.10%	94.20%	84.40%		94.10%	58.40%	87.30%	79.40%	50.62%	60.52%	51.27%	46.93%
Kentriki Makedonia	1,877,067	99.79	749652	188882	77.30%	94.50%	77.80%	86.00%	81.30%	70.60%	49.30%		33.30%	60.20%	43.70%	56.30%	63.61%	68.93%	61.16%	65.00%
Dytiki Makedonia	269,246	28.49	98318	14409	97.90%	100.00%	100.00%	94.00%	94.80%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	70.02%	66.17%	71.05%	68.40%
Ipeiros	334,676	36.37	117187	32222	89.30%		80.00%	96.10%	89.30%	96.10%	42.20%		50.00%	36.50%	42.20%		44.67%	77.09%	43.22%	43.12%
Thessalia	722,227	48.35	244276	82828	90.10%	100.00%	91.60%	86.50%	87.40%	94.40%	87.30%		93.40%	75.50%	86.20%	88.90%	74.31%	85.07%	76.94%	66.67%
Stereia Ellada	555,835	35.75	131118	45890	83.30%	95.80%	80.90%	84.70%	85.10%	81.70%	23.10%	100.00%	2.60%	37.30%	48.50%	0.00%	43.17%	45.24%	34.46%	59.16%
Ionia Nisia	204,630	88.70	84931	52582	59.40%		57.90%	66.70%	56.60%	66.70%	73.90%		77.60%	56.10%	75.00%	70.80%	74.81%		73.78%	78.97%
Dytiki Ellada	659,590	58.11	181103	94385	63.70%	99.40%	100.00%	62.50%	60.00%	100.00%	47.50%	100.00%	35.80%	57.80%	47.50%		56.27%	90.56%	51.89%	57.24%
Peloponnisos	576,711	37.23	103807	61301	94.90%	100.00%	100.00%	80.00%	94.90%		100.00%		100.00%		100.00%		89.58%	98.01%	88.79%	89.24%
Attiki	3,758,484	987.00	2935262	715452	81.10%	89.40%	80.20%	81.10%	78.80%	88.20%	61.40%	80.90%	47.20%	66.00%	68.20%	40.60%	75.09%	79.94%	65.65%	80.09%
Voreio Aigaio	212,421	55.38	59128	49803	88.70%		95.90%	68.80%	78.70%	100%	81.10%		93.60%	46.70%	64.40%	100%	95.99%		96.71%	94.10%
Notio Aigaio	341,117	64.53	118386	78822	73.50%		78.40%	64.70%	73.70%	73.00%	74.90%		94.70%	39.20%	71.70%	87.50%	78.98%		80.97%	68.79%
Kriti	633,885	76.04	273838	136160	86.10%	100%	83.50%	93.40%	97.50%	67.40%	86.00%	80.90%	84.30%	91.40%	96.20%	66.70%	65.16%	85.30%	65.84%	59.02%
Ellada	10,747,254	81.45	6692724	1628241	80.30%	94.90%	83.70%	75.50%	80.90%	79.00%	65.50%	91.70%	68.70%	60.50%	68.20%	60.00%	64.20%	75.50%	64.60%	62.90%

Πίνακας 4.3: Ομαδοποιημένος πίνακας συλλεθεισων μεταβλητων KPI

4.3.2 Νεκροί ανά πληθυσμό ανά Περιφέρεια

Για την συγκριτική ανάλυση του αριθμού των νεκρών κάθε Περιφέρειας για το χρονικό διάστημα μεταξύ 2016 έως 2020, δημιουργήθηκε στο αρχείο Microsoft Excel το Διάγραμμα 4.1 όπου φαίνεται ο λόγος των νεκρών ανά εκατό χιλιάδες πληθυσμό, μεταξύ 2016-2020.



Διάγραμμα 4.1: Νεκροί ανά εκατό χιλιάδες πληθυσμό για κάθε Περιφέρεια

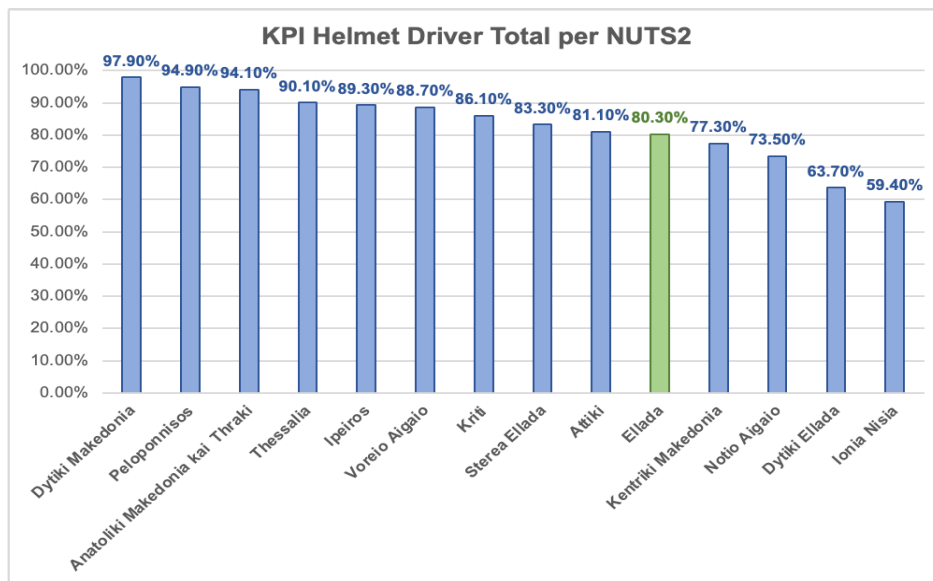
4.3.3 Ενδεικτικά Διαγράμματα σημαντικών μεταβλητών

Από τον τελικό πίνακα προέκυψαν τα αποτελέσματα αναφορικά με τους Δείκτες Επίδοσης Οδικής Ασφαλείας για κάθε Περιφέρεια της Ελλάδος. Με την βοήθεια του Microsoft Excel προέκυψαν αρκετά διαγράμματα σχετικά με τους παραπάνω Δείκτες Επίδοσης Οδικής Ασφάλειας, σύμφωνα με τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Αρχικά παρατηρήθηκε πως η Περιφέρεια με το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού είναι η Δυτική Μακεδονία με 97,90%, ο μέσος όρος της Ελλάδος είναι 80.30% και η περιφέρεια με το χαμηλότερο ποσοστό είναι των Ιονίων Νησιών με 59.40% (Διάγραμμα 4.3).

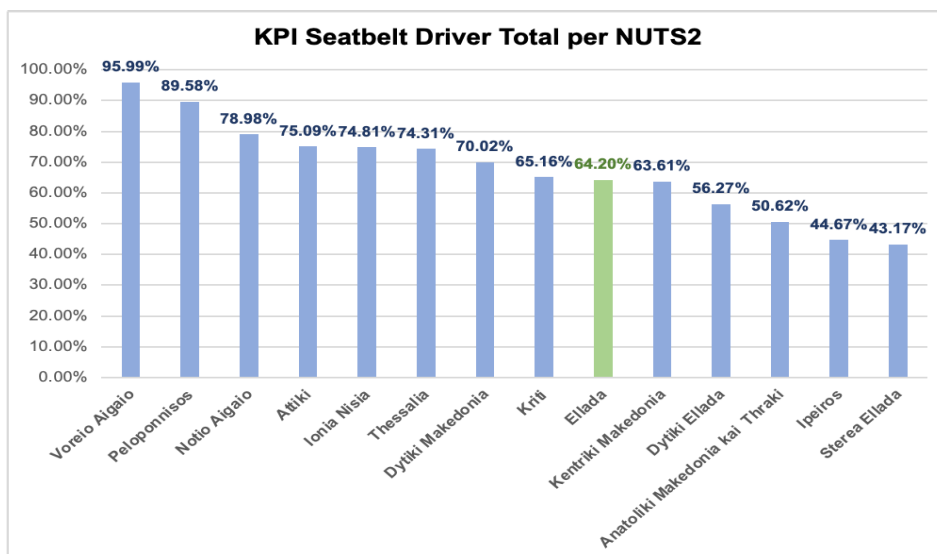
Επιπλέον όσο αφορά το Δείκτη Επίδοσης χρήσης ζώνης ασφαλείας από τους οδηγούς εδώ η Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου βρίσκεται στην πρώτη θέση με ποσοστό 95,99%, ο μέσος όρος της Ελλάδος είναι 64.20% και την τελευταία θέση στην κατάταξη καταλαμβάνει η Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδος με ποσοστό 43.17% (Διάγραμμα 4.4).

Παρατηρείται επίσης πως για τον **Δείκτη Επίδοσης απόσπασης προσοχής οδηγού** εξαιτίας συσκευών χειριού **καλύτερη επίδοση έχει η Περιφέρεια Πελοποννήσου** με ποσοστό 98.44%, ο μέσος όρος της Ελλάδος ανέρχεται σε 92.56% και στην **χαμηλότερη θέση βρίσκεται η Περιφέρεια Αττικής** με 88.04% (Διάγραμμα 4.7).

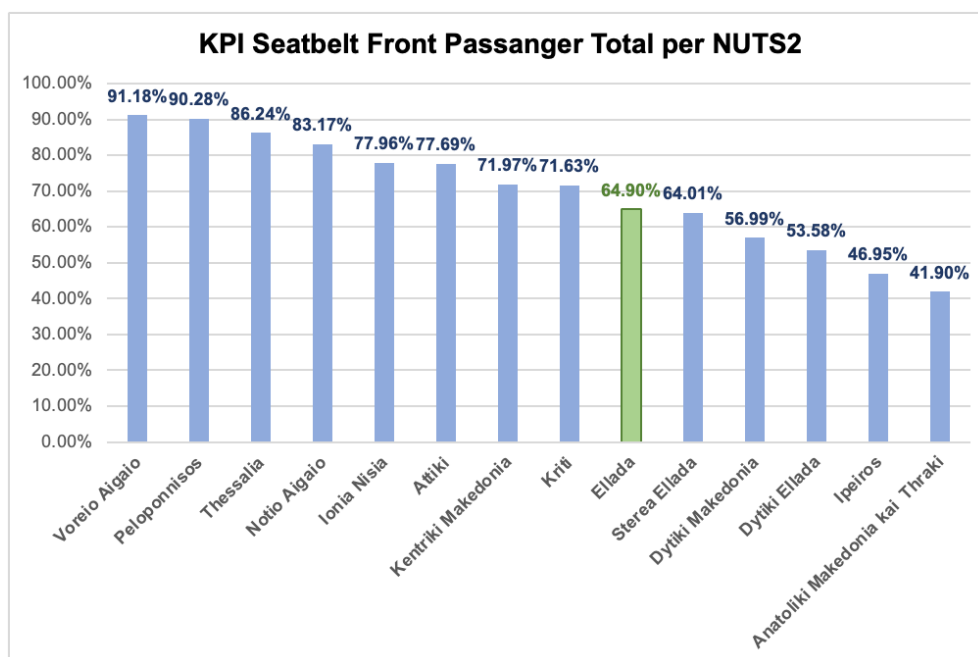
Τέλος, αναφορικά με τον **Δείκτη Επίδοσης συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας** η **Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδος βρίσκεται στην πρώτη θέση** με ποσοστό 91%, ο μέσος όρος της Ελλάδος ανέρχεται στο 70.90% , και την **κατώτερη θέση της κατάταξης ανήκει στην Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου** με ποσοστό μόλις 24.70% (Διάγραμμα 4.8).



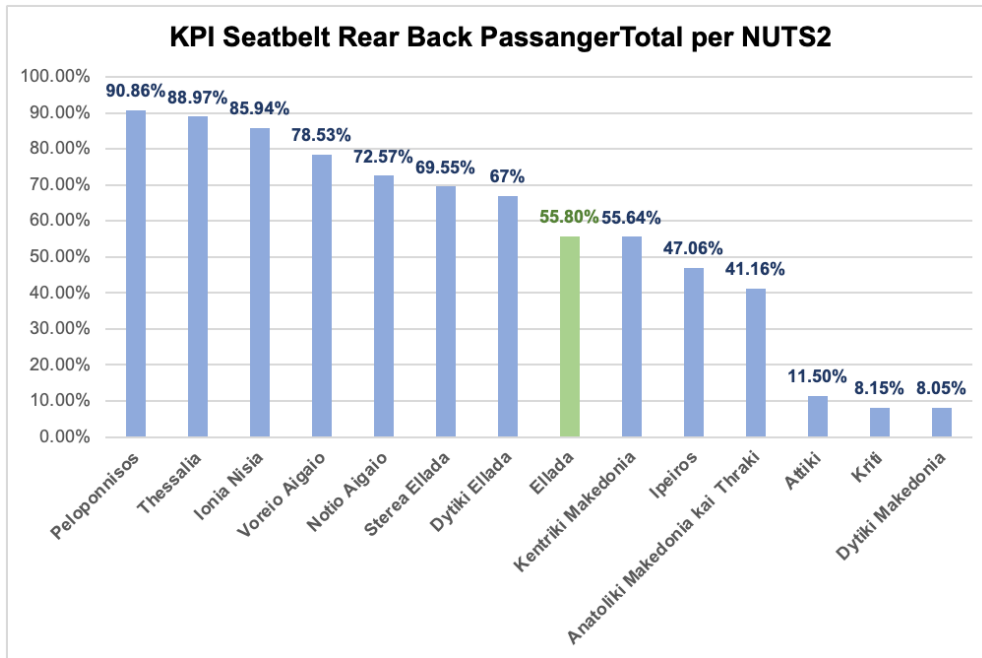
Διάγραμμα 4.3: Διάγραμμα Δείκτη Επίδοσης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού ανά Περιφέρεια



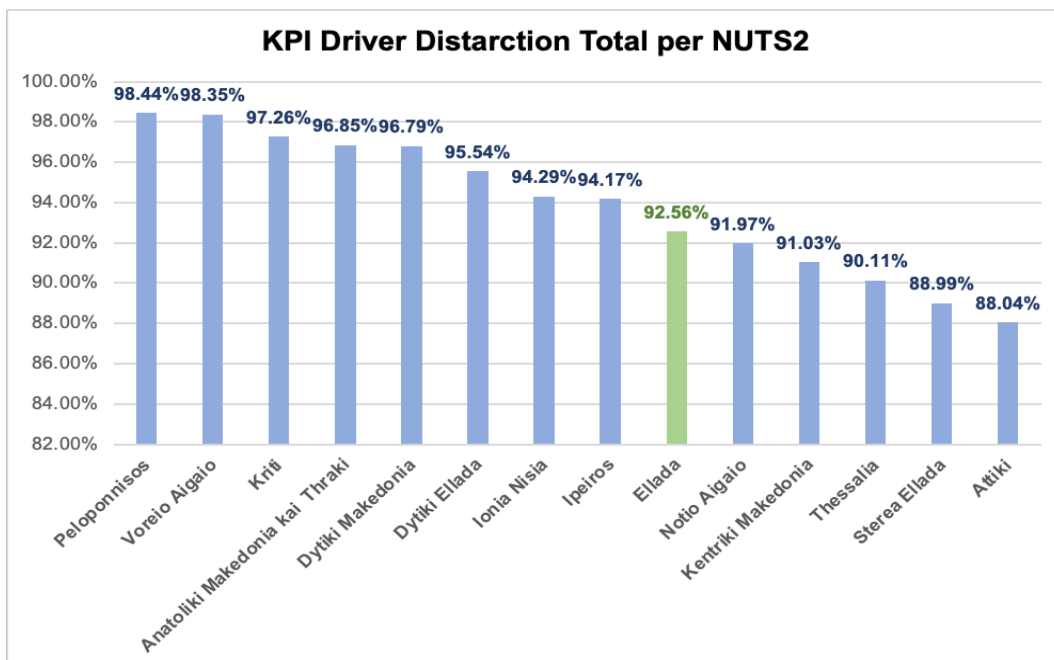
Διάγραμμα 4.4: Διάγραμμα Δείκτη Επίδοσης χρήσης ζώνης ασφαλείας οδηγών ανά Περιφέρεια



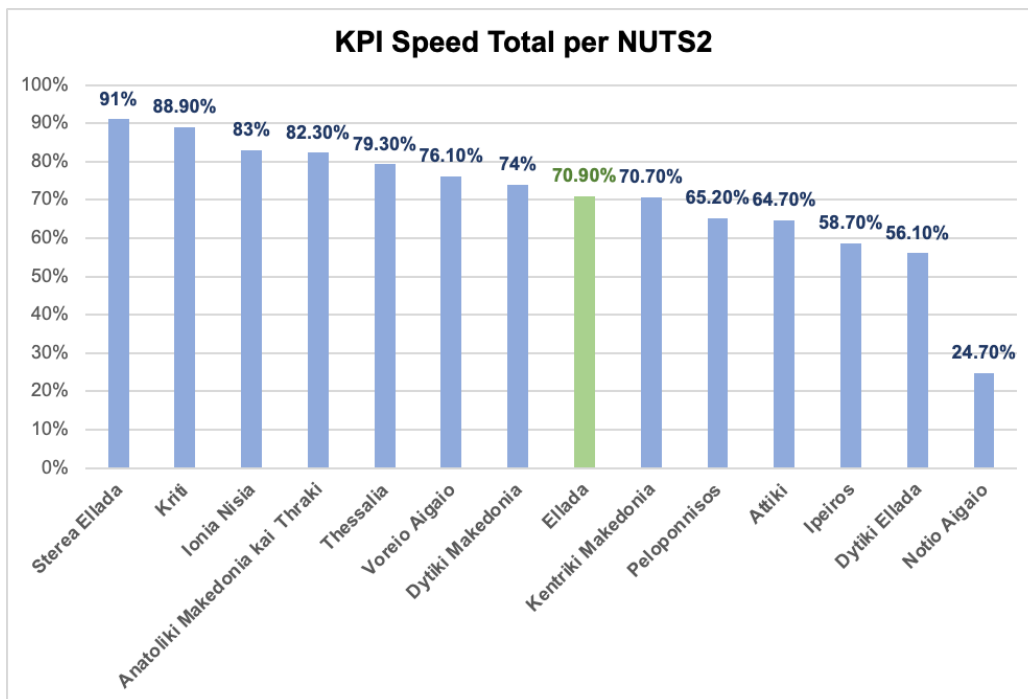
Διάγραμμα 4.5: Διάγραμμα Δείκτη Επίδοσης χρήσης ζώνης ασφαλείας από συνοδηγούς ανά Περιφέρεια



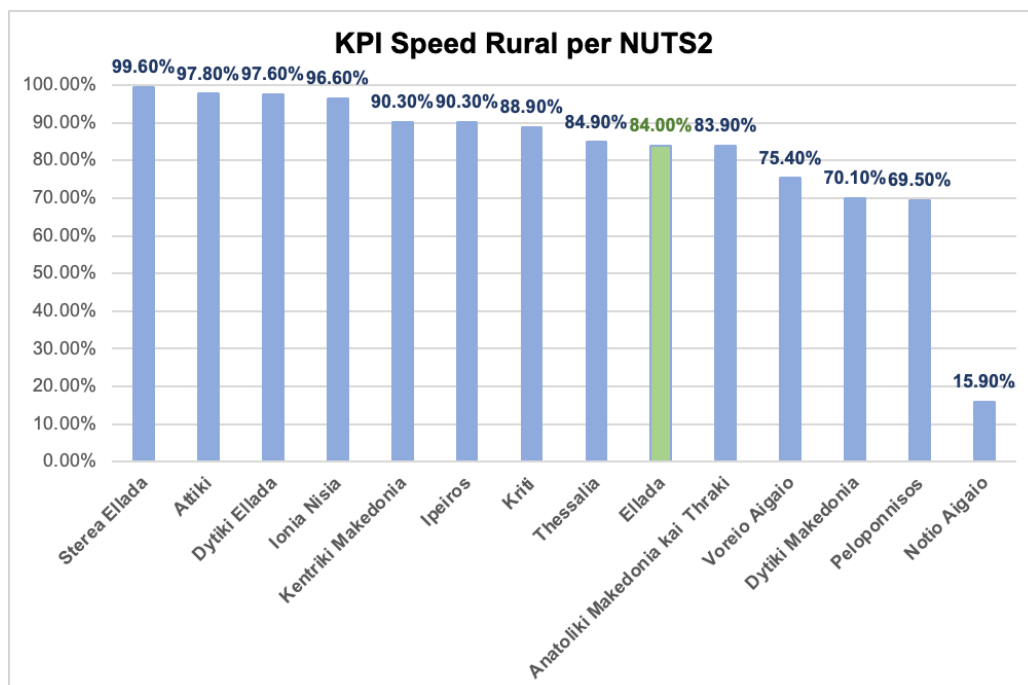
Διάγραμμα 4.6: Διάγραμμα Δείκτη Επίδοσης χρήσης ζώνης ασφαλείας από επιβάτες πίσω καθίσματος ανά Περιφέρεια



Διάγραμμα 4.7: Διάγραμμα Δείκτη Επίδοσης απόσπασης προσοχής οδηγών ανά Περιφέρεια

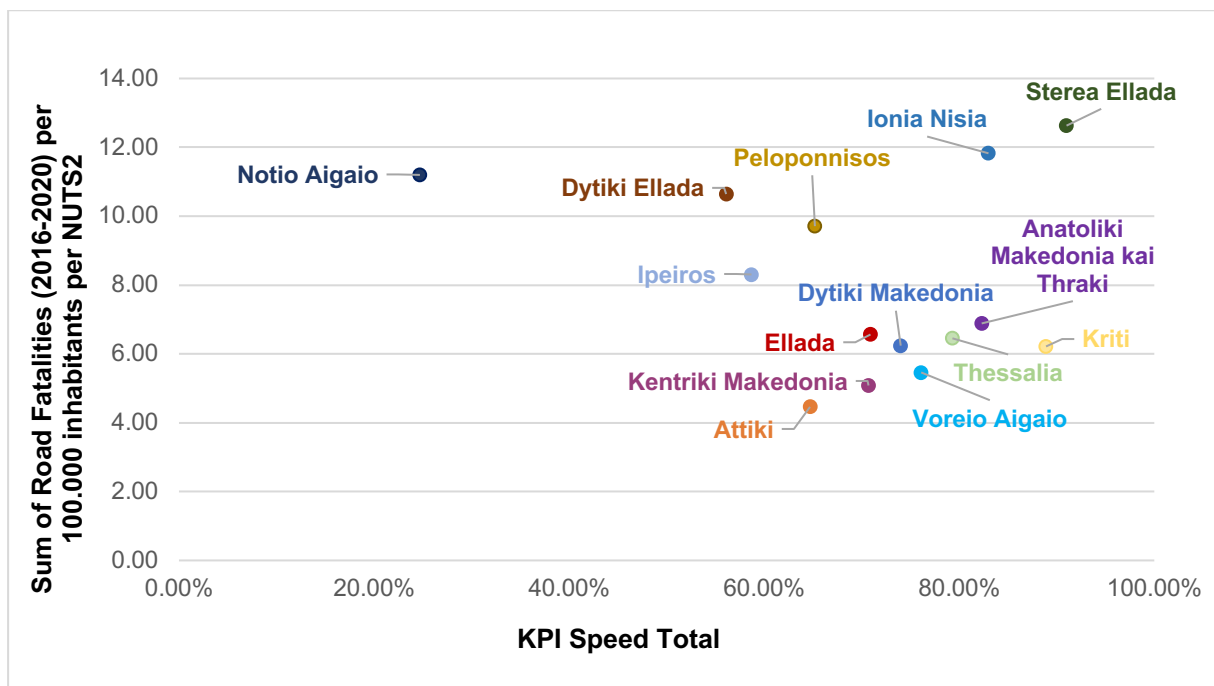


Διάγραμμα 4.8: Διάγραμμα Δείκτη Επίδοσης συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας ανά Περιφέρεια

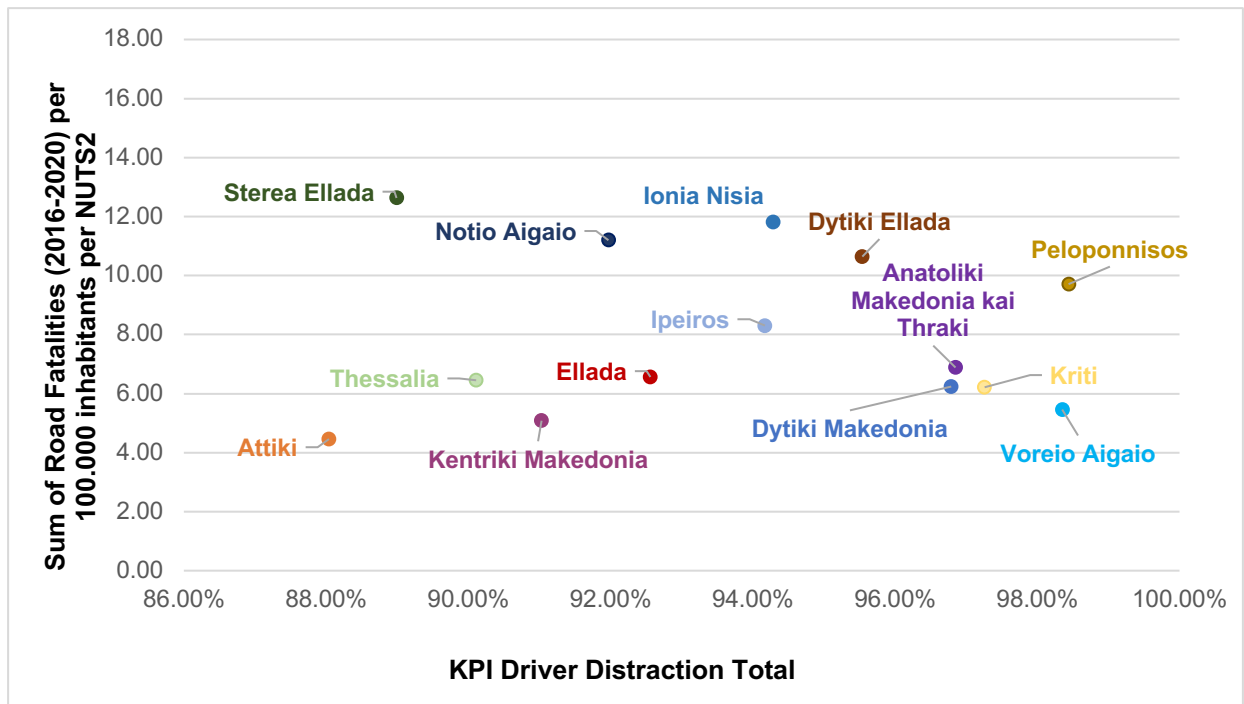


Διάγραμμα 4.9: Διάγραμμα Δείκτη Επίδοσης συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας ανά Περιφέρεια

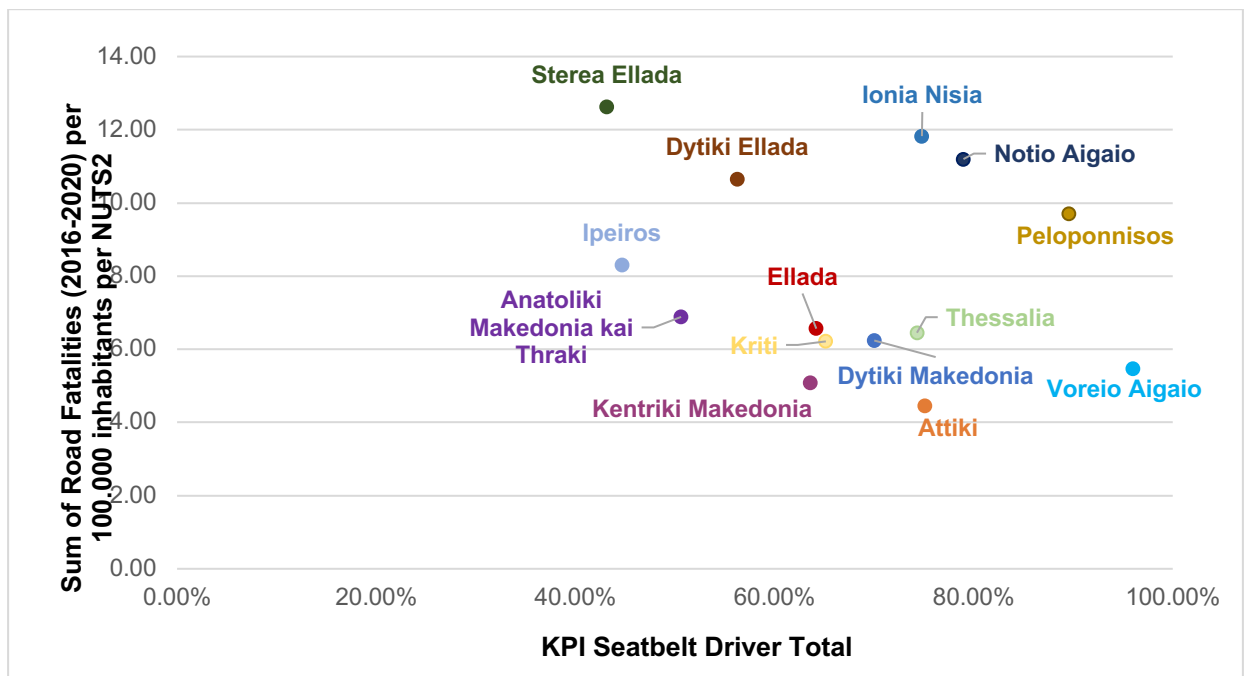
Στην συνέχεια σχεδιάστηκαν για τις Περιφέρειες ενδεικτικά διαγράμματα που παρουσιάζουν ταυτόχρονα τον αριθμό των νεκρών ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους από οδικά ατυχήματα με τους Δείκτες Επίδοσης συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας (Διάγραμμα 4.10), απόσπασης προσοχής από την χρήση συσκευών χειρός (Διάγραμμα 4.11), χρήσης ζώνης ασφαλείας από οδηγούς (Διάγραμμα 4.12) και χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού (Διάγραμμα 4.13). Τα διαγράμματα σχεδιάστηκαν προκείμενου να εξαχθεί μια πρώτη εικόνα για τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζουν την οδική ασφάλεια οι δείκτες αυτοί και αν τα αποτελέσματα των μοντέλων στη συνέχεια συνάδουν με αυτά.



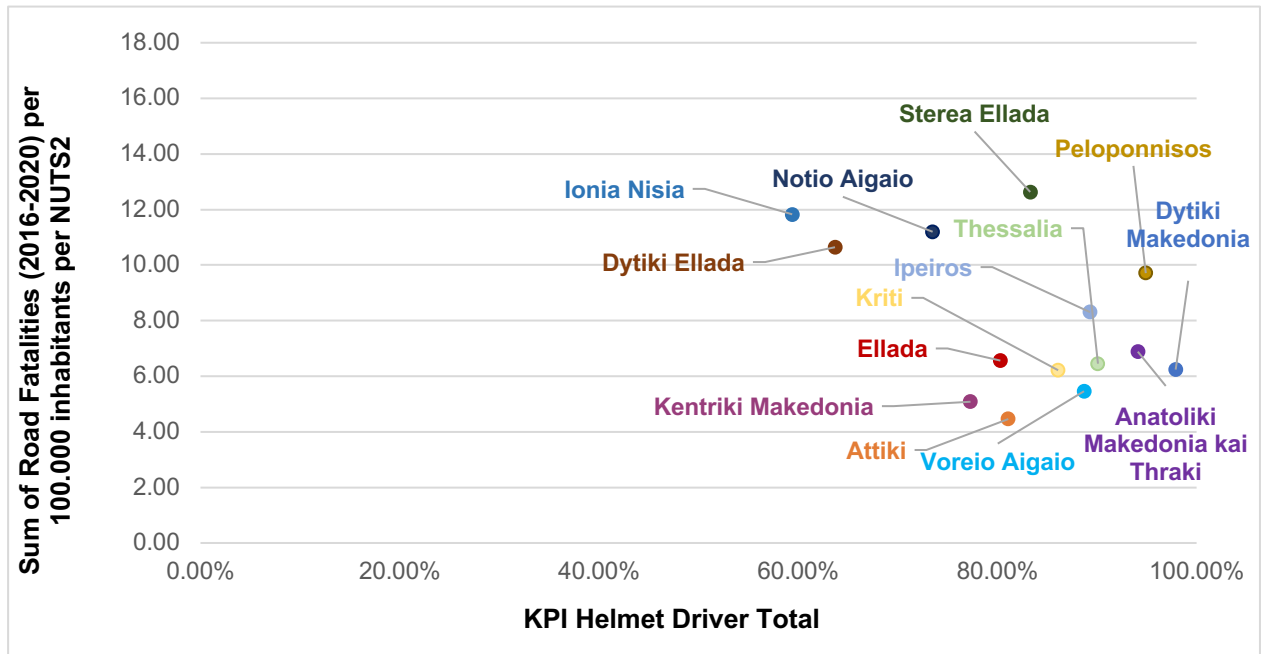
Διάγραμμα 4.10: Διάγραμμα Δείκτη Επίδοσης συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας με αριθμό νεκρών ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους



Διάγραμμα 4.11: Διάγραμμα Δείκτη Επίδοσης απόσπασης προσοχής με αριθμό νεκρών ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους



Διάγραμμα 4.12: Διάγραμμα Δείκτη Επίδοσης χρήσης ζώνης ασφαλείας από οδηγούς με αριθμό νεκρών ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους



Διάγραμμα 4.13: Διάγραμμα Δείκτη Επίδοσης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού με αριθμό νεκρών ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της. Διπλωματικής. Μετά την συλλογή και την επεξεργασία των στοιχείων στο πρόγραμμα Excel, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ακολούθησε η **στατιστική ανάλυση** των δεδομένων. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας είναι η εύρεση ενός μοντέλου, το οποίο θα εκφράζει τις κρίσιμες παραμέτρους που επηρεάζουν τον αριθμό των νεκρών σε οδικά ατυχήματα στις Περιφέρειες της Ελλάδος. Η μέθοδος που επιλέχθηκε για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων είναι η Γραμμική Παλινδρόμηση (linear regression), όπως ήδη αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3. Στο κεφάλαιο αυτό, επομένως, αναλύονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης κατάλληλων μοντέλων. Αξίζει να σημειωθεί πως αν και αναπτύχθηκαν και διερευνήθηκαν αρκετά μοντέλα κατά τη διαδικασία αυτή, τα περισσότερα από αυτά κρίθηκαν ανεπαρκή για την εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων ή απορρίφθηκαν από τους **στατιστικούς ελέγχους**. Επιπρόσθετα, αναπτύχθηκε και ένα μοντέλο με τη μέθοδο DEA. Η μέθοδος αυτή εξυπηρετεί τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής, μιας και προσφέρει την ικανότητα να κατατάξει τις Περιφέρειες ανάλογα με το πόσο αποδοτικές ή όχι είναι στην οδική ασφάλεια. Η κατάταξη αυτή γίνεται με την επιλογή κατάλληλων μεταβλητών και δοκιμών για την εξαγωγή ορθών και λογικών συμπερασμάτων. Όλα τα παραπάνω έγιναν με τους κατάλληλους κώδικες του προγραμματιστικού περιβάλλοντος R- studio. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των μοντέλων που αναπτύχθηκαν, τα οποία συνοδεύονται από την αντίστοιχη περιγραφή και επεξήγηση τους.

5.2 Γραμμική Παλινδρόμηση - Εισαγωγή Δεδομένων στην R-studio

Στόχος του μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης είναι να προσδιοριστεί πόσο και με ποιον τρόπο επηρεάζουν οι επιλεγμένες ανεξάρτητες μεταβλητές την εξαρτημένη, η οποία επιλέχθηκε να είναι ο αριθμός θανάτων από οδικά ατυχήματα ανά εκατό χιλιάδες πληθυσμό. Η επιλογή της γραμμικής παλινδρόμησης έγινε καθώς κρίθηκε ότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής και ακολουθεί περίπου κανονική κατανομή. Δημιουργήθηκε λοιπόν ένα script στο R- studio το οποίο θα βοηθήσει στην δημιουργία των επιθυμητών μοντέλων.

Αρχικά, εισάγουμε μέσω της εντολής “read excel” το κωδικοποιημένο αρχείο excel. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση όλων των βιβλιοθηκών που είναι

απαραίτητες. Για την ανάλυση των δεδομένων μέσω της R-Studio, κωδικοποιήθηκαν οι πληροφορίες που εμπεριέχονται στους συγκεντρωτικούς πίνακες ως εξής:

- **Nuts_2** : Περιφέρεια
- **Population** : Πληθυσμός
- **Den_Population** : Πυκνότητα Πληθυσμού
- **GPD** : Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ)
- **Employment** : Ποσοστό Εργασίας
- **Unemployment** : Ποσοστό Ανεργίας
- **Vehicle_Fleet** : Στόλος Οχημάτων
- **Personal_Cars** : Στόλος Ι.Χ οχημάτων
- **Motorcycle** : Στόλος μοτοσυκλετών
- **Percentage_PsCars** : Ποσοστό Ι.Χ οχημάτων
- **Percentage_Motorcycle** : Ποσοστό μοτοσυκλετών
- **Hospital_Beds** : Αριθμός νοσοκομειακών κλινών διαιρεμένο με τον πληθυσμό της κάθε Περιφέρειας
- **Tourist_Arrivals** : Αφίξεις ξένων τουριστών
- **Tertiary_Education** : Ποσοστό ατόμων με τριτοβάθμια εκπαίδευση
- **KPI_Helmet_Dr** : Δείκτης Επίδοσης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού από οδηγούς
- **KPI_Helmet_Pas** : Δείκτης Επίδοσης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού από συνοδηγούς
- **KPI_Seatb_Dr** : Δείκτης Επίδοσης χρήσης ζώνης από οδηγούς
- **KPI_Seatb_Fr** : Δείκτης Επίδοσης χρήσης ζώνης από συνοδηγούς
- **KPI_Seatb_BP** : Δείκτης Επίδοσης χρήσης ζώνης από επιβάτες πίσω καθισμάτων
- **KPI_Distracton** : Δείκτης Επίδοσης απόσπασης προσοχής λόγω χρήσης συσκευών χειρός
- **KPI_Speed** : Δείκτης Επίδοσης συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας
- **Fatalities_100.000** : Αριθμός νεκρών από οδικά ατυχήματα ανά εκατό χιλιάδες πληθυσμό
- **Driver_Fatalities_100.000 000** : Αριθμός νεκρών οδηγών από οδικά ατυχήματα ανά εκατό χιλιάδες πληθυσμό
- **Passanger_Fatalities_100.000000** : Αριθμός νεκρών επιβατών από οδικά ατυχήματα ανά εκατό χιλιάδες πληθυσμό

Στόχος του μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης είναι να προσδιορίσει πόσο και με ποιον τρόπο επηρεάζουν οι επιλεγμένες ανεξάρτητες μεταβλητές την εξαρτημένη. Έπειτα από σειρά δοκιμών με πολλές ανεξάρτητες μεταβλητές από τις προαναφερθείσες και ως σταθερή εξαρτημένη μεταβλητή την **Fatalities_100.000** βρέθηκε ότι το βέλτιστο μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης περιλαμβάνει τις παρακάτω μεταβλητές:

model1: KPI_Helmet_Dr, KPI_Distracton, GPD, Hospital_Beds , Employment

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε στην R-Studio για την υλοποίηση του μοντέλου :

```
###Diploma Thesis script
rm(list=ls()) #NUKEM FOR CLEAN SLATE !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
### Import dataset
library(readxl)
KPIData2 <- read_excel("Documents/LydiaPapagianniThesis-Version17.xlsx",
                      sheet = "Master_Table")
View(KPIData2)
str(KPIData2)

###convert variables into factor
KPIData2$Region_Number <- as.factor(KPIData2$Region_Number)

###Check for NA values
any(is.na(KPIData2))

###descriptive statistics for scale variables and frequencies for categorical
summary(KPIData2)

###correlation estimation for numeric data - Grab only numeric columns
KPIData2_numeric<-KPIData2[,sapply(KPIData2, is.numeric)]
CorMatrix1 <- cor(KPIData2_numeric,method = c("pearson"))
CorMatrix1

#visualize correlation matrix
corrplot::corrplot(CorMatrix1, method = "square", tl.col = "black", type = "lower")
###linear regression
#we should select independent variables that are not highly correlated (correlation <
0.5)
model3 <- lm(Fatalities_100.000 ~ KPI_Helmet_Dr + KPI_Distracton + KPI_Speed
+ GPD + Hospital_Beds + Employment , data = KPIData2) #fits a regression model
summary(model3) #we want R squared as high as possible (it takes values from 0 to
1),
#we want p_value<0.05 for all independent variables

###Collinearity testing only for variables that will be considered ###VIF check - GVIF
library(car)
vif(model3) #requires car package
```

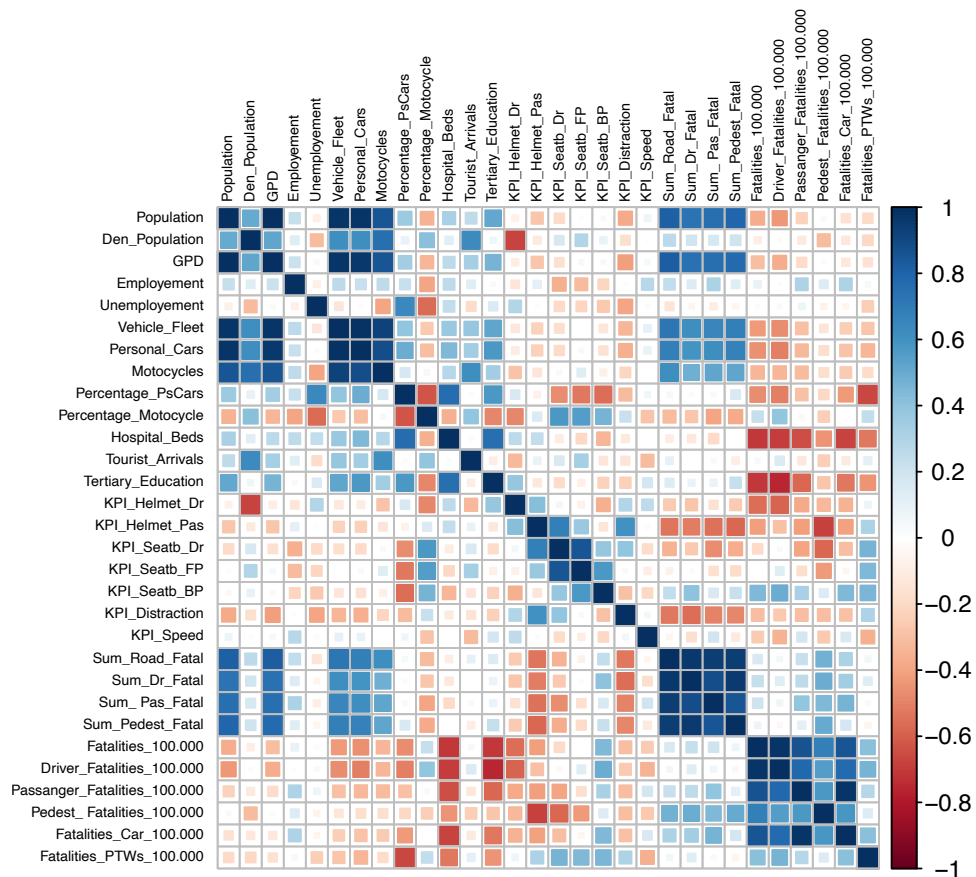
Εικόνα 5.1: Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε στην R-Studio

Παρακάτω παρατίθενται οι βασικές εντολές που χρησιμοποιήθηκαν στον παραπάνω κώδικα, μαζί με την επεξήγησή τους αντίστοιχα:

- **Rm(list=ls())** -> διαγράφει όλα τα υπάρχοντα αντικείμενα πριν την εκτέλεση του κώδικα
- **Install.packages()** -> εγκαθιστά ένα «πακέτο» εντολών, το όνομα του οποίου αναγράφεται μέσα στην παρένθεση
- **Library()** -> φορτώνει το πακέτο εντολών που βρίσκεται μέσα στην παρένθεση, έτσι ώστε οι εντολές του πακέτου να είναι έτοιμες προς χρήση
- **Read.excel()** -> διαβάζει ένα αρχείο μορφής Excel
- **View()** -> ανοίγει σε νέα καρτέλα ένα αντικείμενο με μορφή πίνακα
- **Str()** -> προβάλλει την εσωτερική δομή ενός αντικειμένου, τα στοιχεία του
- **As.factor** -> μετατρέπει μία στήλη από αριθμητική σε παραγοντική
- **Any(is.na())** -> ελέγχει αν λείπει κάποια τιμή από τα δεδομένα, δηλαδή είναι κενό (NA=Not Available)
- **Sapply(KPIData2,is.numeric)** -> παίρνει την μεταβλητή KPIData2 και επιστρέφει όλες τις στήλες, τα στοιχεία των οποίων είναι αριθμητικά
- **Cor()** -> δημιουργεί έναν πίνακα συσχέτισης όλων των μεταβλητών μεταξύ τους. Μέσα στην παρένθεση καθορίζεται η μέθοδος συσχέτισης π.χ. c("pearson")
- **Corrplot()** -> δημιουργεί μια εικόνα με τον πίνακα συσχέτισης για οπτική επεξήγηση
- **Lm()** -> δημιουργεί το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης. Μέσα στην παρένθεση καθορίζεται πρώτα η εξαρτημένη μεταβλητή και μετά το ~ όλες οι ανεξάρτητες και τέλος η πηγή των δεδομένων μεταβλητών
- **Summary()** -> παρουσιάζει μια σύνοψη των αποτελεσμάτων
- **Vif()** -> ελέγχει την πολυγραμμικότητα μεταξύ των συντελεστών

Επίσης, κρίθηκε πως η Περιφέρεια Αττικής δεν θα συμπεριληφθεί στο μοντέλο καθώς παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις στα δεδομένα, σε σχέση με τις υπόλοιπες Περιφέρειες, με κίνδυνο να προκύπταν ακατάλληλα στατιστικά μοντέλα.

Τέλος, παρατίθενται ο **πίνακας συσχέτισης** για το μοντέλο, που με βάση αυτόν πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμές στο μοντέλο με μεταβλητές που είχαν χαμηλή συσχέτιση μεταξύ τους και υψηλή με την εξαρτημένη μεταβλητή. Το μοντέλο που παράχθηκε ελέγχθηκε στατιστικά, ώσπου επιλέχθηκαν το καταλληλότερο μοντέλο που κάλυπτε τους απαραίτητους ελέγχους και απέδιδε λογικά συμπεράσματα.



Εικόνα 5.2: Πίνακας συσχέτισης μεταβλητών για το μοντέλο

5.3. Ανάπτυξη και εφαρμογή μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης

Στο σημείο αυτό, γίνεται η ανάλυση του μοντέλου που αναπτύχθηκε με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης, το οποίο αναφέρθηκε και παραπάνω και είναι:

- **model1:** KPI_Helmet_Dr, KPI_Distractio, GPD, Hospital_Beds , Employment

Region_N umber	NUTS_2	KPI_Helm et_Dr	KPI_Distr action	KPI_Spee d	GPD	Hospital_ Beds	Emple ment
1	Anatoliki Makedonia kai Thraki	94.10%	96.85%	82.30%	6870	404.32	39.11%
2	Kentriki Makedonia	77.30%	91.03%	70.70%	24400	448.79	38.01%
3	Dytiki Makedonia	97.90%	96.79%	74%	4141	413.22	38.03%
4	Ipeiros	89.30%	94.17%	58.70%	3932	439.16	37.70%
5	Thessalia	90.10%	90.11%	79.30%	9060	535.32	39.45%
6	Stereia Ellada	83.30%	88.99%	91%	8369	156.93	36.72%
7	Ionia Nisia	59.40%	94.29%	83%	3134	289.11	39.98%
8	Dytiki Ellada	63.70%	95.54%	56.10%	7932	301.23	39.53%
9	Peloponnisos	94.90%	98.44%	65.20%	8083	219.07	39.16%
11	Voreio Aigaio	88.70%	98.35%	76.10%	2470	294.91	31.87%
12	Notio Aigaio	73.50%	91.97%	24.70%	6074	312.75	35.38%
13	Kriti	86.10%	97.26%	88.90%	8921	379.80	40.44%

Πίνακας 5.1 : Μεταβλητές του μοντέλου

Ο έλεγχος ποιότητας του μοντέλου παρουσιάζεται παρακάτω:

Coefficients	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	VIF
Σταθερός Όρος	42.2642252	5.0006471	8.452	0.000381	
KPI_Helmet_Dr	2.6947173	1.3960246	-1.93	0.11145	1.456636
KPI_Distracton	-41.313744	5.0915203	-8.114	0.000461	1.368765
KPI_Speed	-4.2619732	0.8707728	-4.894	0.004496	1.236786
GPD	-0.000196	0.0000287	-6.828	0.001028	1.331093
Hospital_Beds	-0.0184702	0.0015474	-11.936	0.0000728	1.336911
Employment	0.4848459	0.0688249	7.045	0.00089	1.335422

Πίνακας 5.2 : Αποτελέσματα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης

Επομένως η μαθηματική σχέση που περιγράφει τον αριθμό των νεκρών ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους από οδικά ατυχήματα είναι η ακόλουθη :

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Fatalities_{100.000}} = & 42.264 - 2.695 * \mathbf{KPI_Helmet_Dr} - 41.314 * \\
 & \mathbf{KPI_Distracton} - 4.262 * \mathbf{KPI_Speed} - 0.0002 * \mathbf{GPD} - 0.018 * \\
 & \mathbf{Hospital_Beds} + 0.485 * \mathbf{Employment}
 \end{aligned}$$

Τα πρόσημα των συντελεστών της συνάρτησης έχουν λογική εξήγηση καθώς το θετικό πρόσημο που εμφανίζεται στο ποσοστό Εργασίας δείχνει πως όσο αυξάνεται το ποσοστό αυτό, αυξάνεται και ο αριθμός των νεκρών σε οδικά ατυχήματα ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους. Τα αρνητικά πρόσημα που αντιστοιχούν στον Δείκτη Επίδοση χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού από οδηγού, στον Δείκτη Επίδοσης απόσπασης προσοχής λόγω χρήσης συσκευών χειρός, στον Δείκτη Επίδοση συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας, στο Α.Ε.Π και στον αριθμό νοσοκομειακών κλινών, επίσης εξηγούνται λογικά καθώς όσο αυξάνονται τα μεγέθη αυτά, ο αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους θα μειώνεται. Επίσης, σε όλες τις παραμέτρους εκτός από τον Δείκτη Επίδοσης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού, ικανοποιείται ο έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας των ανεξάρτητων μεταβλητών σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Ο Δείκτη Επίδοσης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού, θα μπορούσε να θεωρηθεί οριακά στατιστικά σημαντικός σε επίπεδο εμπιστοσύνης 90%. Ακόμη, ο δείκτης ποιότητας R^2 είναι ίσος με 0.969, κρίνεται αρκετά ικανοποιητικός, ιδιαίτερα σε σύγκριση με άλλες δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, ενώ οι δείκτες πολυγραμμικότητας έχουν τιμές μικρότερες του πέντε και επομένως δεν εμφανίζεται ζήτημα πολυσυγγραμμικότητας μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών μεταξύ τους. Συνεπώς το μοντέλο είναι αποδοτικό στη συσχέτιση της εξαρτημένης με τις ανεξάρτητες μεταβλητές που έχουν εισαχθεί.

5.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

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

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

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

Ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών δίνεται ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη μεταβλητή. Εφαρμόζοντας την παραπάνω σχέση για καθεμία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές των μοντέλων που δημιουργήθηκαν και υπολογίζοντας τον μέσο όρο προέκυψαν οι εξής τιμές:

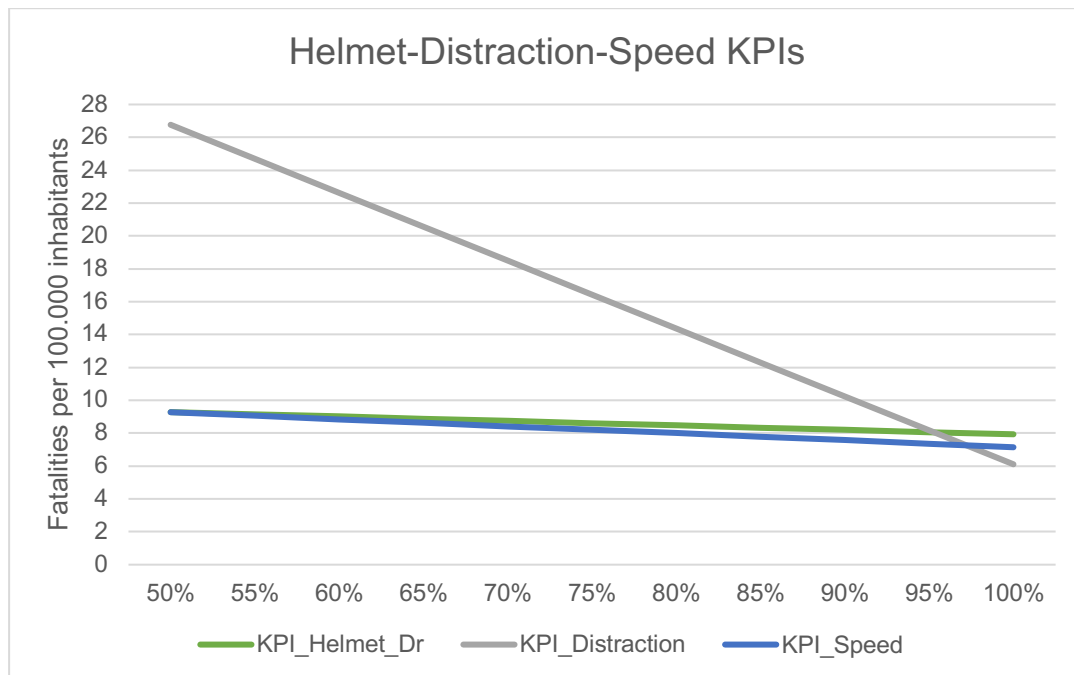
Ανεξάρτητες μεταβλητές	ΜΟΝΤΕΛΟ 2016-2020		
	Τιμές συντ.	Σχετική επιρροή	
		e_i^* (σχετική επιρροή)	e_i (ελαστικότητα)
Σταθερός όρος	42.2642252		
KPI_Helmet_Dr	-2.6947173	1.00	-0.181
KPI_Distractio	-41.313744	86.48	-15.660
KPI_Speed	-4.2619732	6.75	-1.222
GPD	-0.0001960	3.588	-0.650
Hospital_Beds	-0.0184702	14.785	-2.677
Employment	0.4848459	-40.665	7.364

Πίνακας 5.3 : Σχετική επιρροή μεταβλητών μοντέλου

Η μεταβλητή του Δείκτη Επίδοσης της απόσπασης προσοχής παρουσιάζει περίπου 86 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την μεταβλητή του κατά κεφαλή Α.Ε.Π. Η μεταβλητή του ποσοστού Εργασίας παρουσιάζει 40 φορές μεγαλύτερη επιρροή από τη μεταβλητή του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π.

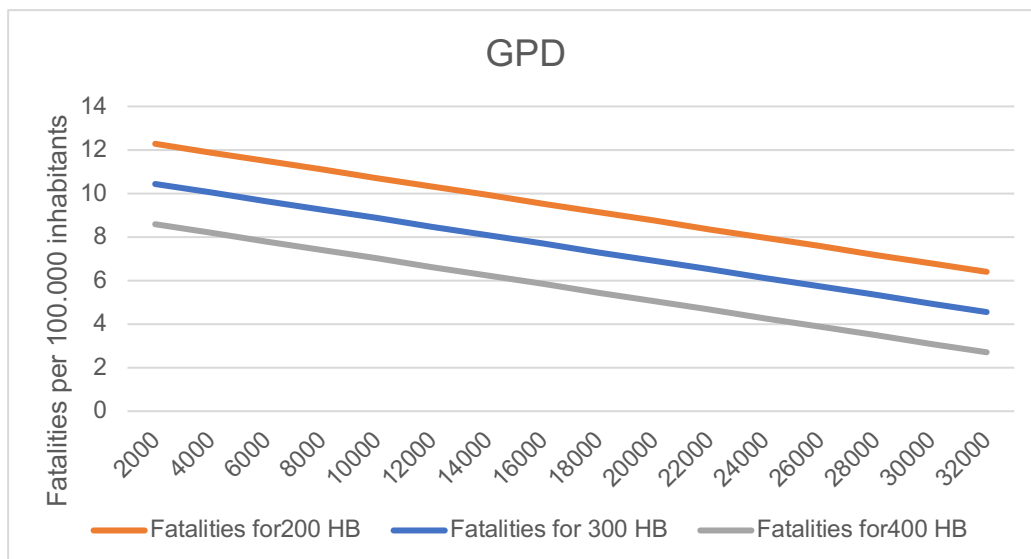
5.5. Ανάλυση Ευαισθησίας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται ορισμένα **διαγράμματα ευαισθησίας** που αναπτύχθηκαν με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη. Τα διαγράμματα αυτά προκύπτουν εάν στην τελική εξίσωση κάθε μοντέλου παραμείνουν σταθερές οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές και δίνονται διάφορες τιμές στην εξεταζόμενη ανεξάρτητη μεταβλητή.



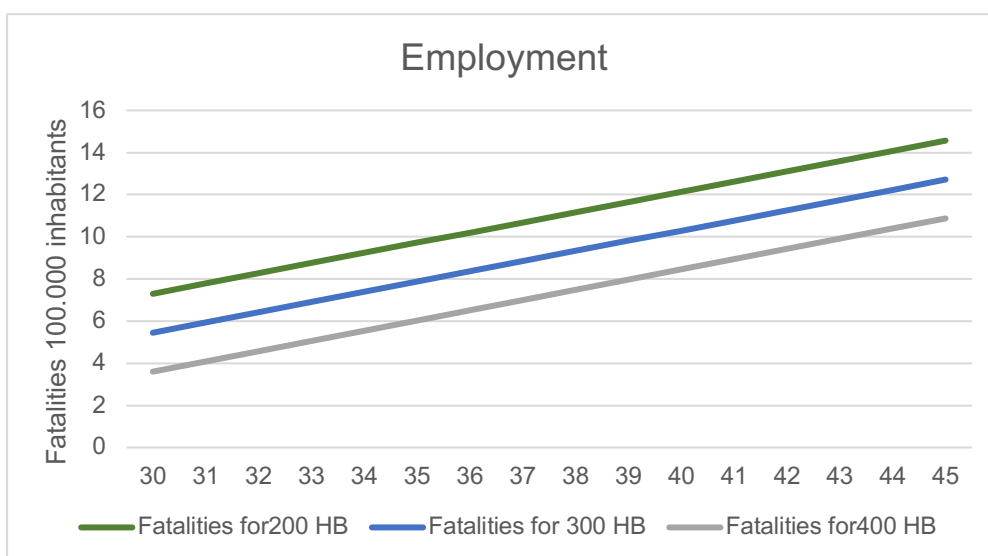
Διάγραμμα 5.1 : Ανάλυση Ευαισθησίας Δεικτών Επίδοσης – Θανάτους ανά εκατό χιλιάδες κάτοικους

Από το διάγραμμα ευαισθησίας των Δεικτών Απόδοσης (KPIs), διαπιστώνεται ότι ο Δείκτης Απόδοσης απόσπασης προσοχής από την χρήση συσκευών χεριών, παρουσιάζει αρκετά μεγαλύτερη κλίση από τους Δείκτες Απόδοσης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού και συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας γεγονός που συνεπάγεται ότι η απόσπαση προσοχής έχει πολύ μεγαλύτερη επιρροή στους θανάτους από οδικά ατυχήματα συγκριτικά με τους άλλους δείκτες απόδοσης. Ενδεικτικά για μία μεταβολή του Δείκτη Επίδοσης από 85% στα 90% για τον Δείκτη Απόδοσης απόσπασης προσοχής οι θάνατοι μειώνονται από 61 στους 51 ανά εκατό χιλιάδες, ενώ για τον Δείκτη Απόδοσης χρήσης προστατευτικού και συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας παρατηρείται μείωση στους Θανάτους ανά 100.000 κατοίκους της τάξεως του ενός νεκρού.



Διάγραμμα 5.2 : Ανάλυση Ευαισθησίας κατά κεφαλήν Α.Ε.Π – Θανάτους ανά εκατό χιλιάδες κάτοικους

Βλέποντας το Διάγραμμα 5.2 προκύπτει το συμπέρασμα ότι ο αριθμός των νεκρών μειώνεται ανάλογα με την αύξηση του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π, έχοντας σταθερές τις υπόλοιπες τιμές. Αυτό συμβαίνει, όπως και αναφέρθηκε στην βιβλιογραφική ανασκόπηση καθώς το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π πρόκειται για ένα δείκτη που υποδεικνύει την οικονομική ανάπτυξη μίας Περιφέρειας και τη συνήθως συνεπαγόμενη υψηλότερη κουλτούρα οδικής ασφάλειας που συμπεριλαμβάνει καλύτερους οδηγούς, καλύτερα οχήματα και καλύτερες υποδομές. Οι τιμές των νεκρών ανά εκατό χιλιάδες λαμβάνουν μικρότερες τιμές για αύξηση του αριθμού των νοσοκομειακών κλινών ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους μιας Περιφέρειας, καθώς καταγράφεται καλύτερη ιατρική περίθαλψη.



Διάγραμμα 5.3: Ανάλυση Ευαισθησίας ποσοστού εργασίας – Θανάτους ανά εκατό χιλιάδες κάτοικους

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 5.3, μια αύξηση του ποσοστού εργασίας επιφέρει αύξηση των θανάτων ανά εκατό χιλιάδες. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί καθώς αύξηση του ποσοστού απασχόλησης συνεπάγεται με περισσότερες μετακινήσεις για τους εργαζόμενους και την μεγαλύτερη δυνατότητα απόκτησης οχημάτων. Ο μικρότερος αριθμός νοσοκομειακών κλινών ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους φαίνεται να προκαλεί περισσότερους θανάτους ανά εκατό χιλιάδες πληθυσμό.

5.6 Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA)

Στο σημείο αυτό, περιγράφεται το μοντέλο που προέκυψε σύμφωνα με τη μέθοδο περιβάλλουσας ανάλυσης δεδομένων (DEA). Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε με σκοπό την κατάταξη των Περιφερειών και την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις οδικά ασφαλείς ή μη Περιφέρειες της Ελλάδας. Το μοντέλο αυτό, όπως έγινε και με το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης, δεν συμπεριλαμβάνει την Περιφέρεια Αττικής. Η συγκεκριμένη Περιφέρεια θεωρήθηκε, όπως και προηγουμένως, ακατάλληλη για το μοντέλο, καθώς τα δεδομένα της είναι σε διαφορετική τάξεως κλίμακας συγκριτικά με τις υπόλοιπες Περιφέρειες, με αποτέλεσμα να μην απέδιδαν λογικά αποτελέσματα.

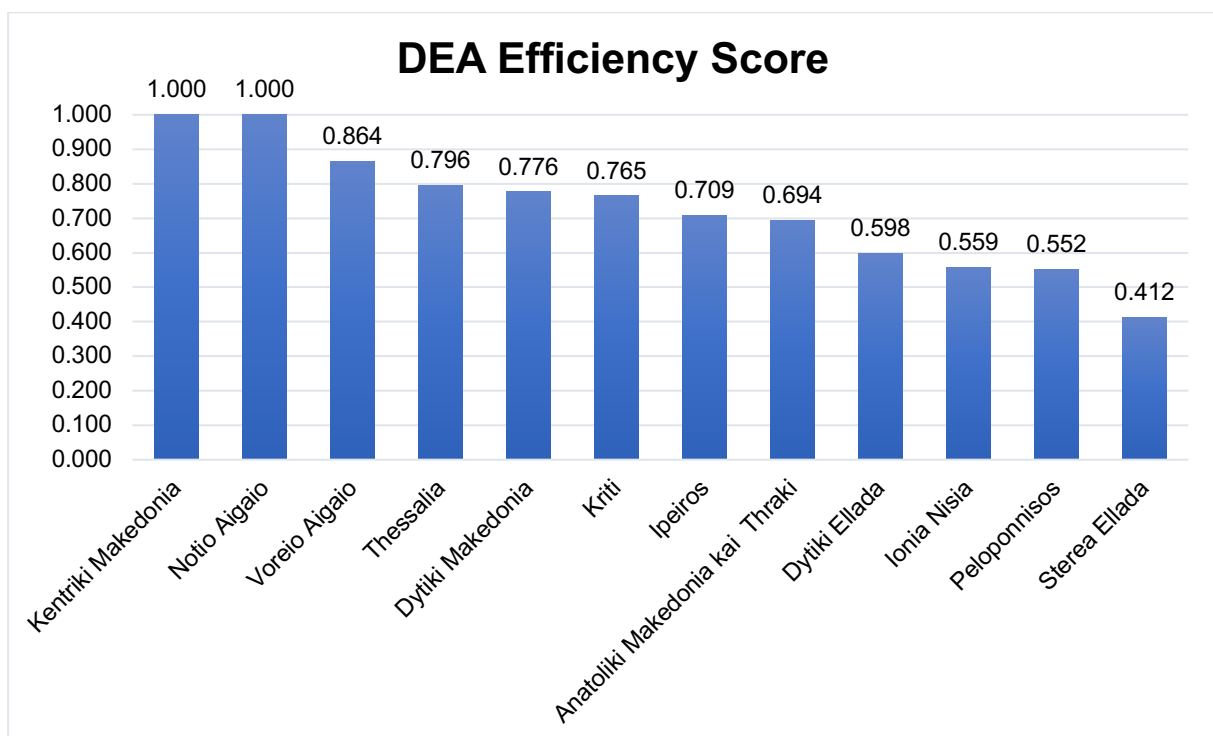
Η αποδοτικότητα, στο πλαίσιο της μεθόδου Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων, αναφέρεται στην ικανότητα μίας μονάδας λήψης αποφάσεων (DMU), εδώ ως DMU, θεωρήθηκαν οι Περιφέρειες, να επιτύχει το υψηλότερο δυνατό επίπεδο παραγωγής της μεταβλητής εξόδου, χρησιμοποιώντας της ελάχιστη ποσότητα εισροών της μεταβλητής εισόδου. Η DEA είναι μια μη παραμετρική μέθοδος που χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει τη σχετική αποδοτικότητα των DMU, όπως εταιρείες ή οργανισμοί, συγκρίνοντας τις σχέσεις των μεταβλητών εισόδου-εξόδου τους. Μια αποδοτική DMU στην μέθοδο DEA είναι αυτή που λειτουργεί στα σύνορα παραγωγής, πράγμα που σημαίνει ότι εκμεταλλεύεται πλήρως τους πόρους εισόδου για να παράγει το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα, ενώ οποιεσδήποτε άλλες DMU θεωρούνται μη αποδοτικές εάν υπολείπονται αυτού του ορίου. Η αποδοτικότητα στην μέθοδο DEA υποδηλώνει την βέλτιστη χρήση των πόρων και λειτουργεί ως κριτήριο για την αξιολόγηση και τη βελτίωση της απόδοσης σε διάφορους τομείς και βιομηχανίες.

Αρχικά, για την παραγωγή του μοντέλου, καθαρίζονται τα δεδομένα από προηγούμενη εκτέλεση του προγράμματος και φορτώνονται οι απαραίτητες βιβλιοθήκες εντολών στην R-Studio. Στη συνέχεια, φορτώθηκαν τα δεδομένα του εγγράφου Excel σε μία μεταβλητή με την οποία δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων για την ανάπτυξη του μοντέλου. Για την συγκριτική αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος DEA με *input oriented model*. Στην περίπτωση της DEA η αποδοτικότητα υπολογίζεται μεγιστοποιώντας τα *outputs* και ελαχιστοποιώντας τα *inputs*. Για το λόγο αυτό για να γίνει η ανάλυση της αποδοτικότητας στο μοντέλο χρησιμοποιήθηκε ως *outputs* όχι ο αριθμός των νεκρών ανά εκατό χιλιάδες από οδικά ατυχήματα, αλλά ο λόγος ένα προς

τους νεκρούς ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία της DEA καθώς μεγιστοποίηση του output συνεπάγεται με την ελαχιστοποίηση των αριθμό των νεκρών ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους.

Για την ανάλυση, ως input θεωρήθηκαν διαφορετικές μεταβλητές (π.χ. Δείκτης Επίδοσης χρήσης ζώνης ασφαλείας, πληθυσμός, Α.Ε.Π κτλ.). Το Return to Scale (RTS) θεωρήθηκε Constant Return to Scale (crs) το οποίο σημαίνει ότι η αύξηση στα inputs οδηγεί σε ανάλογη αύξηση στο output. Χρησιμοποιείται το model_basic ώστε να λυθεί το μοντέλο CCR DEA με συνολική τεχνική αποδοτικότητα και όχι σχετική αποδοτικότητα και το orientation είναι input-oriented. Έγιναν διάφορες δοκιμές με αρκετούς συνδυασούς μεταβλητών. Ωστόσο, παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της καλύτερης δοκιμής. Η δοκιμή αυτή περιλαμβάνει τις μεταβλητές του αριθμού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα, και τους Δείκτες Επίδοσης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού, απόσπασης προσοχής από τη χρήση συσκευών χεριού και συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η κατάταξη των Περιφερειών με βάση τα αποτελέσματα της DEA. Οι Περιφέρειες με το υψηλότερο σκορ για τις επιδόσεις οδικής ασφάλειας είναι η Κεντρική Μακεδονία και το Νότιο Αιγαίο ενώ οι Περιφέρειες με το χαμηλότερο σκορ είναι τα Ιόνια Νησιά, η Πελοπόννησος και η Στερεά Ελλάδα.



Διάγραμμα 5.4: Αποτελέσματα μοντέλου DEA

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : Συμπεράσματα

6.1. Σύνοψη αποτελεσμάτων

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **σύγκριση του επιπέδου οδικής ασφάλειας μεταξύ των Περιφερειών της Ελλάδος**. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η επιρροή διάφορων χαρακτηριστικών των Περιφερειών στο συνολικό αριθμό των θυμάτων λόγω οδικών ατυχημάτων με τη χρήση στατιστικών μοντέλων.

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

Ακολούθως πραγματοποιήθηκε η **συλλογή και επεξεργασία των στατιστικών στοιχείων**, που κρίθηκαν απαραίτητα για την επίτευξη του προαναφερόμενου στόχου. Η συλλογή των δεδομένων χωρίστηκε σε δύο επιμέρους μέρη. Αρχικά ένα μέρος των δεδομένων συλλέχθηκε από ερευνητική ομάδα, μέσω **μετρήσεων πεδίου** για τέσσερις Βασικούς Δείκτες Επίδοσης Οδικής Ασφάλειας (ταχύτητα, χρήση ζώνης ασφαλείας, χρήση προστατευτικού εξοπλισμού και απόσπαση προσοχής οδηγού εξαιτίας συσκευών χειρός).

Οι **μετρήσεις πεδίου** πραγματοποιήθηκαν σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις του οδικού δικτύου σε **πόλεις και των δεκατριών Περιφερειών της Ελλάδος** (Αθήνα, Χαλκίδα, Κέρκυρα, Ηράκλειο, Ιωάννινα, Κοζάνη, Λάρισα, Πάτρα, Ρόδος, Θεσσαλονίκη, Τρίπολη, Ξάνθη, Νάξος, Σάμος). Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν παρατηρήσεις επί της οδού σε τοποθεσίες ανά τύπο οδού (αστικές οδοί, υπεραστικές οδοί και αυτοκινητόδρομοι), όπου ως αστικές οδοί ορίζονται οι οδοί εντός των κατοικημένων περιοχών, ενώ ως υπεραστικές οδοί ορίζονται οι οδοί εκτός κατοικημένων περιοχών, πλην των αυτοκινητοδρόμων. Όλες οι μετρήσεις πεδίου πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της ημέρας, τις καθημερινές (Δευτέρα-Παρασκευή) και τα Σαββατοκύριακα.

Στη συνέχεια στο δεύτερο μέρος, συλλέχθηκαν απαραίτητα στοιχεία για τα οικονομικά, δημογραφικά, κοινωνικά, υγειονομικά και μεταφορικά **χαρακτηριστικά κάθε Περιφέρειας**, από **βάσεις** διάφορων οργανισμών όπως EUROSTAT και ΕΛ.ΣΤΑΤ και αναπτύχθηκε η σχετική βάση δεδομένων.

Τη συλλογή των δεδομένων ακολούθησε η κατάλληλη επεξεργασία τους προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη μεθοδολογία και να πραγματοποιηθεί η εισαγωγή τους στο ειδικό στατιστικό λογισμικό R-Studio. Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το **Γραμμικό Μοντέλο Παλινδρόμησης** και ύστερα από αρκετές δοκιμές και διάφορους συνδυασμούς, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο για όλες τις Περιφέρειες της Ελλάδος πλην της Περιφέρειας της Αττικής. Ο λόγος γι' αυτό είναι ότι η Αττική είναι υπερβολικά μεγαλύτερη Περιφέρεια σε πληθυσμό και πολλά από τα χαρακτηριστικά που

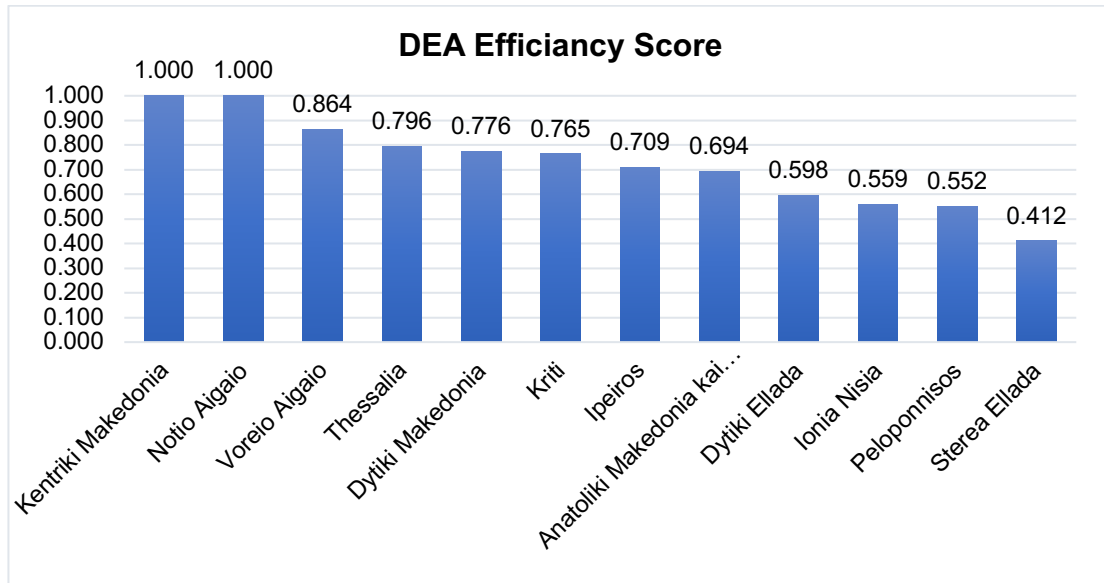
αναφέρθηκαν παίρνουν ακραίες τιμές, με αποτέλεσμα να διαφέρει σημαντικά από τις υπόλοιπες 12 Περιφέρειες. Τα μοντέλα αυτά ολοκληρώθηκαν με τον υπολογισμό της ευαισθησίας και της ελαστικότητας των ανεξάρτητων μεταβλητών, όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Estimate	t value	ei*
Σταθερός Όρος	42.264	8.452	-
Δείκτης Επίδοσης Χρήσης Προστατευτικού Εξοπλισμού (κράνους)	-2.695	-1.93	1.000
Δείκτης Επίδοσης Απόσπασης Προσοχής	-41.314	-8.114	86.478
Δείκτης Επίδοσης Συμμόρφωσης στα Όρια Ταχύτητας	-4.262	-4.894	6.750
Α.Ε.Π	0.000	-6.828	3.588
Νοσοκομειακές Κλίνες	-0.018	-11.936	14.785
Ποσοστό Εργασίας	0.485	7.045	-40.665
R²		0.969	

Πίνακας: Συγκεντρωτικός πίνακας μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης

Τέλος, πραγματοποιήθηκε **Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων** (Data Envelopment Analysis – DEA), μέσω της οποίας έγινε κατάταξη των εξεταζόμενων Περιφερειών αναλόγως των επιδόσεών τους στην οδική ασφάλεια. Στην περίπτωση της DEA η αποδοτικότητα υπολογίζεται μεγιστοποιώντας τα outputs και ελαχιστοποιώντας τα inputs. Για το λόγο αυτό για να γίνει η ανάλυση της αποδοτικότητας στο μοντέλο χρησιμοποιήθηκε ως outputs όχι ο αριθμός των νεκρων ανά εκατό χιλιάδες από οδικά ατυχήματα, αλλά ο λόγος ένα προς τους νεκρούς ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία της DEA καθώς μεγιστοποίηση του output συνεπάγεται με την ελαχιστοποίηση των αριθμό των νεκρών ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους. Μελετώντας τα στοιχεία, έπειτα από κατάλληλες δοκιμές, δημιουργήθηκε το τελικό μοντέλο DEA. Τα αποτελέσματα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων συνοψίζονται παρακάτω:

Inputs	KPI Helmet DR	KPI Distraction	KPI Speed
Outputs	1/Fatalities per 100.000 inhabitants		



Διάγραμμα: Αποτελέσματα μοντέλου DEA

6.2. Συνολικά συμπεράσματα

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

1. Διαπιστώθηκε ότι η **αύξηση του Δείκτη Επίδοσης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού συσχετίζεται με τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα**. Αυτό συμβαίνει καθώς με την χρήση προστατευτικού εξοπλισμού μειώνεται η σοβαρότητα του ατυχήματος, μειώνοντας τον κίνδυνο θανάτου.
2. Η **αύξηση του Δείκτη Επίδοσης απόσπασης προσοχής λόγω χρήσης συσκευών χειρός επιφέρει σημαντική μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα** ανά 100.000 κατοίκους. Η αύξηση του δείκτη αυτού υπονοεί την μεγαλύτερη προσοχή των χρηστών της οδού, κατά την οδήγηση, με αποτέλεσμα την αποφυγή οδικών ατυχημάτων και επομένως να σημειώνονται λιγότερα θανατηφόρα ατυχήματα.
3. Η **αύξηση του Δείκτη Επίδοσης συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας οδηγεί σε μείωση των θανάτων στα οδικά ατυχήματα** ανά εκατό χιλιάδες κατοίκους. Πιθανή εξήγηση είναι ότι η αύξηση της ταχύτητας, αυξάνει την ορμή του οχήματος κατά την κρούση, η οποία με την σειρά της αυξάνει την επικινδυνότητα των ατυχημάτων που προκύπτουν. Παράλληλα, οι μεγάλες ταχύτητες

συνεπάγονται και μεγαλύτερη απόσταση πέδησης του οχήματος κατά το φρενάρισμα και σε πιθανές εκτροπές του οχήματος από την πορεία του όταν ο οδηγός εκτελεί μικρές στροφές στο τιμόνι.

4. **Η αύξηση του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π συσχετίζεται με τη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.** Πρόκειται για ένα δείκτη που υποδεικνύει την οικονομική ανάπτυξη μίας Περιφέρειας και τη συνήθως συνεπαγόμενη υψηλότερη κουλτούρα οδικής ασφάλειας που συμπεριλαμβάνει καλύτερους οδηγούς, καλύτερα οχήματα και καλύτερες υποδομές. Επιπλέον η συσχέτιση αυτή είναι σύμφωνη με τη διεθνή βιβλιογραφία.
5. **Η αύξηση του αριθμού των νοσοκομειακών κλινών ανά 100.000 κατοίκους οδηγεί στη μείωση του αριθμού των θανάτων από οδικά ατυχήματα.** Υψηλός αριθμός νοσοκομειακών κλινών σημαίνει ίσως η ύπαρξη μεγαλύτερης διαθεσιμότητας στα νοσοκομεία για την περίθαλψη των τραυματιών, υποδηλώνει μεγαλύτερο αριθμό ιατρικού προσωπικού και ενδεχομένως καλύτερη ιατρική περίθαλψη. Επίσης ο αριθμός των νοσοκομειακών κλινών αποτελεί και δείκτη της οικονομίας μίας περιοχής. Όπως έχει αποδειχτεί από σχετικές βιβλιογραφίες, τέτοιοι οικονομικοί δείκτες σχετίζονται με τη μείωση των οδικών ατυχημάτων και των θυμάτων σε αυτά.
6. Διαπιστώθηκε ότι **η αύξηση του ποσοστού Εργασίας οδηγεί στην αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.** Ενδεχομένως όταν υπάρχει υψηλό ποσοστό εργασίας, περισσότεροι πολίτες θα μετακινούνται και ιδιαίτερα τις ώρες αιχμής για να φτάσουν στον χώρο εργασίας τους. Επίσης θα προχωρήσουν σε αγορά οχήματος, και θα κάνουν μεγαλύτερη χρήση αυτών αφού διαθέτουν την οικονομική δυνατότητα. Δηλαδή, αυξάνονται τα οχηματοχιλιόμετρα, με άμεση επίπτωση τη αύξηση των ατυχημάτων και των επερχόμενων θανάτων από αυτά.
7. Στο μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης χωρίς την Περιφέρεια Αττικής ο **Δείκτης Επίδοσης απόσπασης προσοχής προκαλεί 86 φορές μεγαλύτερη επιρροή στον αριθμό των θανάτων** ανά 100.000 σε σχέση με τον Δείκτη Επίδοσης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού. Το **ποσοστό Εργασίας** αντίστοιχα έχει **40 φορές μεγαλύτερη επιρροή.**
8. Όσον αφορά στο μοντέλο της μεθόδου DEA, παρατηρείται ότι οι **Περιφέρειες της Κεντρικής Μακεδονίας και του Νοτίου Αιγαίου είναι οι πλέον αποδοτικές** με σκορ ίσο με 1. Οι υπόλοιπες Περιφέρειες δεν είναι αποδοτικές με τις χειρότερες από αυτές να είναι αυτή της Πελοποννήσου με σκορ 0,55 και αυτή της Στερεάς Ελλάδος με σκορ 0,41.

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

6.3. Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας

Με βάση τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη σύνθεση των αποτελεσμάτων, αλλά και σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία, είναι δυνατό να διατυπωθούν οι συνολικές προτάσεις της Διπλωματικής Εργασίας, που ενδεχομένως μπορούν να συμβάλουν στην βελτίωση τόσο της συμπεριφοράς των χρηστών της οδού όσο και γενικότερα της οδικής ασφάλειας όπως αυτές συνοψίζονται παρακάτω.

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

Επιπλέον, η Πολιτεία οφείλει να εντατικοποιήσει τους ελέγχους σε διάφορα κύρια τμήματα οδών, ώστε οι οδηγοί να είναι σε επαγρύπνηση, ενώ ταυτόχρονα να επιβάλλονται κυρώσεις σε όλους εκείνους που εξακολουθούν να μην τηρούν τα μέτρα οδικής ασφάλειας.

Επιπροσθέτως, μέσω της συγκριτικής αξιολόγησης των επιδόσεων οδικής ασφάλειας των περιφερειών, δίνεται η ευκαιρία να εντοπιστούν οι Περιφέρειες με τις καλύτερες επιδόσεις και να αποτελέσουν πρότυπα για τις υπόλοιπες Περιφέρειες μέσω διαφόρων καλών πρακτικών οδικής ασφάλειας που εφαρμόζουν.

Ακόμη, καλό θα ήταν να υπάρχουν στρατηγικά σχέδια οδικής ασφάλειας και να τίθενται στόχοι σε επίπεδο Περιφέρειας. Κάθε Περιφέρεια πρέπει να έχει συγκεκριμένους στόχους για τη μείωση των ατυχημάτων και των παθούντων καθώς και για τη συντήρηση του οδικού δικτύου, ώστε να κινδυνεύουν όσο το δυνατόν λιγότερο οι χρήστες της οδού

Τέλος, η τοποθέτηση προηγμένων τεχνολογιών σε αρκετά τμήματα οδών θα βοηθούσε στον εντοπισμό των παραβατών, καθώς η φυσική παρουσία της Τροχαίας θα ήταν αδύνατη σε πολλά σημεία.

6.4. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας διερευνήθηκαν οι οικονομικοί, κοινωνικοί και κυκλοφοριακοί δείκτες επίδοσης που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια στις Περιφέρειες της Ελλάδος. Για την ευρύτερη μελέτη του αντικειμένου της οδικής

ασφάλειας και των τροχαίων ατυχημάτων των Περιφερειών, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η διερεύνηση των παρακάτω:

- Δεδομένου ότι στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, το σύνολο των μετρήσεων συλλέχθηκε κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενδιαφέρον θα είχε η συλλογή στοιχείων κατά τη διάρκεια της νύχτας, με σκοπό τη συσχέτιση της ζώνης ασφαλείας και κράνους με βάση την ώρα της ημέρας. Το βράδυ η οδήγηση λαμβάνει χώρα σε οδούς με μικρότερο κυκλοφοριακό φόρτο, όπου οι οδηγοί αμελούν την σοβαρότητα της ζώνης ασφαλείας και κράνους και της συμμόρφωσης στα όρια ταχύτητας.
- Σύγκριση των αποτελεσμάτων με αντίστοιχα μοντέλα άλλων χωρών, όπως για παράδειγμα τα Κράτη-Μέλη και οι Περιφέρειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Συλλογή περισσότερων δεδομένων για κάθε Περιφέρεια όπως για παράδειγμα μήκος οδικού δικτύου, μήκος υπεραστικών οδών κ.α.. Συμπεριλαμβανομένων των επιπλέον μεταβλητών, θα διαμορφωνόταν μια πιο σφαιρική εικόνα για την επίδοση στην οδική ασφάλεια των Περιφερειών στα οδικά ατυχήματα
- Επίσης, ενδιαφέρον έχει και η δοκιμή διαφορετικών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης με σκοπό την ανάπτυξη μοντέλων που ενδεχομένως δίνουν εξίσου σημαντικά αποτελέσματα.
- Επιπροσθέτως, ένα ακόμη βήμα περαιτέρω έρευνας θα ήταν να συλλεχθούν δεδομένα από περισσότερα έτη για τους Δείκτες Επίδοσης οδικής ασφαλείας καθώς και άλλες μεταβλητές, ώστε να διερευνηθεί περαιτέρω η συσχέτιση τους με την οδική ασφάλεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] WHO- World Health Organization www.who.int/en
- [2] European Commission (2023) Annual statistical report on road safety in the EU, 2022. European Road Safety Observatory. Brussels, European Commission, Directorate General for Transport. <https://ec.europa.eu/transport/>
- [3] Ιαβέρης (2020). Safe driving guide. From National issue https://www.iaveris.gr/images/ethniko_thema_book.pdf
- [4] ΕΛΣΤΑΤ (2021). <http://www.statistics.gr>
- [5] European Transport Safety Council (2023). *Road Safety Data* <https://etsc.eu/>
- [6] EUROSTAT – Ευρωπαϊκή Στατιστική Αρχή. <https://ec.europa.eu/eurostat>
- [7] Partyka, S. C. (1984). Simple models of fatality trends using employment and population data. *Accident Analysis & Prevention*, 16(3), 211-222.
- [8] Wagenaar, A. C. (1984). Effects of macroeconomic conditions on the incidence of motor vehicle accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 16(3), 191-205.
- [9] Ruhm, Christopher J. (2000), 'Are Recessions Good For Your Health?', *Quarterly Journal of Economics*, 115 (2), 617-50.
- [10] Noland, R. B. (2003). Traffic fatalities and injuries: the effect of changes in infrastructure and other trends. *Accident Analysis & Prevention*, 35(4), 599-611.
- [11] Kopits, E., & Cropper, M. (2005). Traffic fatalities and economic growth. *Accident analysis & prevention*, 37(1), 169-178.
- [12] Kopits, E., & Cropper, M. (2008). Why have traffic fatalities declined in industrialised countries?: Implications for pedestrians and vehicle occupants. *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, 42(1), 129-154.
- [13] Krüger, N. A. (2012). Estimating traffic demand risk—a multiscale analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(10), 1741-1751.
- [14] Kweon, Y. J. (2015). What affects annual changes in traffic safety? A macroscopic perspective in Virginia. *Journal of safety research*, 53, 17-21.
- [15] Jacobs, G. D., & Cutting, C. A. (1986). Further research on accident rates in developing countries. *Accident Analysis & Prevention*, 18(2), 119-127.
- [16] Söderlund, N., & Zwi, A. B. (1995). Traffic-related mortality in industrialized and less developed countries. *Bulletin of the World Health Organization*, 73(2), 175.
- [17] Clark, D. E. (2003). Effect of population density on mortality after motor vehicle collisions. *Accident Analysis & Prevention*, 35(6), 965-971.
- [18] Γιαννής Γ., Τσουμάνη Α. Συσχετίσεις μακροσκοπικών παραμέτρων οδικής ασφάλειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, Διπλωματική Εργασία, 77 Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2006

- [19] Sánchez-Mangas, A. García-Ferrer, A. De Juan, and A. M. Arroyo, "The probability of death in road traffic accidents. How important is a quick medical response?," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 42, no. 4, pp. 1048–1056, 2010.
- [20] Yannis, G., Papadimitriou, E., & Folla, K. (2014). Effect of GDP changes on road traffic fatalities. *Safety science*, 63, 42-49.
- [21] 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.
- [22] Adekoya N, Thurman DJ, White DD, Webb KW. Surveillance for traumatic brain injury deaths--United States, 1989-1998. *MMWR Surveill Summ*. 2002 Dec 6;51(10):1-14. PMID: 12529087.
- [23] Christensen, D. J. (2022). Harm and helmets: How harmful social costs fail to justify paternalistic health and safety regulations. *Political Research Quarterly*, 75(4), 1271-1283.
- [24] Yannis, G., Laiou, A., Vardaki, S., Papadimitriou, E., Dragomanovits, A., & Kanellaidis, G. (2012). A statistical analysis of motorcycle helmet wearing in Greece. *Advances in Transportation Studies*, 27, 69-82.
- [25] Stimpson, J. P., Wilson, F. A., & Muelleman, R. L. (2013). Fatalities of pedestrians, bicycle riders, and motorists due to distracted driving motor vehicle crashes in the US, 2005–2010. *Public Health Reports*, 128(6), 436-442.
- [26] Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.
- [27] Egilmez, G., & McAvoy, D. (2013). Benchmarking road safety of US states: a DEA-based Malmquist productivity index approach. *Accident Analysis & Prevention*, 53, 55-64.
- [28] Shen, Y., Hermans, E., Ruan, D., Vanhoof, K., Brijs, T., & Wets, G. (2010). A DEA-based Malmquist productivity index approach in assessing road safety performance. In *Computational Intelligence: Foundations and Applications* (pp. 923-928).
- [29] Bastos, J. T., Shen, Y., Hermans, E., Brijs, T., Wets, G., & Ferraz, A. C. P. (2015). Traffic fatality indicators in Brazil: State diagnosis based on data envelopment analysis research. *Accident Analysis & Prevention*, 81, 61-73.
- [30] Behnood, H. R., Ayati, E., Brijs, T., Neghab, M. P., & Shen, Y. (2017, October). A fuzzy decision-support system in road safety planning. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport* (Vol. 170, No. 5, pp. 305-317). Thomas Telford Ltd.
- [31] Kang, L., & Wu, C. (2021). Measuring the development of Chinese provincial road safety over the period 2007–2016. *Measurement*, 175, 109133.