



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

# Η επιρροή των χαρακτηριστικών κινητικότητας στις επιδόσεις δημόσιων συγκοινωνιών και οδικής ασφάλειας σε επιλεγμένες Ευρωπαϊκές πόλεις

Διπλωματική Εργασία



**Δημήτριος Γεωργακόπουλος**

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

Αθήνα, Ιούλιος 2021

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω εγκάρδια τον Δημήτρη Νικολάου, Υποψήφιο Διδάκτορα Ε.Μ.Π., για την πολύτιμη βοήθειά του, τις συμβουλές και τις υποδείξεις του σε διάφορα ζητήματα που προέκυψαν, αλλά και για την υπομονή του και την διαρκή παρουσία του καθόλη τη διάρκεια της εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους εξής Φορείς και Αρχές Ευρωπαϊκών πόλεων, που αφιέρωσαν χρόνο για τη συμπλήρωση ερωτηματολογίου και συνέβαλαν στην ανάπτυξη της Διπλωματικής Εργασίας: Vervoerregio Amsterdam, VBB Verkehrsverbund Berlin – Brandenburg, Budapest University of Technology and Economics (BME) – Faculty of Transportation Engineering and Vehicle Engineering, Copenhagen Technical and Environmental Administration, Transport for London (TfL), Agenzia Mobilita Ambiente Territorio (AMAT), Bilbao City Hall, Oslo Municipality Department of Welfare and Social Services, Prague City Hall Department of Transport, Trafikförvaltningen Region Stockholm.

Τέλος οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια και στους φίλους μου που βρίσκονταν δίπλα μου και με υποστήριζαν σε κάθε μου βήμα κατά τη διάρκεια των σπουδών.

Αθήνα, Ιούλιος 2021

Γεωργακόπουλος Δημήτρης

## ΣΥΝΟΨΗ

Στόχο της Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επιρροής χαρακτηριστικών κινητικότητας τόσο στις επιδόσεις των Δημοσίων Συγκοινωνιών (ΔΣ), μετρούμενη σε μετακινήσεις με τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (ΜΜΜ), όσο και της οδικής ασφάλειας, μετρούμενη σε νεκρούς από οδικά ατυχήματα. Για το σκοπό αυτό αξιοποιήθηκαν δεδομένα από τις ετήσιες εκθέσεις του πανευρωπαϊκού οργανισμού ΕΜΤΑ, ο οποίος συγκεντρώνει Αρχές ΔΣ από μεγάλες Ευρωπαϊκές πόλεις, και αφορούν σε χαρακτηριστικά πληθυσμού, οδικού δικτύου, κυκλοφορίας και κινητικότητας. Επιπλέον συλλέχθηκαν στοιχεία για τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα από την Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων CARE. Δημιουργήθηκε βάση δεδομένων που περιείχε τα στοιχεία των δύο οργανισμών για την περίοδο 2014 έως 2018 και αναπτύχθηκαν δύο ξεχωριστά στατιστικά μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για τον καθορισμό των στοιχείων που επηρεάζουν τη ζήτηση των ΔΣ και τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα. Από την εφαρμογή των προτύπων, προκύπτει αρχικά για τη ζήτηση ότι περισσότερες στάσεις λεωφορείων και τραμ, αύξηση του Α.Ε.Π., μεγαλύτερη πυκνότητα πληθυσμού και δημόσιοι φορείς διαχείρισης επηρεάζουν θετικά τη ζήτηση των ΔΣ, σε αντίθεση με την ιδιοκτησία ΙΧ και την τιμή του εισιτηρίου των ΜΜΜ που την επηρεάζουν αρνητικά. Ως προς την οδική ασφάλεια, η πυκνότητα πληθυσμού, οι στάσεις λεωφορείων και τραμ, το ποσοστό χρήσης “ήπιων” μορφών μετακίνησης (ποδήλατο, περπάτημα), το Α.Ε.Π. και η ταχύτητα του τραμ φαίνεται να οδηγούν σε μείωση των θανάτων στα οδικά ατυχήματα.

**Λέξεις κλειδιά:** Δημόσιες Συγκοινωνίες (ΔΣ), Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (ΜΜΜ), πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση, νεκροί οδικών ατυχημάτων, οργανισμός ΕΜΤΑ

## ABSTRACT

The aim of this Diploma Thesis is to investigate the impact of various mobility characteristics on performance of Public Transport (PT) in terms of Public Transport trips, as well as on performance of road safety in terms of road fatalities. For this purpose, data from the annual reports of the European organization EMTA were used, which includes Public Transport Authorities from several large European cities and concerns data about population, road network, traffic and mobility. Furthermore, data on road fatalities from the European database CARE were also collected. A database was developed containing data from the two organizations for the period 2014 – 2018 and two different statistical models were developed, using the multiple linear regression for defining the factors that influence the demand of PT and road fatalities accordingly. Firstly, the application of the model indicates that more bus and tram stops, increase of GDP, higher population density and public operation of PT have a positive impact on PT demand in comparison to car ownership and the increase of PT fares with a negative impact on PT demand. Secondly, population density, bus and tram stops, modal share of active travelling modes (walking, cycling), GDP and tram speed lead to decrease of road fatalities.

**Keywords:** Public Transport (PT), mass transit, multiple linear regression, road fatalities, organization EMTA

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση της επιρροής των χαρακτηριστικών κινητικότητας στη ζήτηση Δημοσίων Συγκοινωνιών, μετρούμενη σε μετακινήσεις με τα ΜΜΜ, όσο και στην οδική ασφάλεια, μετρούμενη σε νεκρούς από οδικά ατυχήματα, μέσω της χρήσης στατιστικών μοντέλων και για επιλεγμένες Ευρωπαϊκές πόλεις.

Τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου ακολούθησε η βιβλιογραφική ανασκόπηση, στην οποία εξετάστηκαν τα αποτελέσματα συναφών ερευνών με το θέμα της παρούσας εργασίας, τόσο σε ευρωπαϊκό, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Έπειτα πραγματοποιήθηκε η συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων. Αξιοποιήθηκαν δεδομένα από τις ετήσιες εκθέσεις του πανευρωπαϊκού οργανισμού ΕΜΤΑ που αφορούσαν σε χαρακτηριστικά κινητικότητας, πληθυσμού, οδικού δικτύου και κυκλοφορίας σε μεγάλες Ευρωπαϊκές πόλεις ή μητροπολιτικές περιοχές. Ως περίοδος μελέτης ορίστηκαν τα έτη 2014 έως 2018, ενώ για το αντικείμενο της οδικής ασφάλειας συλλέχθηκαν επιπλέον στοιχεία για τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα από τη βάση δεδομένων CARE. Όλα τα στοιχεία επεξεργάστηκαν και κωδικοποιήθηκαν κατάλληλα, ώστε να εισαχθούν στο πρόγραμμα R-Studio.

Για τη στατιστική ανάλυση των στοιχείων επιλέχθηκε η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση. Εξαρτημένες μεταβλητές των δύο διαφορετικών μοντέλων ορίστηκαν οι μετακινήσεις με ΜΜΜ ανά 100.000 κατοίκους και οι νεκροί από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους. Έπειτα από αρκετές δοκιμές στις οποίες εξετάστηκαν πολλοί συνδυασμοί από διαφορετικές ανεξάρτητες μεταβλητές, αναπτύχθηκαν τα δύο τελικά μοντέλα, ένα για τη ζήτηση των ΔΣ και ένα για την οδική ασφάλεια.

Τα δύο αυτά στατιστικά μοντέλα που προέκυψαν αποτυπώνουν τη συσχέτιση μεταξύ των εξαρτημένων και των παραγόντων που τις επηρεάζουν. Για την κατανόηση των παραγόντων και της σημασίας τους χρησιμοποιήθηκε το μέγεθος της σχετικής επιρροής, η οποία ποσοτικοποιεί την επιρροή της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά, κάνοντας επομένως δυνατή τη σύγκριση μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών στο ίδιο πρότυπο. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δύο μοντέλων.

Μεταβλητές	Ζήτηση MMM – Εκατομμύρια “Ταξίδια” με τα MMM ανά 100.000 κατοίκους			Οδική ασφάλεια – Θάνατοι από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους		
	Συντελεστές	εί Ελαστικότητα	ει* - Σχετική Επιρροή	Συντελεστές	εί Ελαστικότητα	ει* - Σχετική Επιρροή
Σταθερός Όρος	36.37000			6.78400		
Τιμή απλού εισιτηρίου	-10.30000	-0.99	<b>-5.46</b>			
Ιδιοκτησία ΙΧ ανά κατ.	-0.00048	-0.92	<b>-5.08</b>			
Διαχείριση MMM	13.12000	0.26				
Α.Ε.Π.	0.00048	0.81	<b>4.46</b>	-0.00002	-0.46	<b>2.45</b>
Στάσεις λεωφ τραμ	0.02500	0.26	<b>1.44</b>	-0.00148	-0.28	<b>1.47</b>
Πυκνότητα Πληθ	0.00454	0.18	<b>1.00</b>	-0.00016	-0.19	<b>1.00</b>
Ποσοστό χρήσης ήπιων μορφών				-3.11900	-0.52	<b>2.77</b>
Ταχύτητα τραμ				-0.10370	-1.56	<b>8.23</b>
R <sup>2</sup>	0.3303			0.6652		

**Πίνακας:** Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων στατιστικών μοντέλων

Κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψε μια σειρά από συμπεράσματα, τα οποία είναι άμεσα συνδεδεμένα με τους στόχους και τα ερωτήματά της. Στο παρόν υποκεφάλαιο, αναφέρονται λοιπόν τα σημαντικότερα από αυτά:

1. Η **πυκνότητα πληθυσμού, το Α.Ε.Π. και οι στάσεις λεωφορείων και τραμ** είναι τρεις παράγοντες, οι οποίοι σύμφωνα με τα μοντέλα επηρεάζουν τόσο τη ζήτηση των ΔΣ, όσο και την οδική ασφάλεια στις πόλεις. Αυτό εκτός από τη σημασία των ίδιων των παραγόντων για τα επιμέρους ζητήματα, υποδεικνύει και την επιρροή που έχουν οι ΔΣ στην οδική ασφάλεια, και ειδικότερα τη θετική επίδραση που έχει η αυξημένη χρήση τους.
2. Η οργάνωση της κινητικότητας έχει εξέχουσα σημασία για τη σωστή και αποτελεσματική λειτουργία όλων των σχετικών τομέων στις μεγάλες Ευρωπαϊκές πόλεις, με αποτέλεσμα τη λειτουργία αρκετών διαφορετικών Αρχών. Σε όλα τα ζητήματα, τον πρωτεύοντα ρόλο έχουν οι **Τοπικές Αρχές**, ενώ η Κυβέρνηση συμμετέχει μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις. Παράλληλα σε λίγες πόλεις, παρατηρείται μια προσπάθεια για **ενιαία οργάνωση** και διαχείριση μέσω της λειτουργίας μίας συγκεκριμένης Αρχής για όλα τα ζητήματα, ενδεχομένως με στόχο τον καλύτερο συντονισμό μεταξύ διαφορετικών Αρχών.

### **ΖΗΤΗΣΗ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

3. Όπως έχει αναφερθεί και στη βιβλιογραφική ανασκόπηση, ένας από τους πλέον κρίσιμους παράγοντες που επιδρούν στη ζήτηση των ΔΣ είναι οι **τιμές των εισιτηρίων**. Με βάση και το μοντέλο που αναπτύχθηκε, ενδεχόμενη αύξηση της τιμής του απλού εισιτηρίου λειτουργεί ιδιαίτερα αρνητικά για τη ζήτηση. Οι επιβάτες των MMM, τα επιλέγουν συγκριτικά με τα επιβατικά οχήματα, σε μεγάλο βαθμό λόγω μειωμένου κόστους. Όσο λοιπόν αυξάνεται η τιμή, μειώνεται αυτό το πλεονέκτημα των MMM και οι επιβάτες ενδέχεται να στραφούν σε άλλες λύσεις, όπως τα επιβατικά τους οχήματα, τα οποία υπερτερούν σε χρόνο διαδρομής, άνεση και αξιοπιστία.

4. Περισσότερες **υποδομές επίγειων ΜΜΜ**, όπως λεωφορεία και τραμ, επηρεάζουν θετικά τις μετακινήσεις με τα ΜΜΜ. Όταν μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού έχει εύκολη και γρήγορη πρόσβαση σε στάση κάποιου ΜΜΜ, τότε αυξάνεται η πιθανότητα να το προτιμήσει σε σχέση με το επιβατικό του όχημα, εφόσον ο χρόνος διαδρομής δεν διαφέρει σημαντικά.
5. Αναφορικά με τη διαχείριση των διαφορετικών ΜΜΜ, φαίνεται πως ο δημόσιος χαρακτήρας τους μπορεί να έχει ισχυρή επίδραση στη χρήση τους. Στη **δημόσια διαχείριση**, τα ΜΜΜ θεωρούνται πρωτίστως ως δημόσιο αγαθό και λιγότερο ως επιχειρήσεις κερδοφορίας.
6. Μη συγκοινωνιακοί παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση των ΔΣ είναι το **Α.Ε.Π.**, η **πυκνότητα πληθυσμού** και η **ιδιοκτησία ΙΧ** ανά κατοίκους. Το Α.Ε.Π. και η πυκνότητα πληθυσμού επηρεάζουν θετικά τις μετακινήσεις με τα ΜΜΜ, σε αντίθεση με την ιδιοκτησία ΙΧ.

### **ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ**

7. Οι “**ήπιες**” **μορφές μετακίνησης**, οι βασικότερες από τις οποίες είναι το περπάτημα και το ποδήλατο, αποτελούν έναν κρίσιμο παράγοντα που συμβάλλει στη μείωση των νεκρών από οδικά ατυχήματα. Στις περισσότερες πόλεις της Ευρώπης, υπάρχουν πολύ καλά οργανωμένες υποδομές, όπως είναι τα πλατιά πεζοδρόμια και τα μεγάλα δίκτυα ποδηλατοδρόμων και οι οποίες παρέχουν την απαιτούμενη ασφάλεια στους χρήστες τους. Εφόσον λοιπόν το επιτρέπουν οι σωστά αναπτυγμένες υποδομές, οι συγκεκριμένοι τρόποι μετακίνησης θεωρούνται αρκετά ασφαλείς σε σχέση με το ΙΧ ή τη μοτοσυκλέτα, διότι οι ταχύτητες που αναπτύσσονται είναι σημαντικά χαμηλότερες.
8. Ιδιαίτερη σημασία για την οδική ασφάλεια έχουν οι **υποδομές και τα χαρακτηριστικά των οχημάτων των επίγειων ΜΜΜ**, όπως τα λεωφορεία και τα τραμ. Αυτά λειτουργούν σε αρκετά χαμηλότερες ταχύτητες συγκριτικά με τα επιβατικά οχήματα, ενώ και ως οχήματα παρέχουν ένα ικανοποιητικό επίπεδο ασφάλειας στους επιβάτες τους. Παράλληλα οι πολλές και σωστά οργανωμένες υποδομές και τα βελτιωμένα λειτουργικά χαρακτηριστικά των ΜΜΜ, τα καθιστούν πιο ελκυστικά, αυξάνοντας τη χρήση τους και συνεπώς μειώνοντας τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα.
9. Κρίσιμοι και για την οδική ασφάλεια φαίνεται πως είναι μη συγκοινωνιακοί παράγοντες και ειδικότερα η **πυκνότητα πληθυσμού** και το **Α.Ε.Π.**. Αύξηση της πυκνότητας πληθυσμού σημαίνει αναγκαστικά και αύξηση των οχημάτων και της κυκλοφοριακής συμφόρησης, με αποτέλεσμα οι ταχύτητες των οχημάτων να μειώνονται σημαντικά. Επομένως, ακόμα και σε περίπτωση οδικού ατυχήματος, αυτό πιθανώς δεν θα είναι τόσο σοβαρό και δεν θα επιφέρει κάποιον σοβαρό τραυματισμό ή και θάνατο. Παράλληλα, μία γενική οικονομική ανάπτυξη μπορεί να διευκολύνει μέσω της διάθεσης κατάλληλων πόρων την πραγματοποίηση έργων οδικής ασφάλειας, αλλά και την ανάπτυξη προγραμμάτων και ερευνών σχετικών με το ζήτημα. Επίσης, οι κάτοικοι σε περιοχές με αυξημένο Α.Ε.Π. έχουν πιθανώς την οικονομική άνεση να αποκτούν νέα και πιο ασφαλή οχήματα.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	1
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	5
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	6
1.4 ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	7
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	9
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
2.2 ΑΡΧΕΣ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΠΟΛΕΩΝ.....	9
2.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....	10
2.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΝΕΚΡΩΝ ΑΠΟ ΟΔΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ.....	12
2.5 ΣΥΝΟΨΗ.....	14
3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	17
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
3.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ.....	17
3.2.1 ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	17
3.2.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ.....	18
3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	19
4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	22
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	22
4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	22
4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	24
4.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	26
5. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΙΚΕΣ ΠΟΛΕΙΣ.....	31
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	31
ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	31
ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ.....	33
ΣΤΑΘΜΕΥΣΗ.....	34
ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕΤΡΩΝ.....	35
ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ.....	36
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	40
6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	41



6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	41
6.2. ΚΩΔΙΚΑΣ ΣΤΟ R-STUDIO.....	41
ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ.....	45
ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	45
6.3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΜΕ ΤΑ ΜΜΜ ΑΝΑ 100.000 ΚΑΤΟΙΚΟΥΣ.....	46
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	48
ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	49
ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.....	50
6.4. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΝΕΚΡΟΥΣ ΑΠΟ ΟΔΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΑΝΑ 100.000 ΚΑΤΟΙΚΟΥΣ.....	53
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	54
ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	55
ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.....	56
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	59
7.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	59
7.2 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	60
7.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	62
7.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	63
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	64

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

<b>Διάγραμμα 1.1:</b> Κατανομή εσωτερικών μετακινήσεων για το έτος 2017 στις ευρωπαϊκές χώρες ανάλογα με το μέσο [Πηγή: Eurostat] .....	3
<b>Διάγραμμα 1.2:</b> Νεκροί από οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο κατοίκους για τα κράτη μέλη της ΕΕ, την Ελβετία, την Ισλανδία και τη Νορβηγία για το έτος 2020 .....	4
<b>Διάγραμμα 1.3:</b> Μεταβολή νεκρών από οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο κατοίκους για τα κράτη μέλη της ΕΕ, την Ελβετία, την Ισλανδία και τη Νορβηγία για την περίοδο 2010 έως 2020 .....	5
<b>Διάγραμμα 3.1:</b> Ευθεία ελαχίστων τετραγώνων .....	19
<b>Διάγραμμα 4.1:</b> Μέσος όρος μετακινήσεων με τα ΜΜΜ ανά 100.000 κατοίκους και ανά χρονιά για τις εξεταζόμενες πόλεις και περιοχές [μετριέται σε εκατομμύρια] .....	27
<b>Διάγραμμα 4.2:</b> Μέσος όρος μετακινήσεων με τα ΜΜΜ ανά 100.000 κατοίκους και ανά πόλη για τα έτη 2014 έως 2018 [μετριέται σε εκατομμύρια] .....	27
<b>Διάγραμμα 4.3:</b> Μέσος όρος μετακινήσεων με τα ΜΜΜ ανά 100.000 κατοίκους και ανά χρονιά [μετριέται σε εκατομμύρια] & Μέσος όρος Α.Ε.Π. ανά χρονιά για τις εξεταζόμενες πόλεις και περιοχές .....	28
<b>Διάγραμμα 4.4:</b> Μέσος όρος των ποσοστών χρήσης διαφορετικών μορφών μετακίνησης ανά χρονιά για τις εξεταζόμενες πόλεις και περιοχές .....	28
<b>Διάγραμμα 4.5:</b> Μέσος όρος νεκρών από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους και ανά χρονιά για τις εξεταζόμενες πόλεις και περιοχές .....	29
<b>Διάγραμμα 4.6:</b> Μέσος όρος θανάτων από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους και ανά πόλη για την περίοδο 2014 έως 2018 .....	29
<b>Διάγραμμα 6.1:</b> Διάγραμμα ευαισθησίας – Εκατομμύρια μετακινήσεις με τα ΜΜΜ ανά 100.000 κατοίκους προς Α.Ε.Π. (υπόλοιπες μεταβλητές σταθερές) .....	49
<b>Διάγραμμα 6.2:</b> Διάγραμμα ευαισθησίας – Εκατομμύρια μετακινήσεις με τα ΜΜΜ ανά 100.000 κατοίκους προς στάσεις λεωφορείων και τραμ ανά 100.000 κατοίκους (υπόλοιπες μεταβλητές σταθερές) .....	49
<b>Διάγραμμα 6.3:</b> Διάγραμμα ευαισθησίας– Εκατομμύρια μετακινήσεις με τα ΜΜΜ ανά 100.000 κατοίκους προς τιμή απλού εισιτηρίου (υπόλοιπες μεταβλητές σταθερές) .....	50
<b>Διάγραμμα 6.4:</b> Διάγραμμα ευαισθησίας – Εκατομμύρια μετακινήσεις με τα ΜΜΜ ανά 100.000 κατοίκους προς ΙΧ ανά 100.000 κατοίκους εντός των περιοχών λειτουργίας των αρμόδιων Αρχών (υπόλοιπες μεταβλητές σταθερές) .....	50
<b>Διάγραμμα 6.5:</b> Διάγραμμα ευαισθησίας– Νεκροί από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους προς ποσοστό χρήσης “ήπιων” μορφών μετακίνησης στην περιοχή λειτουργίας αρμόδιων Φορέων ΔΣ .....	54
<b>Διάγραμμα 6.6:</b> Διάγραμμα ευαισθησίας – Νεκροί από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους προς στάσεις λεωφορείων και τραμ ανά 100.000 κατοίκους .....	55
<b>Διάγραμμα 6.7:</b> Διάγραμμα ευαισθησίας – Νεκροί από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους προς ταχύτητα τραμ σε χιλιόμετρα ανά ώρα .....	56

<b>Διάγραμμα 6.8:</b> Διάγραμμα ευαισθησίας – Νεκροί από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους προς Α.Ε.Π. ....	56
---	----

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Εικόνα 1.1:</b> Εκπομπές ρύπων μετρημένες σε γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα (CO <sub>2</sub> ) ανά χιλιόμετρο και άτομο, και απαιτούμενος χώρος ανά μετακινούμενο επιβάτη σε τετραγωνικά μέτρα (τ.μ.) .....	2
<b>Εικόνα 1.2:</b> Στάδια Μεθοδολογίας Διπλωματικής Εργασίας .....	7
<b>Εικόνα 4.1:</b> Οργανισμός ΕΜΤΑ (European Metropolitan Transport Authorities) .....	22
<b>Εικόνα 4.2:</b> Απόσπασμα από τη βάση δεδομένων στο πρόγραμμα Microsoft Excel .....	26
<b>Εικόνα 6.1:</b> Εισαγωγή των αρχείων Excel της βάσης δεδομένων (σε μορφή xlsx) στο πρόγραμμα R-Studio .....	41
<b>Εικόνα 6.2:</b> Α' τμήμα κώδικα από το πρόγραμμα R-Studio .....	41
<b>Εικόνα 6.3:</b> Β' τμήμα κώδικα από το πρόγραμμα R-Studio .....	42
<b>Εικόνα 6.4:</b> Τμήμα του πίνακα συσχετίσεων όπως προκύπτει από το πρόγραμμα R-Studio .....	44
<b>Εικόνα 6.5:</b> Μεταβλητές του μοντέλου όπως προκύπτουν από την ανάλυση στο R-Studio.....	47
<b>Εικόνα 6.6:</b> Ποιοτικά χαρακτηριστικά του μοντέλου .....	47
<b>Εικόνα 6.7:</b> Μεταβλητές του μοντέλου όπως προκύπτουν από την ανάλυση στο R-Studio.....	52
<b>Εικόνα 6.8:</b> Ποιοτικά χαρακτηριστικά του μοντέλου .....	53

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 3.1:</b> Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t της κατανομής Student .....	20
<b>Πίνακας 4.1:</b> Δεδομένα που συλλέχθηκαν από τις ετήσιες εκθέσεις του οργανισμού ΕΜΤΑ και οι κωδικές ονομασίες τους για την εισαγωγή τους στο Excel. ....	23
<b>Πίνακας 4.2:</b> Χώρες που περιλαμβάνει η βάση δεδομένων που αναπτύχθηκε .....	24
<b>Πίνακας 4.3:</b> Χώρες που περιλαμβάνει ο πίνακας που αναπτύχθηκε για το δεύτερο μοντέλο, αυτό των θανάτων από οδικά ατυχήματα .....	26
<b>Πίνακας 5.1:</b> Αρχές, αρμόδιες για το συνολικό σχεδιασμό και διαχείριση των μεταφορών .....	32
<b>Πίνακας 5.2:</b> Αρχές, αρμόδιες για τις υποδομές του οδικού δικτύου των πόλεων .....	32
<b>Πίνακας 5.3:</b> Αρχές, αρμόδιες για την οργάνωση και διαχείριση της κυκλοφορίας .....	33
<b>Πίνακας 5.4:</b> Αρχές, αρμόδιες για τη θέσπιση μέτρων και κανονισμών στάθμευσης .....	34
<b>Πίνακας 5.5:</b> Αρχές, αρμόδιες για τον έλεγχο της κυκλοφορίας και της στάθμευσης .....	35

<b>Πίνακας 5.6:</b> Αρχές, αρμόδιες για το σχεδιασμό των ΔΣ και το συντονισμό όλων των εμπλεκόμενων φορέων και διαχειριστών των Μέσων .....	36
<b>Πίνακας 5.7:</b> Αρχές, αρμόδιες για την ανάπτυξη νέων υποδομών ΔΣ .....	38
<b>Πίνακας 6.1:</b> Βασικές εντολές που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα R-Studio και η επεξήγησή τους .....	42
<b>Πίνακας 6.2:</b> Στατιστικά που προκύπτουν από το R-Studio για ορισμένες ανεξάρτητες μεταβλητές .....	43
<b>Πίνακας 6.3:</b> Ελαστικότητα και σχετική επιρροή μεταβλητών του μοντέλου της ζήτησης.....	48
<b>Πίνακας 6.4:</b> Ελαστικότητα και σχετική επιρροή μεταβλητών του μοντέλου των θανάτων από οδικά ατυχήματα .....	53
<b>Πίνακας 7.1:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων στατιστικών μοντέλων .....	58

## 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η **κινητικότητα** και οι **μεταφορές** αποτελούσαν ανέκαθεν έναν από τους σημαντικότερους και κρισιμότερους τομείς για την ευημερία και την πρόοδο των ανθρώπων, ο οποίος συνεχώς εξελίσσεται και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την καθημερινότητα και τις συνθήκες ζωής τους. Όπως τονίζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή “Οι μεταφορές αποτελούν τον ακρογωνιαίο λίθο της ευρωπαϊκής ολοκλήρωσης και είναι ζωτικής σημασίας για την ελεύθερη κυκλοφορία των προσώπων, των υπηρεσιών και των εμπορευμάτων. Συνεισφέρουν επίσης ουσιαστικά στην οικονομία, καθώς αντιπροσωπεύουν πάνω από το 9% της ακαθάριστης προστιθέμενης αξίας της ΕΕ...” (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2018).

Ειδικότερα εντός των πόλεων, η χρήση των διαφορετικών Μέσων Μεταφοράς (επιβατικά οχήματα, **Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (MMM)**) βρίσκεται σε πολύ υψηλά επίπεδα σε καθημερινή βάση, καθιστώντας υποχρεωτική τη χάραξη ενιαίων στρατηγικών και πολιτικών, με σκοπό να ανταποκρίνονται σε βασικές προκλήσεις, που επισημαίνονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και συνοψίζονται στις παρακάτω:

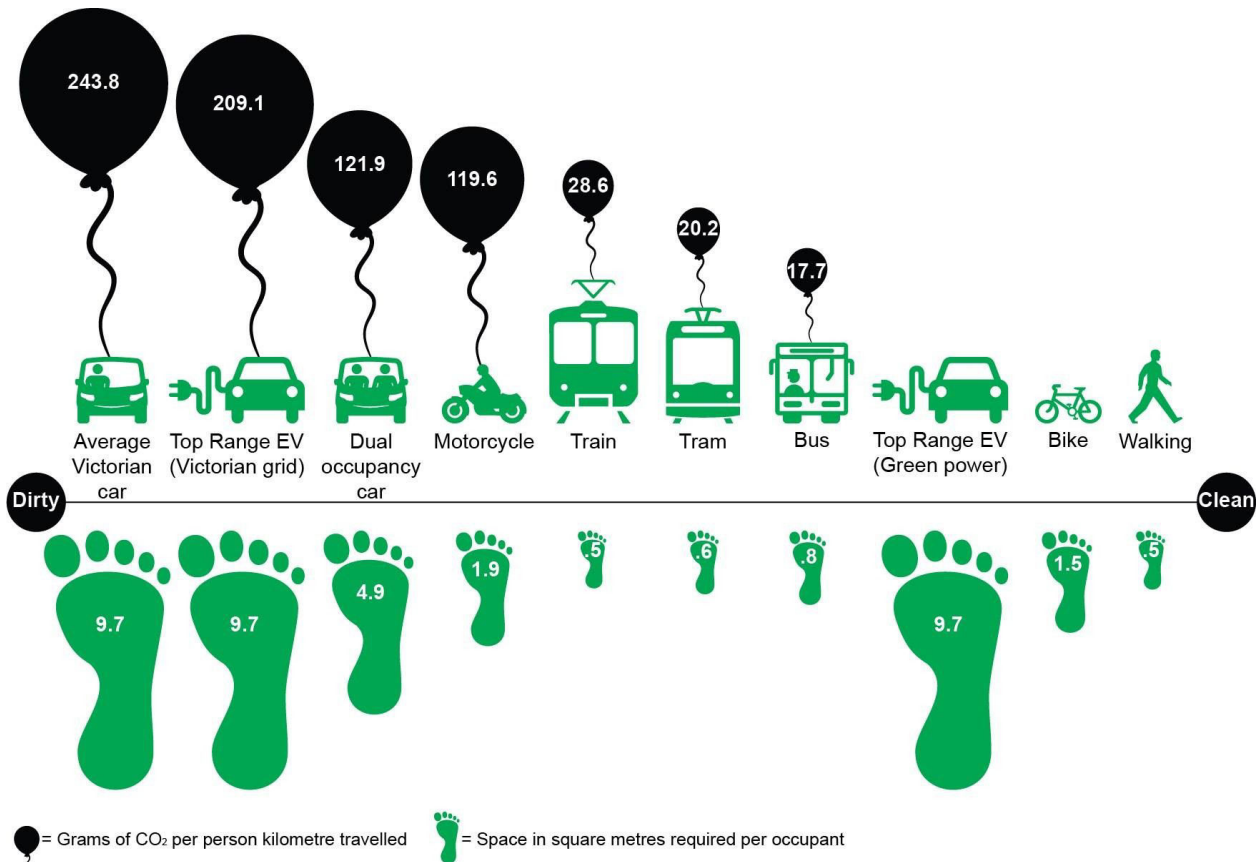
- Κυκλοφοριακή συμφόρηση εντός του αστικού περιβάλλοντος, αλλά και γενικότερα σε κάθε μορφή μεταφορών
- Βιωσιμότητα από περιβαλλοντική και οικονομική άποψη
- Ποιότητα του αέρα: Έχει τεθεί ως στόχος, οι εκπομπές του τομέα των μεταφορών να έχουν μειωθεί κατά 60% μέχρι το 2050 συγκριτικά με το 1990.
- Ποιότητα των μεταφορικών υποδομών

Όπως, τονίζεται σε εκθέσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής “Η ΕΕ συνεργάζεται με πόλεις και περιφέρειες για τη χάραξη βιώσιμης πολιτικής για την αστική κινητικότητα, μεταξύ άλλων όσον αφορά αποδοτικά συστήματα δημόσιων μεταφορών και καλή συνδεσιμότητα σε ολόκληρη τη χώρα τους”.

Για να θεωρούνται λοιπόν αποδοτικά τα συστήματα μεταφορών και να επιτυγχάνονται οι ανάγκες και οι στόχοι που θέτονται, πρέπει να εξετάζονται επιμέρους ζητήματα κινητικότητας, όπως είναι οι **Δημόσιες Συγκοινωνίες (ΔΣ)** και η **Οδική Ασφάλεια** και να μετρούνται οι επιδόσεις τους σε μόνιμη βάση.

Μεγάλη σημασία δίνεται στην ανάδειξη των ΔΣ και την ανάπτυξη των αναγκαίων υποδομών. Οι ΔΣ, εκτός από τον πολύ σημαντικό κοινωνικό τους ρόλο, θεωρούνται μία καλή λύση για τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των εκπομπών ρύπων κυρίως σε μεγάλες πόλεις και μητροπολιτικές περιοχές, φαινόμενα που προκαλούνται μεταξύ άλλων και από την αυξανόμενη ιδιοκτησία ΙΧ. Η χρήση τους λοιπόν διαμορφώνει καλύτερες κυκλοφοριακές και περιβαλλοντικές συνθήκες, αναβαθμίζοντας την ποιότητα ζωής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η κατανάλωση ενέργειας ανά μεταφερόμενο επιβάτη ανά μίλι των ΔΣ είναι 2 με 3 φορές μικρότερη από αυτή των βενζινοκίνητων οχημάτων ΙΧ. Για κάθε πολίτη που χρησιμοποιεί τα MMM, το περπάτημα και το ποδήλατο για τις

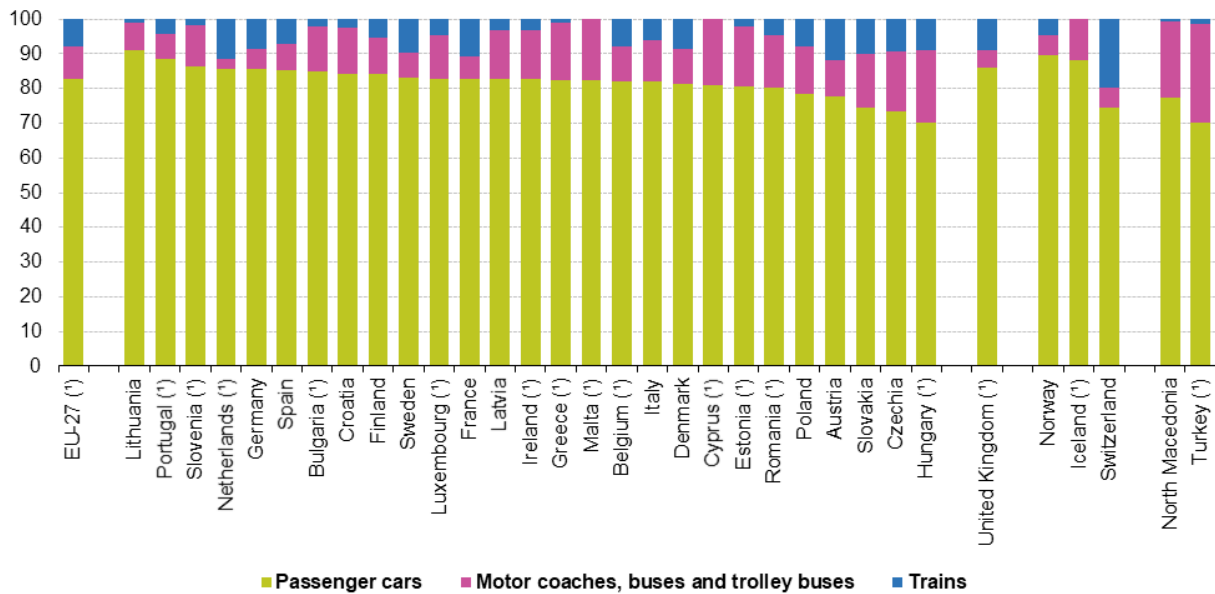
καθημερινές του μετακινήσεις, υπολογίζεται μείωση κατανάλωσης κατά 500-600 λίτρα βενζίνης το χρόνο σε σχέση με την κατανάλωση ενός μετακινούμενου με ιδιωτικό όχημα (Gavanas et al. 2015).



**Εικόνα 1.1:** Εκπομπές ρύπων μετρημένες σε γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) ανά χιλιόμετρο και άτομο, και απαιτούμενος χώρος ανά μετακινούμενο επιβάτη σε τετραγωνικά μέτρα (τ.μ.) [Πηγή: Transport, Greenhouse Gas Emissions and Air Quality, Institute for Sensible Transport 2018]

Παρά τα πολλαπλά οφέλη των MMM, τα στοιχεία που εξάγονται από τις σχετικές έρευνες δείχνουν ότι η χρήση τους δεν βρίσκεται ακόμη σε ικανοποιητικό επίπεδο, σε αντίθεση με τα επιβατικά οχήματα που κυριαρχούν. Το 2017 το ποσοστό χρήσης των τελευταίων στις εσωτερικές μετακινήσεις στις χώρες της ΕΕ ανήλθε σε 82.9%, ενώ των λεωφορείων, τρόλεϊ και πούλμαν 9.4% και των τρένων 7.8%, ενώ αναλυτικά τα ποσοστά ανά χώρα φαίνονται στην παρακάτω εικόνα. Η Σλοβακία, η Τσεχία και η Ουγγαρία αποτελούν τις μόνες χώρες με ποσοστό επιβατικών κάτω του 75%, με την Ουγγαρία ειδικότερα να παρουσιάζει το υψηλότερο ποσοστό λεωφορείων, τρόλεϊ και πούλμαν (21,1%). Αντίστοιχα, η Αυστρία παρουσιάζει το υψηλότερο ποσοστό τρένων (11.9%), σε αντίθεση με τη Σλοβενία, τη Λιθουανία και την Ελλάδα με ποσοστά κάτω του 2%.

**Modal split of inland passenger transport, 2017**  
(% share in passenger-kilometres)



Note: countries are ranked on passenger cars. Powered two-wheelers are excluded. Cyprus, Malta and Iceland: railways not applicable.

(\*) Includes estimates.

Source: Eurostat (online data code: tran\_hv\_psmo)



**Διάγραμμα 1.1:** Κατανομή εσωτερικών μετακινήσεων για το έτος 2017 στις ευρωπαϊκές χώρες ανάλογα με το μέσο [Πηγή: Eurostat]

Για να αποτελούν λοιπόν οι Δημόσιες Συγκοινωνίες έναν ανταγωνιστικό, προς τα επιβατικά οχήματα, τρόπο μετακίνησης, χρειάζονται ακόμα πολλά βήματα και συνεχής έρευνα πάνω στο αντικείμενο. Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο εντοπισμός των παραγόντων που θα ενθαρρύνουν τους κατοίκους των πόλεων να επιλέξουν κάποιο από τα διαθέσιμα ΜΜΜ αντί για το επιβατικό τους όχημα, όπως και η ανάδειξη όλων των πιθανών ωφελειών που προκύπτουν από την επιλογή αυτή.

Εκτός από τις Δημόσιες Συγκοινωνίες και τη χρήση τους, ένας άλλος τομέας, ο οποίος έχει ιδιαίτερη σημασία για τη συνολική απόδοση των συστημάτων μεταφορών σε μία περιοχή, είναι αυτός της **οδικής ασφάλειας**.

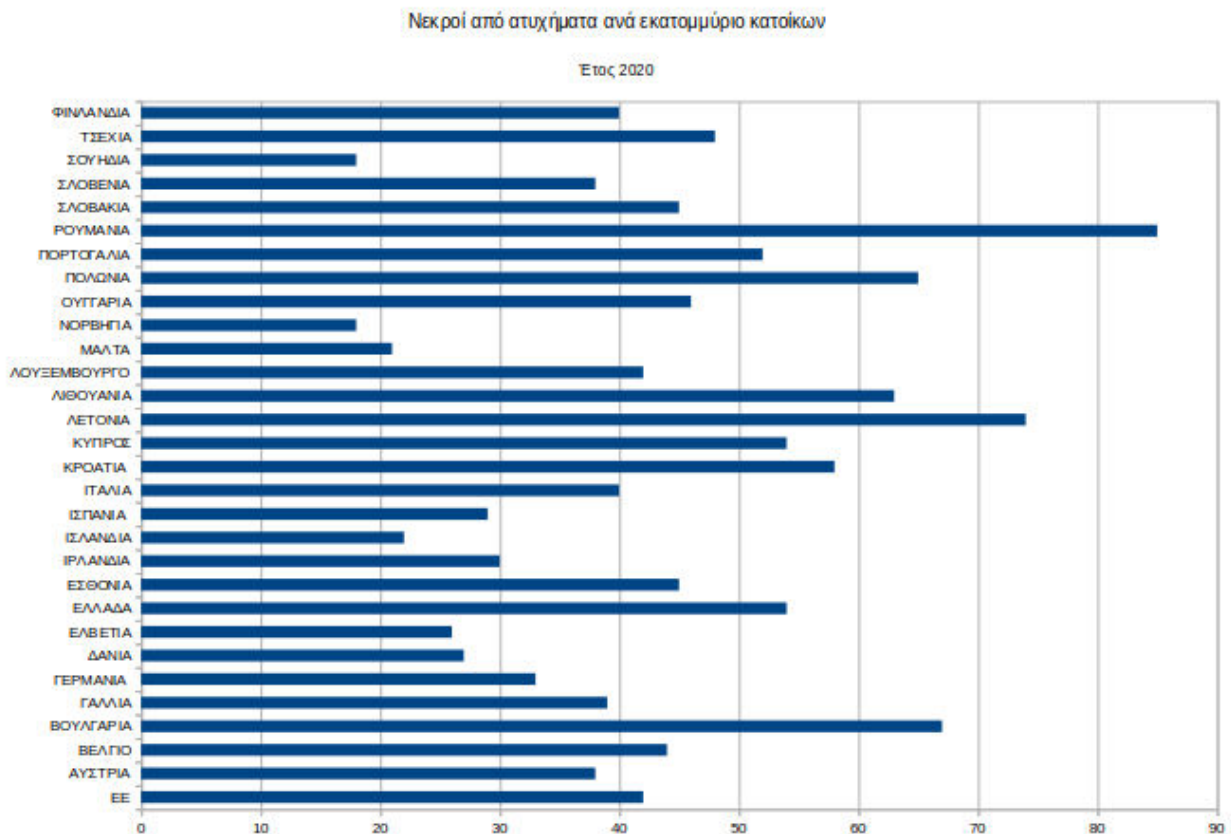
Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ η οδική ασφάλεια έχει βελτιωθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες και μάλιστα οι δρόμοι της θεωρούνται οι ασφαλέστεροι παγκοσμίως, ο αριθμός των θανάτων και των τραυματισμών παραμένει ακόμη σε υψηλά επίπεδα.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάζονται σε Δελτίο Τύπου της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, το 2020 έχασαν τη ζωή τους 18.800 άτομα σε τροχαία ατυχήματα στους δρόμους της ΕΕ. Αυτός ο αριθμός μεταφράζεται σε έναν μέσο όρο 42 νεκρών από οδικά ατυχήματα ανά 1 εκατομμύριο κατοίκους, καθιστώντας την Ευρώπη την ασφαλέστερη περιοχή στον κόσμο ως προς την οδική ασφάλεια. Ειδικότερα στη Σουηδία συναντώνται οι ασφαλέστεροι δρόμοι με 18 θανάτους ανά ένα εκατομμύριο κατοίκους, αντίθετα με τη Ρουμανία, όπου οι νεκροί ανέρχονται στους 85 ανά ένα εκατομμύριο κατοίκους. Συγκριτικά

με το 2019, οι θάνατοι που σημειώθηκαν το 2020 ήταν περίπου 4.000 λιγότεροι, επομένως παρατηρήθηκε μία σημαντική μείωση της τάξης του 17%. Οι μεγαλύτερες μειώσεις (20% ή περισσότερο) σημειώθηκαν στο Βέλγιο, τη Βουλγαρία, τη Γαλλία, τη Δανία, την Ισπανία, την Ιταλία, την Κροατία, τη Μάλτα, την Ουγγαρία και τη Σλοβενία. Αντιθέτως, στην Εσθονία, την Ιρλανδία, τη Λετονία, το Λουξεμβούργο και τη Φινλανδία καταγράφηκε αύξηση των θανάτων, αν και στις μικρές χώρες σαν και αυτές ο αριθμός παρουσιάζει διακυμάνσεις από έτος σε έτος.

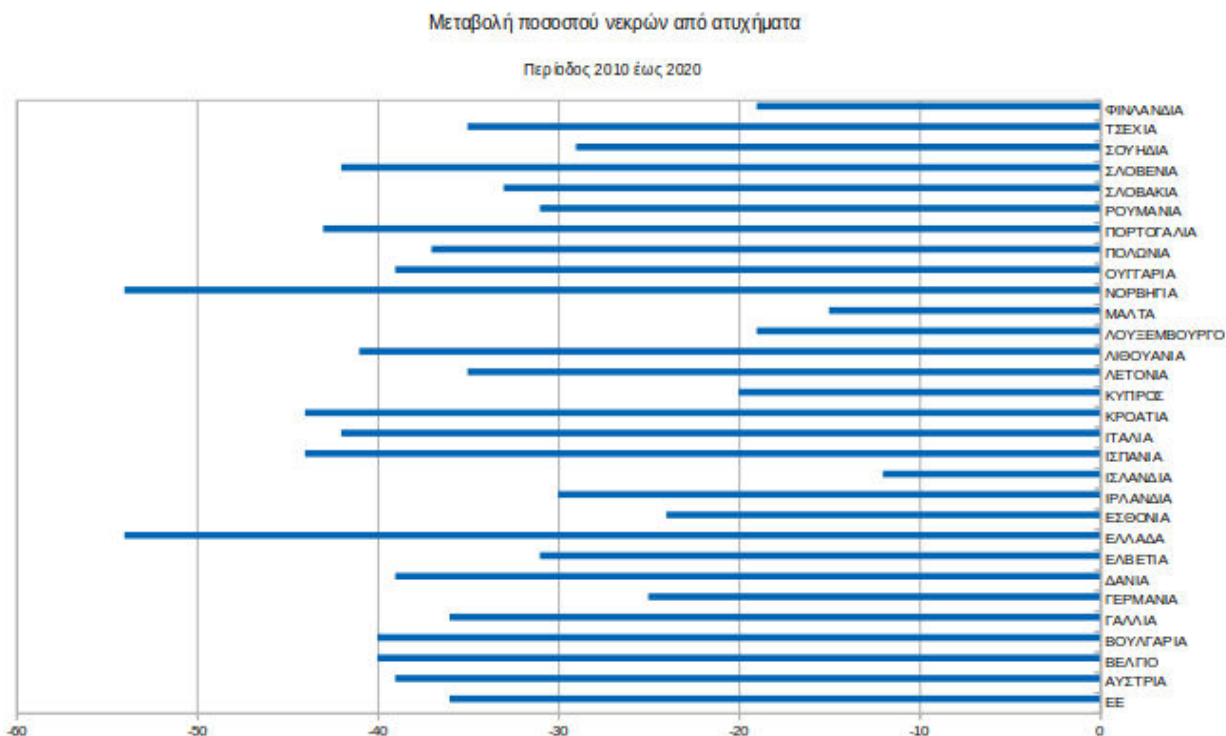
Παρ' όλα αυτά, η μείωση των θανατηφόρων ατυχημάτων στις περισσότερες χώρες έχει επιβραδυνθεί και ο στόχος που είχε τεθεί για μείωση 50% των θανάτων το 2020 σε σχέση με το 2010 δεν επιτεύχθηκε, αν και έφτασε στο 36%. Μόνο η Ελλάδα υπερέβη το στόχο με ποσοστό μείωσης 54% και την ακολούθησαν η Κροατία (44%), η Ισπανία (44%), η Πορτογαλία (43%), η Ιταλία (42%) και η Σλοβενία (42%). Συνολικά, μόλις εννέα κράτη της ΕΕ κατέγραψαν μείωση άνω του 40%.

Στα επόμενα διαγράμματα παρατίθενται αναλυτικά τόσο οι νεκροί ανά εκατομμύριο κατοίκους για κάθε χώρα της ΕΕ και της Ελβετίας, της Νορβηγίας και της Ισλανδίας, αλλά και η ποσοστιαία μεταβολή των θανάτων για τις ίδιες χώρες από το 2010 έως σήμερα.



**Διάγραμμα 1.2:** Νεκροί από οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο κατοίκους για τα κράτη μέλη της ΕΕ, την Ελβετία, την Ισλανδία και τη Νορβηγία για το έτος 2020





**Διάγραμμα 1.3:** Μεταβολή νεκρών από οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο κατοίκους για τα κράτη μέλη της ΕΕ, την Ελβετία, την Ισλανδία και τη Νορβηγία για την περίοδο 2010 έως 2020

Παράλληλα, με το ψήφισμα της Γενικής Συνέλευσης των Ηνωμένων Εθνών για την οδική ασφάλεια κατά την Διακήρυξη της Στοκχόλμης το Φεβρουάριο του 2020, η περίοδος 2021 έως 2030 κηρύσσεται ως η Δεύτερη Δεκαετία Δράσης για την Οδική Ασφάλεια και καθορίζεται νέος στόχος για τη μείωση των νεκρών. Στο πλαίσιο αυτό, η ΕΕ έχει θέσει ως στόχο τη μείωση των νεκρών κατά 50%, αλλά και τη μείωση των σοβαρών τραυματισμών, έως το 2030.

Ένα πιο φιλόδοξο σχέδιο οδικής ασφάλειας που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή είναι αυτό των μηδενικών θανάτων από τροχαία ατυχήματα έως το 2050 (“Όραμα μηδενικών απωλειών”). Για την επίτευξη του στόχου αυτού, η Επιτροπή εφαρμόζει μάλιστα το Ασφαλές Σύστημα στην ΕΕ, το οποίο απαιτεί ασφαλέστερα οχήματα, ασφαλέστερες υποδομές, καλύτερη χρήση του προστατευτικού εξοπλισμού, χαμηλότερες ταχύτητες και καλύτερες μετατραυματικές υπηρεσίες. Επιπλέον, η ΕΕ θα προωθήσει τη διασυννοριακή επιβολή του νόμου για τις τροχαίες παραβάσεις, τη ψηφιοποίηση των αδειών οδήγησης και την παροχή βοήθειας σε χώρες με χαμηλά επίπεδα οδικής ασφάλειας.

## 1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχο της Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της επιρροής των χαρακτηριστικών κινητικότητας στις επιδόσεις δημόσιων συγκοινωνιών και οδικής ασφάλειας σε επιλεγμένες Ευρωπαϊκές πόλεις**. Πιο συγκεκριμένα, με βάση σειρά

στοιχείων για τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού, του οδικού δικτύου, της κυκλοφορίας, της κινητικότητας και των οδικών ατυχημάτων σε επιλεγμένες Ευρωπαϊκές πόλεις, αναπτύχθηκαν στατιστικά μοντέλα για τον προσδιορισμό της επιρροής τους στις επιδόσεις των Δημόσιων Συγκοινωνιών (ζήτηση μετακινήσεων) και της οδικής ασφάλειας (νεκροί σε οδικά ατυχήματα).

Για το σκοπό αυτό αξιοποιήθηκαν δεδομένα που συλλέχθηκαν από τις **ετήσιες εκθέσεις του οργανισμού ΕΜΤΑ** (European Metropolitan Transport Authorities), ο οποίος συγκεντρώνει τις Αρχές των περισσότερων μεγάλων Ευρωπαϊκών πόλεων ή μητροπολιτικών περιοχών, οι οποίες είναι αρμόδιες για το σχεδιασμό και το συντονισμό των ΜΜΜ των περιοχών, αλλά και από την **Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων CARE**, η οποία περιλαμβάνει στοιχεία ατυχημάτων από όλα τα Ευρωπαϊκά κράτη.

Τα δεδομένα αυτά, αναλύθηκαν με τη βοήθεια **στατιστικών μοντέλων**, ώστε να συσχετιστούν με τη ζήτηση των ΔΣ, η οποία αναφέρεται σε μετακινήσεις με κάποιο ΜΜΜ ανά 100.000 κατοίκους. Στη συνέχεια με τη χρήση νέων μοντέλων, πραγματοποιήθηκε η συσχέτιση των ίδιων χαρακτηριστικών των πόλεων με τους θανάτους που προκλήθηκαν από ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους.

Τα συμπεράσματα της εργασίας αναμένεται να συμβάλλουν στην κατανόηση της επιρροής των χαρακτηριστικών της κινητικότητας σε επιμέρους ζητήματα και θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν από αρμόδιες Αρχές για τον καλύτερο σχεδιασμό υπηρεσιών και υποδομών, με στόχο τόσο την αύξηση της ζήτησης των ΔΣ, όσο και την βελτίωση της οδικής ασφάλειας εντός των πόλεων.

### 1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην παρούσα ενότητα περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, και τα επιμέρους στάδιά της, για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας και την επίτευξη των τελικών στόχων.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε ο **καθορισμός του αντικειμένου** προς εξέταση και των επιδιωκόμενων στόχων. Για το σκοπό αυτό διενεργήθηκε εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση για την εύρεση ελληνικών και διεθνών ερευνών, με αντικείμενο μελέτης παρεμφερές της Διπλωματικής Εργασίας. Η διαδικασία αυτή, εκτός από την παροχή σημαντικών και χρήσιμων πληροφοριών, συνέβαλε στην επιλογή μεθόδου συλλογής στοιχείων και μεθόδου ανάλυσής τους.

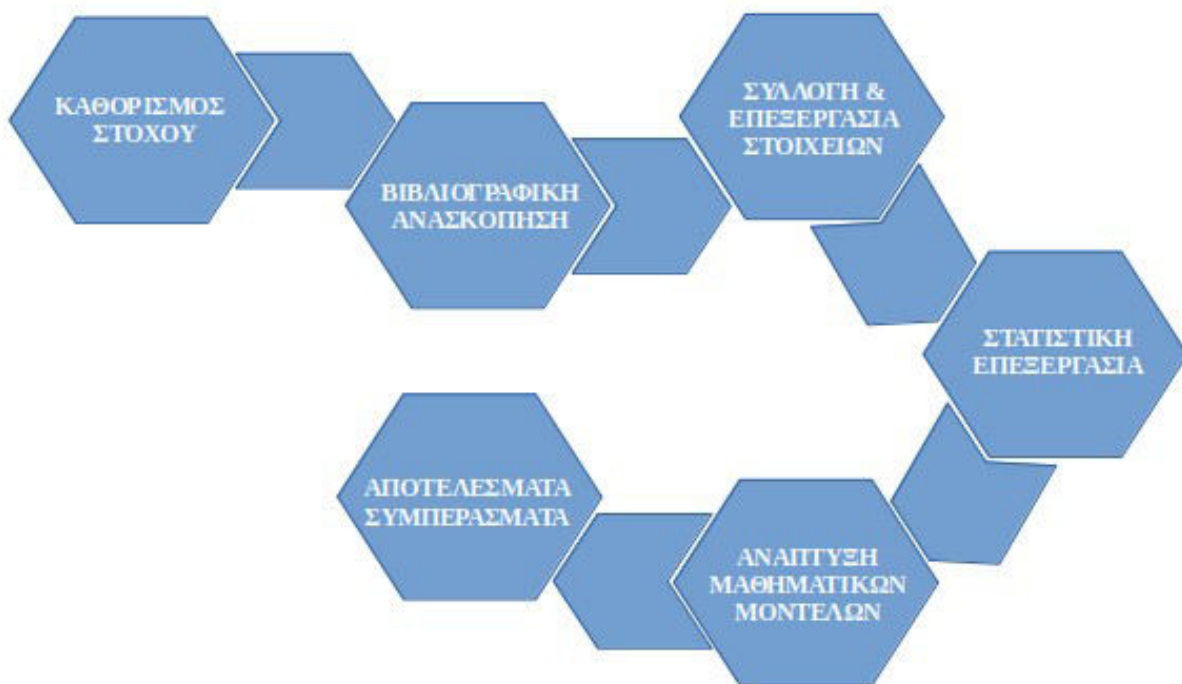
Παράλληλα, αναπτύχθηκε **ερωτηματολόγιο**, το οποίο συμπληρώθηκε από Φορείς και Αρχές ορισμένων πόλεων, με σκοπό την κατανόηση της οργάνωσης των αρμόδιων Αρχών για διαφορετικούς τομείς κινητικότητας των πόλεων, όπως για παράδειγμα την κυκλοφορία ή τις ΔΣ. Το ερωτηματολόγιο δεν αξιοποιήθηκε στην μετέπειτα στατιστική ανάλυση, αλλά τα αποτελέσματά που αντλήθηκαν παρουσιάζονται εκτενώς σε επόμενο Κεφάλαιο.

Σε συνέχεια της μελέτης των αποτελεσμάτων που συγκεντρώθηκαν στη βιβλιογραφική ανασκόπηση, συλλέχθηκαν τα απαραίτητα **στοιχεία, τα οποία αφορούν χαρακτηριστικά πληθυσμού, οδικού δικτύου, κυκλοφορίας, κινητικότητας και οδικών ατυχημάτων**. Όπως αναφέρθηκε ήδη, τα στοιχεία αυτά αντλήθηκαν από τις

ετήσιες εκθέσεις του οργανισμού ΕΜΤΑ και αφορούν 18 μεγάλες Ευρωπαϊκές πόλεις ή μητροπολιτικές περιοχές για 5 έτη, συγκεκριμένα από το 2014 έως και το 2018, αλλά και από την Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων CARE. Έπειτα, τα στοιχεία αυτά οργανώθηκαν και καταχωρήθηκαν σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων στο λογισμικό υπολογιστικών φύλλων Microsoft Excel. Ακολούθησε η απαραίτητη επεξεργασία και κωδικοποίηση των δεδομένων μέχρι την τελική μορφή τους, ώστε να εισαχθούν στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, τη γλώσσα προγραμματισμού R. Επόμενο στάδιο αποτέλεσε η επιλογή της κατάλληλης **μεθόδου στατιστικής ανάλυσης** (πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση) και μία σειρά δοκιμών διαφορετικών συνδυασμών δεδομένων, τα οποία οδήγησαν στην ανάπτυξη των τελικών μοντέλων για τα δύο αντικείμενα της Διπλωματικής Εργασίας.

Τέλος, τα μοντέλα αυτά περιγράφηκαν, αξιολογήθηκαν και ερμηνεύτηκαν τα **αποτελέσματά** τους. Με βάση αυτά, εξήχθησαν **συμπεράσματα**, που παρατίθενται στο τέλος και προέκυψαν σημαντικές πληροφορίες για τα υπό εξέταση ζητήματα, ενώ διατυπώθηκαν και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Τα διαδοχικά στάδια που ακολουθήθηκαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας παρουσιάζονται παρακάτω και σε μορφή διαγράμματος ροής.



**Εικόνα 1.2:** Στάδια Μεθοδολογίας Διπλωματικής Εργασίας

## 1.4 ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζεται η δομή της Διπλωματικής Εργασίας μέσω της συνοπτικής περιγραφής του περιεχομένου του κάθε κεφαλαίου.

Το **Κεφάλαιο 1**, το οποίο λειτουργεί ως **εισαγωγή**, αποτελεί τη βάση για την κατανόηση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά, παρουσιάζονται κάποια γενικά στοιχεία των Δημοσίων Συγκοινωνιών, και πιο συγκεκριμένα οφέλη τους και στατιστικά για τη χρήση τους στις ευρωπαϊκές πόλεις, με σκοπό να γίνει κατανοητό γιατί είναι σημαντική η προτίμησή τους συγκριτικά με άλλες μορφές μετακίνησης, και γιατί έχει αξία ο εντοπισμός των παραγόντων που την επηρεάζουν. Παράλληλα παρατίθενται στοιχεία οδικών ατυχημάτων και αντίστοιχων θανάτων για την ΕΕ, ενώ γίνεται αναφορά και στους στόχους που έχουν τεθεί για τα επόμενα χρόνια. Έπειτα περιγράφονται οι στόχοι της εργασίας και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε μέσω των διαφορετικών σταδίων της, ενώ τέλος στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται μία σύνοψη όλων των κεφαλαίων.

Το **Κεφάλαιο 2** περιλαμβάνει τη **βιβλιογραφική ανασκόπηση**. Παρουσιάζονται έρευνες που έχουν θέμα, σχετικό με τα δύο επιμέρους αντικείμενα της εργασίας. Οι έρευνες αυτές, οι οποίες προέρχονται σχεδόν αποκλειστικά από το εξωτερικό, περιγράφονται συνοπτικά ως προς τη μεθοδολογία και τα αποτελέσματά τους και παρουσιάζουν ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες πληροφορίες, οι οποίες συγκεντρώνονται στο τέλος του Κεφαλαίου.

Στο **Κεφάλαιο 3**, το οποίο αποτελεί το **θεωρητικό υπόβαθρο** της εργασίας, επεξηγείται η κατηγορία της επιλεγείσας μεθοδολογίας, δηλαδή της γραμμικής παλινδρόμησης. Καταγράφονται σε πρώτο στάδιο τα απαραίτητα στοιχεία για την εφαρμογή της και σε παρουσιάζεται η διαδικασία παραγωγής των μοντέλων, όπως και οι υποχρεωτικοί έλεγχοι που γίνονται για την αξιοπιστία τους.

Στο **Κεφάλαιο 4** αναφέρεται η διαδικασία **συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων** που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά, περιγράφεται η διαδικασία συλλογής των δεδομένων από τις σχετικές εκθέσεις της ΕΜΤΑ και τη βάση δεδομένων CARE, όπως και η δημιουργία της βάσης δεδομένων στο Excel. Έπειτα, πραγματοποιείται η κατάλληλη επεξεργασία και κωδικοποίηση των δεδομένων, τόσο για την ευκολότερη κατανόησή τους, όσο και για την ορθή εισαγωγή τους στο πρόγραμμα της R.

Το **Κεφάλαιο 5**, το οποίο παρεμβάλλεται μεταξύ της συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, και της ανάλυσής τους, έχει σκοπό να αναδείξει την **οργάνωση ορισμένων Ευρωπαϊκών πόλεων**, μέσω της παράθεσης των Αρχών, οι οποίες είναι υπεύθυνες για διαφορετικά ζητήματα κινητικότητας.

Στο **Κεφάλαιο 6**, αναλύεται η διαδικασία εφαρμογής της επιλεγμένης μεθοδολογίας για την ανάπτυξη των τελικών **μαθηματικών μοντέλων** που αφορούν τους παράγοντες επιρροής της ζήτησης των ΔΣ και τους αντίστοιχους της οδικής ασφάλειας. Παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των μεταβλητών μεταξύ τους και αυτές που επιλέχθηκαν για τα τελικά μοντέλα, όπως και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την παραπάνω διαδικασία.

Στο **Κεφάλαιο 7** παρουσιάζονται τα **συμπεράσματα** που προκύπτουν από την επεξήγηση των αποτελεσμάτων των μοντέλων που αναπτύχθηκαν. Επίσης, διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα πάνω στο αντικείμενο.

Τέλος, το **Κεφάλαιο 8** περιλαμβάνει σε μορφή καταλόγου τη **βιβλιογραφία**, δηλαδή το σύνολο των ερευνών και μελετών που αξιοποιήθηκαν για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας.

## 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

### 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν κεφάλαιο αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Παρουσιάζονται αποτελέσματα από συναφείς έρευνες που έχουν διεξαχθεί είτε στην Ελλάδα είτε διεθνώς.

Σε πρώτο στάδιο, αναφέρονται συνοπτικά στοιχεία ως προς την ανάπτυξη Αρχών πολλών ευρωπαϊκών πόλεων, αρμοδίων για το σχεδιασμό και το συντονισμό των Δημοσίων Συγκοινωνιών, ζήτημα που θα αναπτυχθεί εκτενέστερα σε ενότητα του Κεφαλαίου 5.

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η παράθεση των αποτελεσμάτων μελετών που εξετάζουν τη ζήτηση των ΔΣ και παραγόντων, που την επηρεάζουν, αντικείμενο και της παρούσας Διπλωματικής.

Τέλος, γίνεται αναφορά σε έρευνες, με θέμα τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα (Road Traffic Fatalities), με σκοπό να αναδειχθούν οι αιτίες που συμβάλλουν στο φαινόμενο αυτό και σχετίζονται με χαρακτηριστικά κινητικότητας.

Η αναζήτηση συναφών, με τους τομείς της Διπλωματικής, ερευνών πραγματοποιήθηκε με σκοπό τη σύγκριση των αποτελεσμάτων, τόσο μεταξύ τους, όσο και με αυτά που προέκυψαν στην πορεία και αναλύονται σε επόμενο κεφάλαιο.

### 2.2 ΑΡΧΕΣ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΠΟΛΕΩΝ

Ιδιαίτερα κρίσιμος τομέας στη ζωή των κατοίκων των πόλεων είναι η κινητικότητα, καθώς επηρεάζει σημαντικά την καθημερινότητα και γενικότερα τις συνθήκες ζωής εντός των πόλεων. Πολύ σημαντικός λοιπόν κρίνεται ο σωστός σχεδιασμός και ο έλεγχος των σχετικών υπηρεσιών, μεταξύ των οποίων είναι η κυκλοφορία, η στάθμευση και οι Δημόσιες Συγκοινωνίες.

Οι επιδόσεις μάλιστα, των δικτύων των Δημοσίων Συγκοινωνιών, κυρίως ως προς τις υποδομές και τις παρεχόμενες υπηρεσίες επηρεάζουν μεταξύ άλλων την ανταγωνιστικότητα των πόλεων στον παγκόσμιο ανταγωνισμό, την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές ρύπων (Masi, C. 2009). Γίνεται αντιληπτή, λοιπόν η αναγκαιότητα για την ανάδειξη των Δημοσίων Συγκοινωνιών μέσα στις πόλεις και την ορθή οργάνωση και διαχείρισή τους, η οποία κρίνει απαραίτητη την λειτουργία ορισμένων Αρχών εντός των πόλεων, με σκοπό την οργάνωση και τον συντονισμό των Συγκοινωνιών (Naniopoulos et al. 2012).

Οι Αρχές αυτές, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 1370/2007, ορίζονται ως “οποιαδήποτε δημόσια Αρχή ή ομάδα Δημοσίων Αρχών ενός Κράτους Μέλους ή Κρατών Μελών έχει την εξουσία να παρεμβαίνει σε δημόσιες μεταφορές επιβατών σε μία δεδομένη γεωγραφική περιοχή ή οποιοσδήποτε φορέας με αυτήν την εξουσία”.

Ο συγκεκριμένος ορισμός αφήνει στα Κράτη Μέλη μεγάλη ελευθερία ως προς την επιλεχθείσα δομή της διαχείρισης των Δημόσιων Συγκοινωνιών και το αν αυτή θα ανήκει αποκλειστικά σε τοπικές Αρχές ή όχι (Avanzata T., 2010). Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι Αρχές αυτές λειτουργούν σε περιοχές που έχουν ξεπεράσει τα όρια των πόλεων και έχουν επεκταθεί στις Μητροπολιτικές Περιοχές γύρω τους, λογοδοτώντας όχι μόνο σε Δημοτικές αλλά και σε Περιφερειακές Αρχές.

Στη Δυτική Ευρώπη, ιδρύθηκαν σε πολλές πόλεις νέες Αρχές ή αναδιάρθρωθηκαν ήδη υπάρχουσες κατά την πρώτη δεκαετία του 21ου αιώνα, ενώ πραγματοποιήθηκαν και πολλές πρωτοβουλίες αναδιάρθρωσης. Αντίθετα, στην Ανατολική και Κεντρική Ευρώπη, η ανάπτυξη αυτή άργησε και σχετικές μελέτες υποστήριζαν ότι οι Αρχές έπρεπε να προβούν σε αλλαγές και να αναπτυχθούν σε νέες βάσεις, με σκοπό να καλύψουν τις ανάγκες που υπήρχαν (Schuchmann, A., and S. Papadimitriou. 2009).

Πλέον, οι Αρχές έχουν οργανωθεί σε μεγάλο βαθμό, ενώ υπάρχει και ο πανευρωπαϊκός οργανισμός EMTA (European Metropolitan Transport Authorities) (<http://www.emta.com/>), ο οποίος συγκεντρώνει τις Αρχές των περισσότερων μεγάλων πόλεων, με σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών, πρακτικών και την ανάδειξη νέων στόχων στα ζητήματα των ΔΣ.

## 2.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Όπως προκύπτει λοιπόν και από τα προηγούμενα, η ανάγκη για ανάδειξη των Δημοσίων Συγκοινωνιών εντός των πόλεων είναι μεγάλη και προϋποθέτει το σωστό σχεδιασμό τους, ώστε να αποτελούν μια βασική επιλογή κίνησης για τους κατοίκους των πόλεων.

Κρίνεται επομένως σημαντικό να καθοριστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση των Μέσων Μεταφοράς, θέτοντας στις αρμόδιες Αρχές και Φορείς μια βάση, πάνω στην οποία μπορούν να αναπτύξουν αποτελεσματικά Συστήματα Συγκοινωνιών, ελκυστικά προς τους κατοίκους. Για τον υπολογισμό της ζήτησης, ένας από τους πλέον χρήσιμους και αντιπροσωπευτικούς δείκτες που υπολογίζεται είναι οι μετακινήσεις των επιβατών με τα Μέσα Μεταφοράς σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα (FitzRoy and Smith 1998).

Για την ανάδειξη των παραγόντων αυτών, είναι απαραίτητη η χρήση ορισμένων δεικτών επίδοσης (indicators), οι οποίοι ποσοτικοποιούν χαρακτηριστικά των Συστημάτων Συγκοινωνιών και περιγράφουν διαφορετικούς τομείς των υπηρεσιών τους (Eboli and Mazzulla 2012).

Σχετικές μελέτες έχουν αναδείξει πολλούς διαφορετικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση, προσεγγίζοντας το θέμα από διαφορετικές πλευρές, καθιστώντας δύσκολη την κατάταξη τους ανάλογα με τη βαρύτητα που έχουν. Επίσης, τονίζεται ότι ένας παράγοντας που είναι ιδιαίτερα σημαντικός σε μια περίπτωση, μπορεί σε μια άλλη να είναι λιγότερο κρίσιμος εξαιτίας διαφορετικών συνθηκών ανά πόλη (Polat 2012).

Ακολουθεί η παράθεση ορισμένων από τους παράγοντες που έχουν εντοπιστεί από άλλες μελέτες και έχουν μεγάλο ενδιαφέρον.

Δημογραφικοί και κοινωνικοί παράγοντες: Ένας από τους παράγοντες που εντοπίζονται είναι η **πυκνότητα του πληθυσμού**, η αύξηση της οποίας επηρεάζει θετικά τη ζήτηση των

Δημοσίων Συγκοινωνιών και αρνητικά εκείνη των αυτοκινήτων (S. Souche 2010). Πιο συγκεκριμένα, κάτοικοι αραιοκατοικημένων περιοχών εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το αυτοκίνητό τους και λιγότερο από τις Δημόσιες Συγκοινωνίες, σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στο αστικό περιβάλλον (Paulley et al. 2006).

Παράλληλα έχει εξεταστεί η επιρροή του πληθυσμού, της αστικής ανάπτυξης και της ιδιοκτησίας ΙΧ (Bresson et al. 2003), (Bresson et al. 2004). Το φύλο και ο αριθμός ΙΧ ανά νοικοκυριό δεν φαίνεται να έχει μεγάλη επιρροή στις νεαρές ηλικίες, παρά μόνο στις μεγαλύτερες. Οι ίδιες μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα πως οι δημογραφικοί παράγοντες δεν μπορούν να εξετάζονται ξεχωριστά από την ιδιοκτησία ΙΧ, καθώς υπάρχει μεγάλη αλληλεξάρτηση των παραγόντων αυτών.

Σημαντικός παράγοντας φαίνεται πως είναι το **εισόδημα**, το οποίο επηρεάζει αρνητικά τη χρήση των λεωφορείων και θετικά αυτήν των ΙΧ (Bresson et al 2004), (Dargay and Hanly 2002), ενώ γενικότερα η οικονομική ανάπτυξη φέρνει και αύξηση στην ιδιοκτησία των ΙΧ (Orturzar et al. 2006).

Παρεχόμενη προσφορά: Η προσφορά επηρεάζει, όπως είναι λογικό τη ζήτηση, σύμφωνα με σχετικές μελέτες. Αύξηση της προσφοράς οδηγεί σε αύξηση της ζήτησης στις ελβετικές πόλεις (Bonnel and Chausse 2000), ενώ γίνεται και διαχωρισμός της προσφοράς σε ποσοτική και ποιοτική (Bresson et al. 2004). Η ποσοτική με βάση τη συγκεκριμένη μελέτη αναφέρεται σε **προσφερόμενες επιβατικές θέσεις – χιλιόμετρα** των Μέσων και έχει εξέχουσα επιρροή στη ζήτηση, και η ποιοτική σε **συχνότητα** και πυκνότητα των δικτύων. Αντίστοιχα, έχει εξεταστεί το **μήκος του δικτύου**, το οποίο δείχνει την κάλυψη μιας περιοχής από τις Συγκοινωνίες, και το οποίο ενισχύει την προσβασιμότητα στα Μέσα και έχει θετική επίδραση στη ζήτησή τους (Matas 2004).

Τιμές: Όπως είναι αναμενόμενο, ένας από τους κύριους παράγοντες επιρροής της ζήτησης των Μέσων Μεταφοράς είναι οι **τιμές** τους. Σε πολλές από τις σχετικές μελέτες, οι τιμές των εισιτηρίων αποτελούν τον πιο ισχυρό παράγοντα επιρροής (FitzRoy and Smith 1998; Bonnel and Chausse 2000; Bresson et al. 2004), και προφανώς όσο αυξάνονται, τόσο μειώνεται η ζήτηση των μέσων. Οι τιμές, μάλιστα επηρεάζουν τη ζήτηση σε πολλά επίπεδα, με αποτέλεσμα να διακρίνονται οι επιπτώσεις τους ανάλογα με την περίοδο επιρροής σε βραχυπρόθεσμες (1-2 έτη), μεσοπρόθεσμες (5 έτη) και μακροπρόθεσμες (10 χρόνια και παραπάνω). Η ελαστικότητα της ζήτησης στις τιμές εξαρτάται τόσο από την περίοδο αυτή, όσο και από το είδος του Μέσου και τις συνθήκες λειτουργίας του (Balcombe et al. 2004).

Διάρκεια μετακίνησης: Εξίσου κρίσιμος, θεωρείται από πολλές μελέτες ο παράγοντας της **διάρκειας της μετακίνησης**, ο οποίος περιλαμβάνει όλα τα στάδια, τα οποία περνάει ο επιβάτης κατά τη διαδικασία της μετακίνησής του με τα Μέσα Μεταφοράς. Εξετάζεται δηλαδή, ο χρόνος πρόσβασης στο Μέσο, ο χρόνος αναμονής και ο πραγματικός χρόνος της διαδρομής, ενώ πολλές φορές συμπεριλαμβάνεται και ο χρόνος σύνδεσης μεταξύ διαφορετικών Μέσων (Krkysman et al. 2004). Η διάρκεια μετακίνησης, εκτός από τη ζήτηση, επηρεάζει φυσικά και την επιλογή του Μέσου, η οποία προκύπτει πως έχει μεγάλη ευαισθησία στους “εκτός του Μέσου” χρόνους, δηλαδή το χρόνο πρόσβασης και το χρόνο αναμονής (Walle and Steenberghen 2006). Σε όλες τις σχετικές μελέτες, αναμενόμενα η αύξηση της διάρκειας μετακίνησης οδηγεί σε μείωση της ζήτησης.

Ποιότητα των υπηρεσιών: Μια πιο γενική έννοια που εντοπίζεται συχνά στη σχετική βιβλιογραφία και η οποία μπορεί να περιλαμβάνει πολλά διαφορετικά επιμέρους

χαρακτηριστικά είναι η ποιότητα, των παρεχόμενων από τα Μέσα, υπηρεσιών. Πολλά από αυτά τα χαρακτηριστικά (για παράδειγμα συνδέσεις μεταξύ διαφορετικών Μέσων, ενιαίο σύστημα Συγκοινωνιών, αξιοπιστία, συχνότητα, παρεχόμενη πληροφορία προς τους επιβάτες) είναι δύσκολο να μελετηθούν, εφόσον αλλαγές τους συνήθως επιφέρουν μεταβολές και άλλων παραγόντων, όπως η τιμολόγηση και η διάρκεια “ταξιδιού” (Paulley et al. 2006).

Βελτίωση στην ποιότητα των υπηρεσιών, προκαλεί η ύπαρξη ενός **ενοποιημένου συστήματος Συγκοινωνιών**, το οποίο περιλαμβάνει κοινό συντονισμό όλων των Μέσων, των διαδρομών και των δρομολογίων τους, όπως επίσης και την ενιαία τιμολόγησή τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα που αποδεικνύει τη συνεισφορά ενός τέτοιου Συστήματος αποτελεί η Μαδρίτη, στην οποία παρατηρήθηκε αύξηση των μετακινήσεων με το μετρό κατά 15% και των λεωφορείων κατά τουλάχιστον 7%, μετά τη δημιουργία ενιαίου συστήματος (Matas 2004).

Άλλο ένα ποιοτικό χαρακτηριστικό των υπηρεσιών των Συγκοινωνιών, που συναντάται συχνά στη βιβλιογραφία είναι η **αξιοπιστία**, τόσο του κάθε Μέσου μεμονωμένα, όσο και συνολικά του συστήματος και αναφέρεται κυρίως στις καθυστερήσεις τόσο στην αναμονή όσο και στη μετακίνηση εντός του Μέσου. Η συνέπεια στους χρόνους έχει μεγάλη σημασία κυρίως σε Συστήματα με πολλές συνδέσεις, αφού μια μικρή καθυστέρηση στην άφιξη ενός Μέσου μπορεί να οδηγήσει τους επιβάτες να μην προλάβουν το επόμενο (Dobritz et al. 2009).

Επιπλέον ποιοτικά χαρακτηριστικά, που περιγράφονται σε σχετικές μελέτες είναι η καθαριότητα, η άνεση και η ασφάλεια εντός των Μέσων.

## 2.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΝΕΚΡΩΝ ΑΠΟ ΟΔΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

Πολλές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί, οι οποίες αναφέρονται σε παράγοντες που επηρεάζουν τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα. Κατά κύριο λόγο, οι μελέτες αυτές εξετάζουν παράγοντες που σχετίζονται με την οδηγική συμπεριφορά, τις καιρικές συνθήκες και αυτές που αφορούν το περιβάλλον οδήγησης (κατάσταση οδοστρωμάτων, φωτισμός κλπ.), ενώ υπάρχουν και αρκετές που εξετάζουν την επιρροή οικονομικών και κοινωνικών χαρακτηριστικών. Αντίθετα, λιγότερες είναι αυτές που πραγματεύονται την επιρροή χαρακτηριστικών της κινητικότητας.

Οι **Δημόσιες Συγκοινωνίες** αποτελούν ίσως τον πιο ασφαλή τρόπο μετακίνησης, αν εξεταστούν οι νεκροί ανά μετακινήσεις και απόσταση που διανύουν οι επιβάτες. Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στις Η.Π.Α., ο δείκτης θνησιμότητας από ατυχήματα για τους οδηγούς μοτοσυκλετών ήταν 536.6 ανά 100 εκατ. μετακινήσεις, ποδηλατών 21, πεζών 13.7, επιβατών ΙΧ 9.2, ενώ των επιβατών των λεωφορείων μόλις 0.4 θάνατοι ανά 100 εκατ. μετακινήσεις, αναδεικνύοντας τα λεωφορεία ως ένα από τα πλέον ασφαλή μέσα μετακίνησης (Beck et al. 2007). Ομοίως, παρατηρείται ότι ο δείκτης θνησιμότητας ανά επιβατικά μίλια για ΙΧ και ελαφρά φορτηγά είναι 17 – 66 φορές υψηλότερος από τον αντίστοιχο των τρένων και των λεωφορείων (Savage 2013).

Ενδιαφέρον προκαλεί το συμπέρασμα που προκύπτει από τη μελέτη των Tasic και Porter (2016), ότι περισσότερες στάσεις λεωφορείων οδηγούν σε περισσότερα ατυχήματα όλων



των ειδών, ενδεχομένως λόγω των απότομων μεταβολών ταχύτητας των λεωφορείων και των υπολοίπων οχημάτων και των ελιγμών στην περιοχή των στάσεων, χωρίς όμως να διευκρινίζεται αν πρόκειται για θανατηφόρα ατυχήματα.

Σε αντίστοιχο αποτέλεσμα έχει καταλήξει και άλλη μελέτη (Ukkusuri et al. 2012), η οποία έχει συσχετίσει στατιστικά την αύξηση της χρήσης των Δημοσίων Συγκοινωνιών και των υπογείων σταθμών μετρό με την αύξηση των ατυχημάτων πεζών, τόσο συνολικά όσο και συγκεκριμένα των θανατηφόρων.

Αντίθετα, αναλύοντας τα **ποσοστά των διαφορετικών μέσων μετακίνησης** με σκοπό την εργασία σε πολλές ευρωπαϊκές πόλεις μέσω γενικευμένων γραμμικών μοντέλων, ο Moeinaddini (2015) συμπεραίνει πως το ποσοστό χρήσης των Μέσων Μεταφοράς συσχετίζεται αρνητικά με τους θανάτους από ατυχήματα, επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα και άλλων μελετών (Litman 2014).

Εξετάζοντας κυρίως τα ποσοστά χρήσης των διαφορετικών μέσων μετακίνησης στη Μελβούρνη της Αυστραλίας για περίοδο 5 ετών, η πολύ πρόσφατη μελέτη των Truong και Currie (2019), αναλύει με τη βοήθεια στατιστικών μοντέλων CAR την επιρροή που έχουν στην οδική ασφάλεια και ειδικότερα στα συνολικά και τα σοβαρά ατυχήματα. Σύμφωνα με τη μελέτη, η μετάβαση από ιδιωτικά οχήματα στις Δημόσιες Συγκοινωνίες οδηγεί σε μείωση των ατυχημάτων. Συγκεκριμένα, η αύξηση κατά μία μονάδα του ποσοστού που μετακινείται με τρένο από μια ζώνη, θα μείωνε τα ατυχήματα κατά 2.2 και τα σοβαρά ατυχήματα κατά 0.86 σε αυτήν τη ζώνη, ενώ για το τραμ οι δείκτες αυτοί ανέρχονται σε 3.1 και 1.5. Πολύ σημαντική, φαίνεται πως είναι για την οδική ασφάλεια η επιλογή του λεωφορείου, για το οποίο παρατηρήθηκε πως η αύξηση κατά μία μονάδα του ποσοστού του, θα μείωνε κατά 5.7 τα συνολικά και κατά 1.8 τα σοβαρά ατυχήματα. Ομοίως, αύξηση κατά μία ποσοστιαία μονάδα των μέσων με προορισμό μία ζώνη, θα προκαλούσε μείωση των ατυχημάτων κατά 9.9 για τα λεωφορεία, και των σοβαρών ατυχημάτων κατά 4.8 για τα λεωφορεία και 0.75 για τα τρένα.

Στην ίδια μελέτη, εκτός από τα διαφορετικά Μέσα Μεταφοράς εξετάζεται και η επιρροή των ποδηλατών στην οδική ασφάλεια, αναδεικνύοντας το ποδήλατο ως μη ασφαλές μέσο μετακίνησης. Κατά μία ποσοστιαία μονάδα, αύξηση των ποδηλατών από μία ζώνη θα οδηγούσε σε αύξηση των συνολικών ατυχημάτων και των σοβαρών κατά 5 και 1.4 αντίστοιχα. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και άλλη πρόσφατη μελέτη από την Μελβούρνη (Amoh-Gyimah et al. 2017), όπως και σχετικές από τις Η.Π.Α., σε αντίθεση με μελέτες σε Ευρωπαϊκές πόλεις, όπου το ποδήλατο φαίνεται πως αποτελεί μία αρκετά ασφαλή επιλογή μετακίνησης (Moeinaddini et al. 2015). Αυτή η διαφοροποίηση θα μπορούσε να εξηγηθεί από τις διαφορετικές συνθήκες κυκλοφορίας και το φιλικό περιβάλλον προς τους ποδηλάτες που υπάρχει στις περισσότερες ευρωπαϊκές πόλεις.

Ως προς το ποσοστό χρήσης ιδιωτικών οχημάτων, όλες οι σχετικές μελέτες καταλήγουν στο ίδιο αποτέλεσμα. Ειδικότερα, οι μηχανές αποτελούν το πιο επικίνδυνο μέσο μετακίνησης, καθώς το αυξημένο ποσοστό χρήσης τους για μετακίνηση με σκοπό την εργασία είναι ο παράγοντας με τη μεγαλύτερη θετική επιρροή στους νεκρούς από ατυχήματα, όπως αναλύθηκε για πολλές ευρωπαϊκές πόλεις (Moeinaddini et al. 2015). Εξίσου επικίνδυνες προκύπτουν και στην περίπτωση της Μελβούρνης, όπου η αύξηση του ποσοστού χρήσης τους από και προς μία ζώνη σχετίζεται με μεγάλη αύξηση και στα ατυχήματα, τόσο συνολικά όσο και στα σοβαρά σε αυτήν τη ζώνη (Truong and Currie 2019).

Εκτός από την επιρροή των διαφορετικών μέσων μετακίνησης, έχει εξεταστεί και η επιρροή πολλών οικονομικών και δημογραφικών χαρακτηριστικών, με συχνό αντικείμενο μελέτης την **πυκνότητα πληθυσμού**. Στις Η.Π.Α., ήδη από το 1987 και τη μελέτη του Baker (1987), είχε αναφερθεί η αντίστροφη σχέση μεταξύ της πυκνότητας πληθυσμού εντός πόλης και του δείκτη θνησιμότητας από ατυχήματα. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και ο Clark (2003) με τη χρήση μοντέλων λογιστικής παλινδρόμησης, εξηγώντας πως η πιθανότητα θανάτου έπειτα από σοβαρό ατύχημα είναι υψηλότερη σε λιγότερο πυκνοκατοικημένες περιοχές.

Ομοίως οι Noland και Quddus (2004), χρησιμοποιώντας μοντέλα αρνητικής διωνυμικής κατανομής, παρουσιάζουν σημαντική συσχέτιση μεταξύ πυκνότητας πληθυσμού και θανάτων σε περιοχές της Αγγλίας, όπου οι πιο αραιοκατοικημένες έχουν υψηλότερο αριθμό απωλειών από ατυχήματα, ενώ οι πυκνοκατοικημένες χαμηλότερο. Στην Ελβετία αντίστοιχα, ο δείκτης θνησιμότητας από τα ατυχήματα είναι αντιστρόφως ανάλογος της πυκνότητας για επιβάτες οχημάτων και μοτοσικλετιστές, όχι όμως και για ποδηλάτες και πεζούς, όπου προέκυψε θετική συσχέτιση (Sproerri et al. 2011). Η προαναφερθείσα σχέση πυκνότητας πληθυσμού και θανάτων αποδεικνύεται και στην περίπτωση της Νότιας Κορέας, με τη βοήθεια μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης (Ashraf et al. 2019).

Εξίσου συχνό χαρακτηριστικό που αναλύεται σε σχετικές μελέτες είναι το κατά κεφαλήν **Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Α.Ε.Π.)**. Σύμφωνα με τον Page (2001), στις χώρες του οργανισμού OECD (Organization for economic co-operation and development) αυξημένο Α.Ε.Π. οδηγεί σταδιακά σε μείωση των νεκρών εξαιτίας ατυχημάτων. Ο Yannis (2014) αναλύει μέσω γενικευμένων γραμμικών μοντέλων την επιρροή που έχει το Α.Ε.Π. στους νεκρούς σε 27 ευρωπαϊκές πόλεις κατά την περίοδο 1975 – 2011 και καταλήγει πως υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του ετήσιου δείκτη θνησιμότητας και ετήσιας μεταβολής του Α.Ε.Π.. Συγκεκριμένα, συσχετίζεται η αύξηση του ετήσιου Α.Ε.Π. με την αύξηση του δείκτη θνησιμότητας, όπως και η μείωση του Α.Ε.Π. με τη μείωση του δείκτη. Στη Δυτική και Βόρεια Ευρώπη, παρατηρείται συσχέτιση της μείωσης του Α.Ε.Π. με τη μείωση του δείκτη το ίδιο και το επόμενο έτος.

## 2.5 ΣΥΝΟΨΗ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάστηκαν στοιχεία που προκύπτουν από την διεθνή βιβλιογραφία και αφορούν την επιρροή χαρακτηριστικών κινητικότητας, τόσο στη ζήτηση των ΔΣ, όσο και στην οδική ασφάλεια.

Ειδικότερα, παρατέθηκαν αρχικά ορισμένα εισαγωγικά στοιχεία για τις αρμόδιες για θέματα Δημοσίων Συγκοινωνιών, Αρχές ευρωπαϊκών πόλεων, και πως αυτές οργανώθηκαν ανά τα χρόνια.

Η ύπαρξη μίας **Αρχής**, η οποία είναι υπεύθυνη για την οργάνωση και το σχεδιασμό των **Δημοσίων Συγκοινωνιών**, το συντονισμό όλων των εμπλεκόμενων φορέων και διαχειριστών, και το σχεδιασμό και την ανάπτυξη νέων σχετικών υποδομών είναι πλέον δεδομένη στις περισσότερες μεγάλες ευρωπαϊκές πόλεις και θεωρείται ένας κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση των Μεταφορών εντός των πόλεων.

Στη συνέχεια, έγινε μία σύντομη περιγραφή μελετών που πραγματοποιούνται τους παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση των Δημοσίων Συγκοινωνιών, ώστε να συγκριθούν με τα παρακάτω αποτελέσματα της παρούσας Διπλωματικής. Στη σχετική βιβλιογραφία περιγράφεται σειρά παραγόντων, που σχετίζονται με πολλούς διαφορετικούς τομείς. Κάποιοι παράγοντες που αναφέρονται είναι οι εξής:

- Η **πυκνότητα του πληθυσμού** επηρεάζει θετικά τη ζήτηση των ΔΣ.
- Η αύξηση του **εισοδήματος** φαίνεται να συσχετίζεται αρνητικά με τη χρήση των λεωφορείων.
- Μεγαλύτερη **προσφορά** (είτε σε χιλιόμετρα των Μέσων, είτε σε χαρακτηριστικά των δικτύων όπως είναι το μήκος τους σε χιλιόμετρα) οδηγεί σε αύξηση της ζήτησης των Μέσων.
- Οι **τιμές των εισιτηρίων** αποτελούν έναν από τους πλέον σημαντικούς παράγοντες και επηρεάζουν αρνητικά τη ζήτησή τους.
- Η **διάρκεια μετακίνησης**, η οποία περιλαμβάνει όλα τα στάδια μετακίνησης με τα Μέσα, έχει αρνητική επιρροή στη ζήτηση, ενώ αποτελεί παράγοντα επιρροής και για την επιλογή του Μέσου συγκεκριμένα.
- Η ύπαρξη ενός **ενοποιημένου Συστήματος ΔΣ** και η **ενιαία τιμολόγηση** ενθαρρύνουν την επιλογή των ΜΜΜ σε σχέση με άλλες μορφές μετακίνησης.
- Οι επιβάτες ενδιαφέρονται σε μεγάλο βαθμό για τη σωστή λειτουργία και τη συνέπεια των ΜΜΜ, επομένως η **αξιοπιστία** τους αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα επιρροής της ζήτησης.

Τέλος, περιγράφηκαν τα συμπεράσματα ερευνών, που προσπαθούν να προσδιορίσουν την επιρροή χαρακτηριστικών κινητικότητας στην οδική ασφάλεια, και ειδικότερα στους νεκρούς από ατυχήματα. Τα πιο βασικά σημεία που προκύπτουν είναι τα ακόλουθα:

- Η μετάβαση από τα ιδιωτικά επιβατικά οχήματα στα **ΜΜΜ** μπορεί να φέρει σημαντικά αποτελέσματα για την οδική ασφάλεια.
- Παρά τη θετική συμβολή των ΔΣ στην οδική ασφάλεια, παρατηρείται θετική συσχέτιση ανάμεσα στο πλήθος σταθμών μετρό και τα ατυχήματα πεζών.
- Η χρήση των “**ήπιων**” **μορφών μετακίνησης**, και ειδικότερα των ποδηλάτων, συμβάλλει στη μείωση των νεκρών από ατυχήματα στις Ευρωπαϊκές πόλεις, όπου οι αντίστοιχες υποδομές είναι οι κατάλληλες, σε αντίθεση με άλλες περιοχές

παγκοσμίως, όπου δεν υπάρχουν επαρκώς και σωστά αναπτυγμένες υποδομές.

- Η **πυκνότητα πληθυσμού** συσχετίζεται αρνητικά με τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα.
- Αυξημένο **Α.Ε.Π.** οδηγεί σταδιακά σε μείωση των νεκρών εξαιτίας οδικών ατυχημάτων.

### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζεται το **θεωρητικό υπόβαθρο**, στο οποίο βασίζεται η Διπλωματική Εργασία. Ειδικότερα περιγράφεται η μέθοδος ανάλυσης που επιλέχθηκε για την ανάλυση των δεδομένων, δηλαδή η **γραμμική παλινδρόμηση** (linear regression), η οποία αποτελεί μία απλή αλλά ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο, και επιλέχθηκε λόγω του είδους των εξαρτημένων μεταβλητών που εξετάζονται. Τόσο η ζήτηση των Δημοσίων Συγκοινωνιών, μετρούμενη σε μετακινήσεις με ΜΜΜ, όσο και οι νεκροί από οδικά ατυχήματα, αποτελούν συνεχείς μεταβλητές, δηλαδή μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή σε κάποιο διάστημα (π.χ.  $[0, \infty)$ ). Θα αναφερθούν ορισμένες βασικές στατιστικές έννοιες και θεωρητικά στοιχεία ως προς το μαθηματικό πρότυπο, όπως επίσης και οι στατιστικοί έλεγχοι και τα κριτήρια αποδοχής του προτύπου.

#### 3.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

##### 3.2.1 ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Η **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis) αποτελεί τον κλάδο της Στατιστικής, ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών με απώτερο στόχο την πρόβλεψη μίας από αυτές μέσω των άλλων. Η μεταβλητή, η οποία πρόκειται να προβλεφθεί, ονομάζεται **εξαρτημένη** (ή απόκρισης) ενώ αντίθετα οι μεταβλητές που αξιοποιούνται για την πρόβλεψη ονομάζονται **ανεξάρτητες** (ή ελεγχόμενες ή επεξηγηματικές). Μία ανεξάρτητη μεταβλητή ή ένας συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών ενδεχομένως να προκαλέσει τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων είναι μία στατιστική διαδικασία, κατά την οποία οι παραγόμενες εξισώσεις περιγράφουν αυτή τη σχέση μεταξύ ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης.

Η επιλογή της πλέον κατάλληλης μεθόδου για την ανάπτυξη του μαθηματικού μοντέλου εξαρτάται από το είδος της εξαρτημένης μεταβλητής, συγκεκριμένα αν αυτή είναι συνεχής ή διακριτή. Στην περίπτωση που η μεταβλητή είναι συνεχές μέγεθος και ακολουθεί κανονική κατανομή, χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης.

Η γραμμική παλινδρόμηση παρουσιάζει δύο επιμέρους μορφές, την απλή και την πολλαπλή. Η απλούστερη περίπτωση, αυτή της απλής γραμμικής παλινδρόμησης (simple linear regression), ορίζεται αποκλειστικά από μία ανεξάρτητη μεταβλητή  $X$  και μία εξαρτημένη μεταβλητή  $Y$ , η οποία μπορεί να προσεγγισθεί ικανοποιητικά από μία γραμμική συνάρτηση του  $X$ . Συγκεκριμένα, η τιμή  $y_i$  της  $Y$ , για κάθε τιμή της  $x_i$  της  $X$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$y_i = \alpha + \beta x_i + \epsilon_i$$

Στη γραμμική παλινδρόμηση το πρόβλημα που προκύπτει, είναι ο προσδιορισμός των παραμέτρων  $\alpha$  και  $\beta$  της παραπάνω σχέσης, ώστε να εκφράζεται καλύτερα η γραμμική εξάρτηση της μεταβλητής  $Y$  από τη  $X$ . Κάθε ζεύγος τιμών ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) καθορίζει μία διαφορετική γραμμική σχέση που εκφράζεται γεωμετρικά από μία ευθεία γραμμή, ενώ οι δύο παράμετροι ορίζονται ως εξής:

- Ο σταθερός όρος  $\alpha$  είναι η τιμή του  $y$  για  $x = 0$ .
- Ο συντελεστής  $\beta$  του  $x$  είναι η κλίση (slope) της ευθείας ή διαφορετικά ο συντελεστής παλινδρόμησης (regression coefficient) και εκφράζει τη μεταβολή της μεταβλητής  $Y$  όταν η μεταβλητή  $X$  μεταβάλλεται κατά μία μονάδα.

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

Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης πραγματοποιούνται οι ακόλουθες υποθέσεις:

- Η μεταβλητή  $X$  είναι ελεγχόμενη για το εξεταζόμενο πρόβλημα, δηλαδή οι τιμές της είναι γνωστές 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  $X$ , δηλαδή  $E(\epsilon_i) = 0$  και  $\text{Var}(\epsilon_i) = \sigma^2$ .

Οι υποθέσεις αυτές προσδιορίζονται σε χαρακτηριστικά πληθυσμών με κανονική κατανομή, με αποτέλεσμα σε προβλήματα γραμμικής παλινδρόμησης να θεωρείται ότι η κατανομή της εξαρτημένης μεταβλητής  $Y$  είναι και αυτή κανονική.

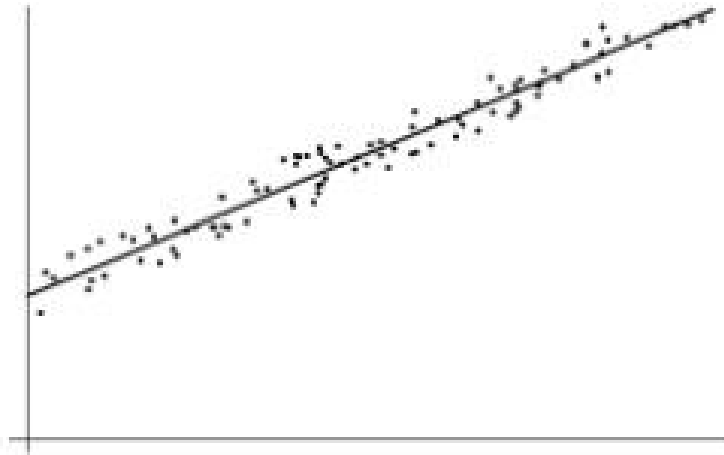
Αντίστοιχα με την απλή γραμμική παλινδρόμηση, η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (multiple linear regression) χρησιμοποιείται στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή  $Y$  εξαρτάται από περισσότερες από μία μεταβλητές  $X$  ( $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ ). Στην παρακάτω εξίσωση περιγράφεται η σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη και τις πολλαπλές ανεξάρτητες μεταβλητές:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \dots + \beta_k x_{ik} + \epsilon_i$$

Η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση απαιτεί τις ίδιες υποθέσεις με την απλή γραμμική παλινδρόμηση, ενώ επιπλέον πρέπει να ελεγχθεί, αν πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μαθηματικό μοντέλο. Τέλος, απαραίτητη κρίνεται η μηδενική συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών μεταξύ τους, ( $\rho(x_i, x_j) \forall i \neq j \rightarrow 0$ ), η οποία ελέγχεται πριν την εκτίμηση των παραμέτρων των μεταβλητών.

### 3.2.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Για τον υπολογισμό των παραμέτρων του μοντέλου της γραμμικής παλινδρόμησης, αξιοποιείται η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων (method of least squares). Εφόσον έχουν δοθεί οι τιμές της  $X$ , προσδιορίζονται οι παράμετροι  $\beta_i$  και ορίζεται μία προσεγγιστική ευθεία, η οποία συνδέει τις τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής  $Y$ . Αυτή ονομάζεται ευθεία παλινδρόμησης της  $Y$  πάνω στη  $X$  και λειτουργεί με σκοπό το άθροισμα των τετραγώνων των κατακόρυφων αποστάσεων των σημείων  $(X, Y)$  από την ευθεία να είναι το ελάχιστο. Ενδεικτικά, δίνεται ένα απλό διάγραμμα που παρουσιάζει μία ευθεία ελαχίστων τετραγώνων, η οποία προκύπτει από τις τιμές των υπολογισθέντων παραμέτρων.



**Διάγραμμα 3.1:** Ευθεία ελαχίστων τετραγώνων

### 3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Βασική προϋπόθεση για τις τιμές της μεταβλητής  $Y$  που εξετάζονται, είναι να ελεγχθεί ότι ακολουθούν **κανονική κατανομή**.

Ομοίως, απαιτείται ο έλεγχος **συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταβλητών**. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές θα πρέπει να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους, ώστε να δύναται να εξακριβωθεί η επιρροή της κάθε μεταβλητής στην εξαρτημένη. Θεωρούνται δύο τυχαίες μεταβλητές  $X, Y$ , με διασπορά  $\sigma_X^2$  και  $\sigma_Y^2$  αντίστοιχα, και συνδιασπορά  $\sigma_{XY} = \text{Cov}[X, Y]$ . Ο βαθμός της γραμμικής συσχέτισης των δύο μεταβλητών καθορίζεται από το συντελεστή συσχέτισης (correlation coefficient)  $\rho$ , όπου:

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

Αντικαθιστώντας μάλιστα τις τιμές των διασπορών και της συνδιασποράς, η εκτιμήτρια  $\rho$  εκφράζεται ως:

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

Ο συντελεστής συσχέτισης  $\rho$  εκφράζει το βαθμό που οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται, χωρίς να εξαρτάται από τη μονάδα μέτρησης των  $X$  και  $Y$  και παίρνει τιμές στο διάστημα  $[-1, 1]$ . Τιμές κοντά στο  $-1$  δηλώνουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση, τιμές κοντά στο  $1$  ισχυρή θετική συσχέτιση και τιμές γύρω από το  $0$  γραμμική ανεξαρτησία των  $X$  και  $Y$ .

Αφού διαμορφωθεί το μοντέλο και καθοριστεί η εξίσωσή του, πρέπει να αξιολογηθεί με τα εξής κριτήρια: τα πρόσημο και τις τιμές των συντελεστών  $\beta_i$  της εξίσωσης, τη στατιστική σημαντικότητα, την ποιότητα του μοντέλου και το σφάλμα της εξίσωσης.

Συντελεστές της εξίσωσης: Θα πρέπει να καθίσταται δυνατή η λογική ερμηνεία των προσήμων των συντελεστών. Το θετικό πρόσημο συνεπάγεται αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης, ενώ το αρνητικό μείωση της εξαρτημένης με την αύξηση της ανεξάρτητης. Παράλληλα, θα πρέπει να ερμηνεύεται λογικά και η τιμή του συντελεστή, καθώς αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά μία μονάδα οδηγεί σε αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής κατά  $\beta_i$  μονάδες. Στην περίπτωση, όπου η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά, τότε αναφερόμαστε στην ελαστικότητα (elasticity). Η ελαστικότητα αποτελεί δείκτη, ο οποίος αντικατοπτρίζει την ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής  $Y$  στη μεταβολή μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Πολλές φορές είναι ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί 1% μεταβολή της ανεξάρτητης. Η ελαστικότητα για γραμμικά πρότυπα και συνεχείς μεταβλητές δίνεται από τη σχέση:

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

Στατιστική σημαντικότητα: Κρίσιμος έλεγχος για την αξιολόγηση του γραμμικού μοντέλου είναι ο έλεγχος **t-test** (κριτήριο  $t$  της κατανομής Student). Μέσω του δείκτη  $t$  προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών, επομένως καθορίζονται οι μεταβλητές που θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Ο συντελεστής  $t$  προκύπτει από την εξής σχέση:

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

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

Όπως παρατηρείται στην παραπάνω σχέση, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα, τόσο αυξάνεται ο συντελεστής  $t_{stat}$ , δηλαδή αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Αύξηση της τιμής του  $t$  κατά απόλυτη τιμή ερμηνεύεται ως αύξηση της επιρροής της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στον ακόλουθο πίνακα, παρουσιάζονται οι κρίσιμες τιμές του  $t$  για διαφορετικά επίπεδα εμπιστοσύνης.

Βαθμοί Ελευθερίας	Επίπεδο Εμπιστοσύνης				
	0.900	0.950	0.975	0.990	0.995
80	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
$\infty$	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

Πίνακας 3.1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή  $t$  της κατανομής Student



Ως βαθμοί ελευθερίας ορίζεται το πλήθος δείγματος μείον ένα. Άρα, για μέγεθος δείγματος 81 και βαθμούς ελευθερίας 80, και για επίπεδο εμπιστοσύνης 99%, η κρίσιμη τιμή του συντελεστή είναι  $t^* = 2.4$ , ενώ για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι  $t^* = 1.7$ . Για να συμπεριληφθεί λοιπόν μία μεταβλητή στο μοντέλο, θα πρέπει να έχει συντελεστή μεγαλύτερο από την κρίσιμη κατά απόλυτη τιμή, ώστε αυτή να κρίνεται στατιστικά σημαντική.

Ποιότητα του μοντέλου: Έπειτα, εξετάζεται ο **συντελεστής προσαρμογής  $R^2$** , ο οποίος χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο και προσδιορίζεται από τη σχέση:

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

Όπου:

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

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

Ο συντελεστής  $R^2$  εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής  $Y$  που εξηγείται από τη μεταβλητή  $X$ , ενώ λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών  $X$  και  $Y$  είναι πιο ισχυρή, όταν ο συντελεστής βρίσκεται κοντά στη μονάδα. Για την αξιολόγηση του συντελεστή δεν υπάρχει ορισμένη αποδεκτή ή απορριπτή τιμή, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του  $R^2$ . Τέλος, επισημαίνεται ότι ο συντελεστής μπορεί να αξιοποιηθεί ως μέτρο ισχυρότητας της γραμμικής σχέσης ανεξάρτητα από το αν η μεταβλητή  $X$  παίρνει καθορισμένες ή όχι τιμές.

Σφάλμα εξίσωσης προτύπου: Τελευταίο κριτήριο είναι αυτό, το οποίο αναφέρεται στο σφάλμα της εξίσωσης του μοντέλου. Ειδικότερα για τη γραμμική παλινδρόμηση, πρέπει να πληροί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

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

Η διασπορά του σφάλματος εξαρτάται από το συντελεστή  $R^2$ . Όσο μεγαλύτερο είναι το  $R^2$ , τόσο μικρότερη είναι η διασπορά του σφάλματος, επομένως τόσο καλύτερη είναι η πρόβλεψη που βασίζεται στην ευθεία της γραμμικής παλινδρόμησης.

## 4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο Κεφάλαιο 2, αναπτύχθηκε η βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας και αποκτήθηκαν βασικές γνώσεις πάνω στην κινητικότητα, και πως διαφορετικά χαρακτηριστικά της επηρεάζουν τη ζήτηση των Δημοσίων Συγκοινωνιών και την οδική ασφάλεια. Παράλληλα, επιλέχθηκε η κατάλληλη μέθοδος στατιστικής ανάλυσης, η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση, για τα θεωρητικά στοιχεία της οποίας αναφερθήκαμε στο προηγούμενο Κεφάλαιο. Επόμενο στάδιο, το οποίο παρουσιάζεται στο παρόν Κεφάλαιο είναι η συλλογή και επεξεργασία των απαραίτητων στοιχείων για την μετέπειτα ανάλυση και την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων.

Το Κεφάλαιο χωρίζεται σε δύο επιμέρους ενότητες. Στην πρώτη περιγράφεται η διαδικασία **συλλογής των απαιτούμενων στοιχείων**, με σκοπό να δοθεί μία πλήρης εικόνα για την αξιοπιστία και την ποιότητα των δεδομένων. Η δεύτερη ενότητα επικεντρώνεται στην **επεξεργασία των στοιχείων**, ώστε να δημιουργηθούν οι κατάλληλες βάσεις δεδομένων, καθώς και η κωδικοποίηση τους με σκοπό την συμβατότητά τους με το περιβάλλον του λογισμικού στατιστικής ανάλυσης R.

### 4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για την εκπλήρωση των στόχων της Διπλωματικής Εργασίας ήταν αναγκαία η συλλογή **στοιχείων κινητικότητας, όπως πληθυσμού, οδικού δικτύου και κυκλοφορίας, αλλά και στοιχείων, τα οποία αφορούν τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα σε επιλεγμένες μεγάλες Ευρωπαϊκές πόλεις ή μητροπολιτικές περιοχές.**

Η σημαντικότερη πηγή δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε ήταν οι ετήσιες εκθέσεις του **πανευρωπαϊκού οργανισμού EMTA** (European Metropolitan Transport Authorities), ο οποίος συγκεντρώνει τις Αρχές των περισσότερων μεγάλων ευρωπαϊκών πόλεων ή μητροπολιτικών περιοχών, οι οποίες είναι αρμόδιες για το σχεδιασμό και το συντονισμό των ΜΜΜ των περιοχών, με σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών, πρακτικών και την ανάδειξη νέων στόχων σε ζητήματα κινητικότητας.



**Εικόνα 4.1:** Οργανισμός EMTA (European Metropolitan Transport Authorities)

Οι ετήσιες εκθέσεις που εξετάζονται στην παρούσα Εργασία αφορούν την **περίοδο 2014 – 2018** και περιλαμβάνουν συνολικά 28 πόλεις, από τις οποίες αναλύθηκαν οι 18 εξαιτίας ελλিপών στοιχείων ή παράληψης ορισμένων εκ των υπολοίπων από συγκεκριμένες εκθέσεις.

Στις εκθέσεις παρατίθενται αρχικά στοιχεία για τις Αρχές ΔΣ των εξεταζόμενων πόλεων και τον τρόπο λειτουργίας και τις υποχρεώσεις τους. Έπειτα, περιέχονται στοιχεία που αφορούν την κινητικότητα, όπως πληθυσμιακά και οικονομικά, χαρακτηριστικά οδικού δικτύου, δείκτες επίδοσής των ΔΣ (performance indicators) και κυκλοφοριακά στοιχεία.

Τα δεδομένα που αντλούνται ανά πόλη και χρονιά από τις εκθέσεις στο πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα, μαζί και με τις ονομασίες που δόθηκαν στο κάθε δεδομένο για την εισαγωγή του στο Excel και την μετέπειτα επεξεργασία και ανάλυσή του στο λογισμικό της R.

Δεδομένα από εκθέσεις ΕΜΤΑ	Ονομασία δεδομένων κατά την ανάλυση
Εξεταζόμενη πόλη	City
Εξεταζόμενη χρονιά	Year
Υπεύθυνος φορέας	Auth
Πληθυσμός κύριας πόλης	MainPop
Πληθυσμός της περιοχής λειτουργίας του φορέα	PtaPop
Έκταση της περιοχής λειτουργίας του φορέα	PtaSur
Έκταση της αστικοποιημένης περιοχής	PtaUrb
Πυκνότητα Πληθυσμού της αστικοποιημένης περιοχής	UrbanDens
Α.Ε.Π. (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν)	GDP
Ιδιοκτησία ΙΧ στην κύρια πόλη (ΙΧ ανά 1000 κατοίκους)	CarOwnMain
Ιδιοκτησία ΙΧ στην περιοχή λειτουργίας του φορέα (ΙΧ ανά 1000 κατοίκους)	CarOwnPTA
Ποσοστό χρήσης Δημοσίων Συγκοινωνιών στην πόλη	MS_PT
Ποσοστό χρήσης Δημοσίων Συγκοινωνιών στην περιοχή του φορέα	Mspta_PT
Ποσοστό χρήσης επιβατικών οχημάτων στην πόλη	MS_Motor
Ποσοστό χρήσης επιβατικών οχημάτων στην περιοχή του φορέα	Mspta_Motor
Ποσοστό χρήσης "ήπιων" μορφών μετακίνησης στην πόλη	MS_Soft
Ποσοστό χρήσης "ήπιων" μορφών μετακίνησης στην περιοχή του φορέα	Mspta_Soft
Αριθμός στάσεων λεωφορείων – τραμ ανά 100.000 κατοίκους	Btstops_inh
Αριθμός σταθμών μετρό – τρένων ανά 100.000 κατοίκους	Mtstops_inh
Μήκος δικτύου λεωφορείων – τραμ ανά 100.000 κατοίκους	Btkm_inh
Μήκος δικτύου μετρό – τρένων ανά 100.000 κατοίκους	Mtkm_inh
Μήκος δικτύου λεωφορείων – τραμ ανά 1000 τετραγωνικά χιλιόμετρα έκταση	Btkm_sur
Μήκος δικτύου μετρό – τρένων ανά 1000 τετραγωνικά χιλιόμετρα έκταση	Mtkm_sur
Χιλιόμετρα λεωφορείων ανά κατοίκους	BusKM
Χιλιόμετρα τραμ ανά κατοίκους	TramKM
Χιλιόμετρα μετρό ανά κατοίκους	MetKM
"Ταξίδια" (Διαδρομές) που πραγματοποιήθηκαν με τα ΜΜΜ	Pttrips
Μέση ταχύτητα λεωφορείων	BUS_speed
Μέση ταχύτητα τραμ	Tram_speed
Τιμή απλού εισιτηρίου εντός πόλης	eur_main

**Πίνακας 4.1:** Δεδομένα που συλλέχθηκαν από τις ετήσιες εκθέσεις του οργανισμού ΕΜΤΑ και οι κωδικές ονομασίες τους για την εισαγωγή τους στο Excel.

Εκτός από τις εκθέσεις του οργανισμού ΕΜΤΑ, χρησιμοποιήθηκε και η **Ευρωπαϊκή Βάση Οδικών Ατυχημάτων, CARE** (Community database on the Roads in Europe). Στη συγκεκριμένη βάση περιέχονται αναλυτικά **στοιχεία για κάθε ατύχημα**, όπως αυτά συγκεντρώνονται από τα Ευρωπαϊκά κράτη. Ο στόχος της βάσης δεδομένων CARE είναι να συμβάλλει στην ανταλλαγή εμπειριών στον τομέα της οδικής ασφάλειας ανάμεσα στα ευρωπαϊκά κράτη, με σκοπό την ανάπτυξη νέων ιδεών και πρακτικών και τη λήψη νέων μέτρων τόσο σε εθνικό, όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Για τις ανάγκες της παρούσας

Διπλωματικής Εργασίας συλλέχθηκαν οι νεκροί από οδικά ατυχήματα στις εξεταζόμενες περιοχές και τα έτη 2014 έως 2018.

Τα στοιχεία που αντλήθηκαν από τη βάση αναφέρονται σε **12 πόλεις** ή περιοχές, και όχι στο σύνολο των περιοχών που εξετάστηκαν με βάση τις εκθέσεις της ΕΜΤΑ. Αυτό συμβαίνει διότι τα όρια των περιοχών από τις εκθέσεις της ΕΜΤΑ δεν συμπίπτουν με τα όρια των περιοχών NUTS (κωδική ονομασία περιοχών που χρησιμοποιείται στη βάση CARE) στις υπόλοιπες περιπτώσεις.

Για την ολοκλήρωση της συλλογής στοιχείων, πραγματοποιήθηκε και ξεχωριστή έρευνα στο διαδίκτυο, με σκοπό τον εντοπισμό των φορέων/ εταιρειών διαχείρισης ΜΜΜ στις εξεταζόμενες πόλεις και περιοχές. Μέσω αυτής της έρευνας κατέστη δυνατή η κατηγοριοποίηση των πόλεων σε αυτές που παρουσιάζουν δημόσια διαχείριση των ΜΜΜ και σε αυτές που παρουσιάζουν ιδιωτική.

### 4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Επόμενο βήμα μετά την ολοκλήρωση της συλλογής των στοιχείων είναι η επεξεργασία τους. Μέσω του προγράμματος **Microsoft Excel** δημιουργήθηκε η κύρια βάση δεδομένων, η οποία αξιοποιήθηκε στην πορεία τόσο στο μοντέλο της ζήτησης των ΔΣ, όσο και σε αυτό των νεκρών από οδικά ατυχήματα.

Στη βάση δεδομένων περιέχονται για κάθε πόλη και έτος (2014 έως το 2018) όλα τα χαρακτηριστικά από τις ετήσιες εκθέσεις ΕΜΤΑ, τα οποία αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα (Πίνακας 4.1). Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, συμπεριλαμβάνονται **18 πόλεις**, οι οποίες ταξινομούνται με αλφαβητική σειρά στα αγγλικά και χρονολογικά ανάποδα, δηλαδή από το 2018 έως το 2014.

Πόλεις που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων		
Άμστερνταμ	Λονδίνο	Όσλο
Βαρσοβία	Λυόν	Παρίσι
Βερολίνο	Μαδρίτη	Ρόττερταμ/ Χάγη
Βιέννη	Μάντσεστερ	Στοκχόλμη
Βουδαπέστη	Μπέρμινγχαμ	Στουτγκάρδη
Ελσίνκι	Μπιλμπάο	Φρανκφούρτη

**Πίνακας 4.2:** Χώρες που περιλαμβάνει η βάση δεδομένων που αναπτύχθηκε

Εκτός από τα χαρακτηριστικά που τελικά εξετάστηκαν, αρχικά είχαν προστεθεί και κάποια επιπλέον, τα οποία όμως στη συνέχεια αφαιρέθηκαν τελείως, καθώς έλειπαν για αρκετές πόλεις και χρονιές και θεωρήθηκε ορθότερο να μην γίνουν παραδοχές. Ακόμα σε ορισμένα χαρακτηριστικά από όσα αξιοποιήθηκαν, παρατηρήθηκαν μεμονωμένα κενά, τα οποία αφορούν ορισμένες πόλεις. Εφόσον αυτά τα κενά ήταν ελάχιστα και σε καμία περίπτωση δεν αφορούσαν ολόκληρη την περίοδο 2014 έως 2018 για κάποια πόλη, επιλέχθηκε η μέθοδος της γραμμικής παρεμβολής, ώστε να συμπληρωθούν και να μπορούν να αναλυθούν.

Σημαντικό σημείο στην επεξεργασία των στοιχείων αποτελεί η **αναγωγή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών των πόλεων σε έναν ορισμένο πληθυσμό**. Στις ετήσιες εκθέσεις

παρατηρήθηκαν διαφορετικά χαρακτηριστικά ανά 1.000 κατοίκους, ανά 100.000 κατοίκους και ανά 1.000.000 κατοίκους. Για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν σωστά και να είναι συγκρίσιμα όλα τα χαρακτηριστικά, επιλέχθηκαν οι **100.000 κάτοικοι** σαν πληθυσμός, στον οποίο ανάγονται. Τα χαρακτηριστικά που εξετάστηκαν και αναλύθηκαν ανά 100.000 κατοίκους είναι τα εξής:

- Ιδιοκτησία ΙΧ εντός κύριας πόλης (CarOwnMaininh)
- Ιδιοκτησία ΙΧ εντός περιοχής λειτουργίας των αρμόδιων Αρχών (CarOwnPTAinh)
- Στάσεις λεωφορείων και τραμ (Btstops\_inh)
- Σταθμοί μετρό και τρένων (Mtstops\_inh)
- Μήκος δικτύου λεωφορείων και τραμ σε χιλιόμετρα (BTkm\_inh)
- Μήκος δικτύου μετρό και τρένων σε χιλιόμετρα (MTkm\_inh)
- Μετακινήσεις που πραγματοποιήθηκαν με τα ΜΜΜ σε εκατομμύρια (Pttrips\_inh)
- Νεκροί από οδικά ατυχήματα (Fat\_inh)

Επίσης, υπολογίστηκε και προστέθηκε σαν επιπλέον χαρακτηριστικό η πυκνότητα του πληθυσμού στην συνολική περιοχή λειτουργίας και επιρροής του φορέα και των αρμόδιων αρχών, στην οποία δόθηκε η κωδική ονομασία "MetroDens". Ο υπολογισμός πραγματοποιήθηκε διαιρώντας τον συνολικό πληθυσμό της περιοχής με την έκτασή της.

Τέλος, χρησιμοποιήθηκε ένα επιπλέον χαρακτηριστικό, έτσι ώστε να συμπεριληφθεί στη βάση ο τρόπος διαχείρισης των ΜΜΜ. Αναπτύχθηκε η κατηγορική μεταβλητή Pub\_Priv, η οποία λαμβάνει δύο τιμές, 1 ή 0. Στις περιπτώσεις, όπου όλοι οι διαχειριστές των ΜΜΜ (operators) είναι δημόσιοι, δόθηκε η τιμή 1 στη μεταβλητή, όπως επίσης και όπου υπάρχουν ελάχιστες ιδιωτικές εταιρείες που λειτουργούν μεμονωμένες γραμμές λεωφορείων σε προάστια των πόλεων και τους αντιστοιχεί πολύ μικρό ποσοστό επί των συνολικών λεωφορείων. Αντίθετα, στις περιπτώσεις, όπου υπάρχουν ιδιωτικοί διαχειριστές με σημαντικό ποσοστό επί των συνολικών ΜΜΜ δόθηκε η τιμή 0.

Παρακάτω, παρατίθεται απόσπασμα από τη βάση δεδομένων, που αναπτύχθηκε στο Microsoft Excel, και η οποία συνολικά αποτελείται από **90 γραμμές** (18 πόλεις x 5 έτη) και από **32 στήλες** (χαρακτηριστικά).

Year	City	Auth	MainPop	PtaPop	PtaSur	PtaUrb	UrbanDens	GDP	MS Soft	MS PT	MS Motor	MSpta Soft	MSpta PT	MSpta Motc	Btstops	inM	Mtstops	int
2018	Amsterdam	VRA	862.965.00	1.548.891.00	1.025.00	850.00	1.822.00	34.000.00	0.58	0.16	0.26	0.49	0.13	0.34	194.50	2.52		
2017	Amsterdam	VRA	854.047.00	1.528.535.00	1.005.00	806.00	1.896.00	35.500.00	0.59	0.16	0.25	0.47	0.07	0.46	198.10	2.70		
2016	Amsterdam	VRA	844.952.00	1.514.163.00	1.004.00	805.00	1.880.00	34.700.00	0.58	0.14	0.25	0.67	0.11	0.22	160.00	3.40		
2015	Amsterdam	VRA	834.000.00	1.500.500.00	1.004.00	805.00	1.863.00	34.000.00	0.67	0.11	0.22	0.58	0.10	0.33	140.00	3.50		
2014	Amsterdam	VRA	822.272.00	1.464.578.00	1.004.00	807.00	1.815.00	34.000.00	0.67	0.12	0.22	0.54	0.10	0.36	143.00	3.55		
2018	Berlin	VBB	3.644.826.00	6.156.749.00	30.546.00	3.447.00	1.786.00	35.860.00	0.42	0.25	0.33	0.37	0.19	0.44	200.10	11.11		
2017	Berlin	VBB	3.613.495.00	6.117.535.00	30.545.00	3.441.00	1.778.00	35.832.00	0.42	0.25	0.33	0.37	0.19	0.44	202.10	11.01		
2016	Berlin	VBB	3.556.056.00	6.046.015.00	30.546.00	3.438.00	1.759.00	32.743.00	0.39	0.21	0.40	0.39	0.16	0.45	203.00	10.70		
2015	Berlin	VBB	3.520.031.00	6.004.857.00	30.546.00	3.400.00	1.766.00	31.558.00	0.39	0.21	0.40	0.39	0.16	0.45	216.00	11.20		
2014	Berlin	VBB	3.469.849.00	5.927.721.00	30.546.00	3.419.00	1.734.00	30.517.00	0.39	0.21	0.40	0.39	0.16	0.45	229.00	11.35		
2018	Bilbao	CTB	1.142.853.00	1.142.853.00	2.215.00	235.00	4.863.00	32.986.00	0.66	0.22	0.12	0.47	0.18	0.35	54.80	9.01		
2017	Bilbao	CTB	1.140.662.00	1.140.662.00	2.215.00	235.00	4.854.00	30.378.00	0.66	0.22	0.12	0.47	0.18	0.35	54.80	9.00		
2016	Bilbao	CTB	1.138.852.00	1.138.852.00	2.215.00	235.00	4.846.00	29.432.00	0.62	0.27	0.11	0.48	0.20	0.32	52.00	12.60		
2015	Bilbao	CTB	1.138.852.00	1.138.852.00	2.215.00	235.00	4.846.00	29.432.00	0.62	0.27	0.11	0.48	0.20	0.32	52.00	12.60		
2014	Bilbao	CTB	1.138.852.00	1.138.852.00	2.215.00	235.00	4.846.00	29.432.00	0.62	0.27	0.11	0.48	0.20	0.32	52.00	12.60		
2018	Birmingham	TWM	1.141.374.00	2.916.458.00	902.00	498.00	5.856.34	30.367.00	0.01	0.64	0.35	0.20	0.10	0.62	414.90	2.40		
2017	Birmingham	TWM	1.137.123.00	2.897.303.00	902.00	498.00	5.817.88	29.900.00	0.01	0.64	0.35	0.20	0.10	0.68	416.90	2.45		
2016	Birmingham	TWM	1.124.589.00	2.864.925.00	902.00	498.00	5.753.00	29.900.00	0.06	0.64	0.34	0.23	0.11	0.68	427.00	2.50		
2015	Birmingham	TWM	1.111.300.00	2.833.600.00	902.00	498.00	5.690.00	23.536.00	0.03	0.60	0.37	0.23	0.11	0.66	431.00	2.50		
2014	Birmingham	TWM	1.101.400.00	2.808.400.00	902.00	498.00	5.642.00	27.833.00	0.01	0.57	0.42	0.24	0.12	0.64	435.00	2.53		
2018	Budapest	BKK	1.752.286.00	1.752.286.00	525.00	358.00	4.888.00	23.404.00	0.35	0.29	0.36	0.37	0.37	0.26	238.50	13.70		
2017	Budapest	BKK	1.749.734.00	1.749.734.00	525.00	358.00	4.888.00	23.404.00	0.37	0.37	0.26	0.37	0.37	0.26	239.60	13.60		
2016	Budapest	BKK	1.752.704.00	1.752.704.00	525.00	358.00	4.896.00	19.754.00	0.08	0.47	0.45	0.08	0.47	0.45	266.00	13.50		
2015	Budapest	BKK	1.759.407.00	1.759.407.00	525.00	358.00	4.915.00	22.067.00	0.21	0.48	0.31	0.21	0.48	0.31	284.90	13.40		
2014	Budapest	BKK	1.761.200.00	1.757.618.00	525.00	358.00	4.910.00	20.798.00	0.21	0.48	0.31	0.20	0.45	0.35	264.00	13.43		
2018	Frankfurt	RMV	746.878.00	5.191.970.00	13.585.00	12.342.00	420.67	46.719.00	0.48	0.24	0.28	0.33	0.11	0.55	235.20	9.12		
2017	Frankfurt	RMV	742.175.00	5.179.242.00	13.585.00	12.342.00	419.64	44.804.00	0.48	0.24	0.28	0.34	0.12	0.55	236.10	9.13		
2016	Frankfurt	RMV	731.009.00	5.364.322.00	14.170.00	12.342.00	434.64	43.609.00	0.42	0.20	0.38	0.33	0.10	0.57	226.00	8.90		
2015	Frankfurt	RMV	732.688.00	5.550.619.00	14.755.00	12.342.00	450.00	41.106.00	0.42	0.20	0.38	0.33	0.10	0.57	219.00	8.60		
2014	Frankfurt	RMV	717.624.00	5.003.889.00	14.000.00	12.342.00	405.00	41.106.00	0.42	0.20	0.38	0.33	0.10	0.57	243.00	9.51		
2018	Helsinki	HSL	648.042.00	1.310.435.00	1.968.00	411.00	3.188.41	59.058.00	0.44	0.31	0.25	0.38	0.22	0.35	609.80	5.41		
2017	Helsinki	HSL	643.272.00	1.250.001.00	1.507.00	411.00	3.041.00	58.840.00	0.38	0.34	0.31	0.34	0.26	0.40	613.90	5.52		
2016	Helsinki	HSL	635.181.00	1.232.968.00	1.507.00	411.00	3.002.00	56.600.00	0.38	0.34	0.31	0.34	0.26	0.40	602.65	4.90		
2015	Helsinki	HSL	628.208.00	1.215.442.00	1.558.00	411.00	2.959.00	56.600.00	0.36	0.34	0.31	0.34	0.26	0.40	592.00	4.30		
2014	Helsinki	HSL	620.715.00	1.198.989.00	1.558.00	411.00	2.919.00	56.467.00	0.37	0.34	0.29	0.34	0.26	0.40	609.00	5.24		
2018	London	TfL	8.600.000.00	8.600.000.00	1.579.00	1.042.00	8.253.00	52.059.00	0.28	0.37	0.36	0.28	0.37	0.36	251.00	3.14		
2017	London	TfL	8.626.935.00	8.626.935.00	1.572.00	1.042.00	8.471.00	52.059.00	0.27	0.37	0.36	0.27	0.37	0.36	225.00	4.53		
2016	London	TfL	8.910.868.00	8.910.868.00	1.572.00	1.042.00	8.552.00	47.705.00	0.27	0.37	0.37	0.27	0.37	0.37	223.00	4.40		
2015	London	TfL	8.681.900.00	8.681.900.00	1.572.00	1.042.00	8.332.00	55.598.00	0.23	0.43	0.34	0.34	0.43	0.34	229.00	4.60		
2014	London	TfL	8.600.000.00	8.600.000.00	1.572.00	1.042.00	8.253.00	55.598.00	0.23	0.43	0.34	0.23	0.43	0.34	230.90	4.80		
2018	Lyon	SYTRAL	664.846.00	1.391.249.00	746.00	360.00	3.837.00	57.384.00	0.48	0.25	0.27	0.37	0.19	0.44	224.10	3.18		
2017	Lyon	SYTRAL	655.158.00	1.354.476.00	746.00	360.00	3.762.00	57.384.00	0.48	0.25	0.27	0.37	0.19	0.44	240.90	3.20		
2016	Lyon	SYTRAL	655.158.00	1.354.476.00	746.00	360.00	3.762.00	57.384.00	0.48	0.25	0.28	0.37	0.19	0.40	240.90	3.20		
2015	Lyon	SYTRAL	636.302.00	1.300.000.00	746.00	360.00	3.611.00	42.830.00	0.48	0.25	0.28	0.37	0.19	0.44	273.80	3.20		
2014	Lyon	SYTRAL	636.302.00	1.300.000.00	746.00	360.00	3.611.00	42.830.00	0.43	0.21	0.36	0.35	0.16	0.49	273.80	3.20		

Εικόνα 4.2: Απόσπασμα από τη βάση δεδομένων στο πρόγραμμα Microsoft Excel

Αφού δημιουργήθηκε ο **τελικός συγκεντρωτικός πίνακας** στο λογισμικό Microsoft Excel, χρειάστηκε και ένας δεύτερος πίνακας, ο οποίος αφορά στο μοντέλο που αναπτύχθηκε στη συνέχεια για τους θανάτους από οδικά ατυχήματα. Αυτός ο πίνακας, ο οποίος περιλαμβάνει τα ίδια χαρακτηριστικά, αναφέρεται σε **12 πόλεις**, οι οποίες είναι οι εξής:

Πόλεις που περιλαμβάνονται στον πίνακα του δεύτερου μοντέλου	
Βαρκελώνη	Μάντσεστερ
Βερολίνο	Μπέρμινγχαμ
Βιέννη	Μπιλμπάο
Βουδαπέστη	Όσλο
Λονδίνο	Παρίσι
Μαδρίτη	Στοκχόλμη

Πίνακας 4.3: Χώρες που περιλαμβάνει ο πίνακας που αναπτύχθηκε για το δεύτερο μοντέλο, αυτό των θανάτων από οδικά ατυχήματα

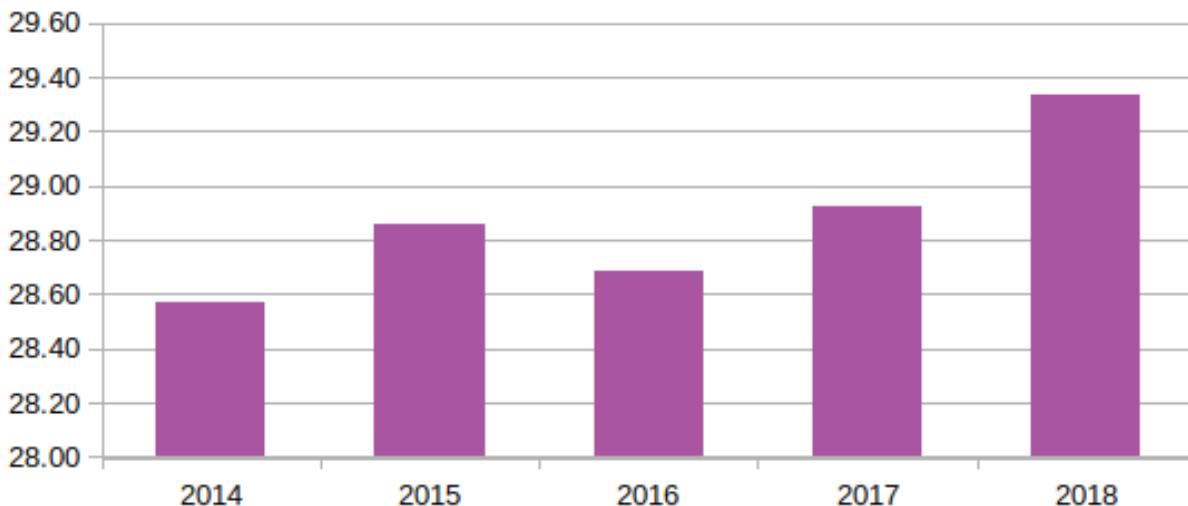
\* Για την Βαρκελώνη αξιοποιήθηκαν τα έτη 2017 έως 2018, εξαιτίας αρκετών στοιχείων που έλειπαν για την υπόλοιπη περίοδο.

#### 4.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στην ενότητα αυτή επιχειρείται να διαμορφωθεί μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τις δύο εξαρτημένες μεταβλητές, δηλαδή τις **μετακινήσεις με τα ΜΜΜ ανά 100.000 κατοίκους** και τους **νεκρούς από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους** στις εξεταζόμενες πόλεις και περιοχές, αλλά και για ορισμένες ενδιαφέρουσες εκ των ανεξαρτήτων μεταβλητών. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν ενδεικτικά διαγράμματα, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.

Εκατομμύρια μετακινήσεις MMM ανά 100.000 κατοίκους

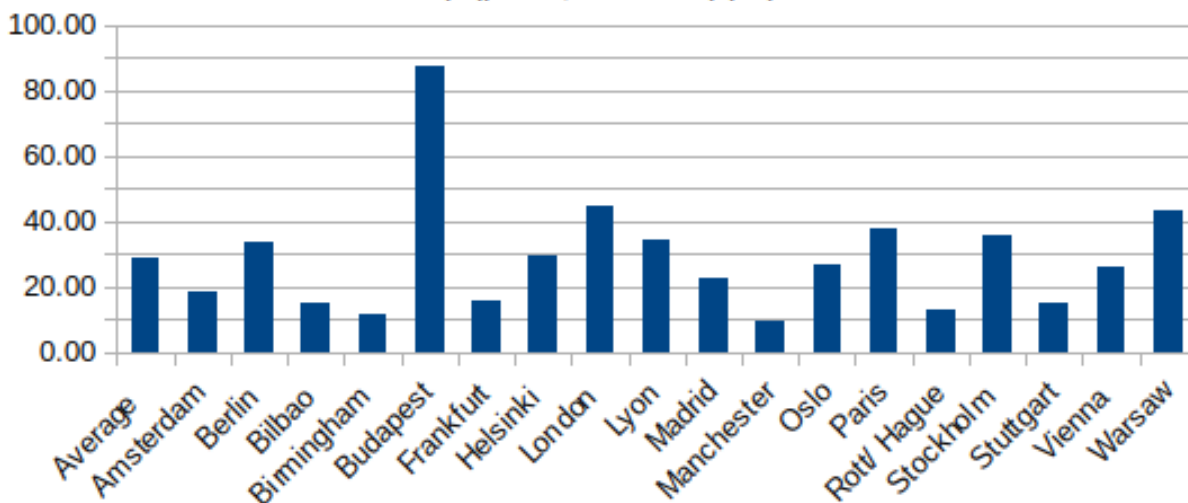
Μέσος όρος των εξεταζόμενων πόλεων ή περιοχών



**Διάγραμμα 4.1:** Μέσος όρος μετακινήσεων με τα MMM ανά 100.000 κατοίκους και ανά χρονιά για τις εξεταζόμενες πόλεις και περιοχές [μετριέται σε εκατομμύρια]

Μετακινήσεις με MMM ανά 100.000 κατοίκους

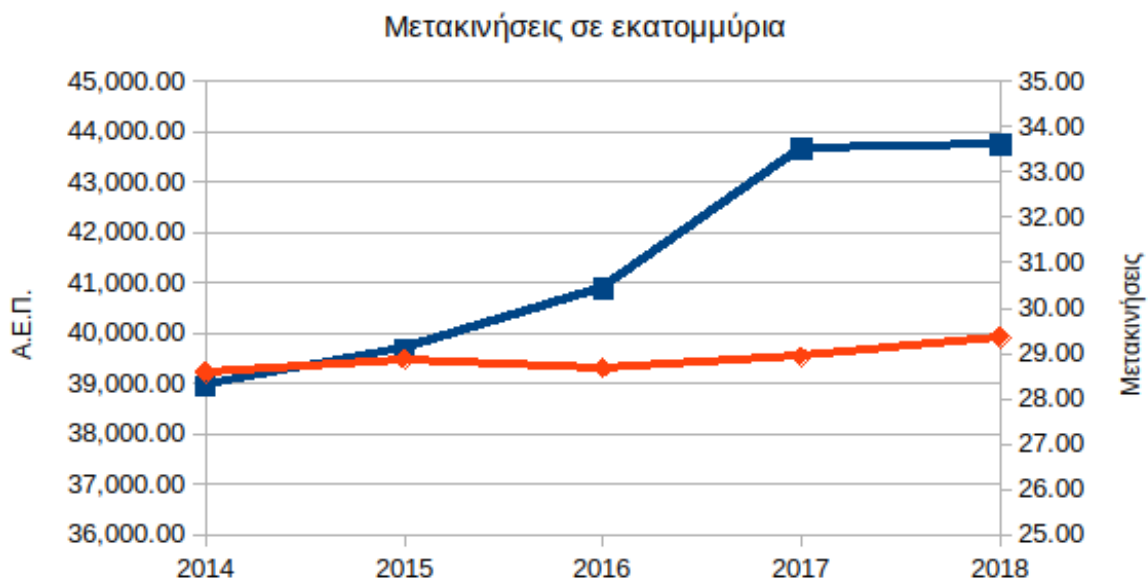
Μετρημένες σε εκατομμύρια



**Διάγραμμα 4.2:** Μέσος όρος μετακινήσεων με τα MMM ανά 100.000 κατοίκους και ανά πόλη για τα έτη 2014 έως 2018 [μετριέται σε εκατομμύρια]

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω διαγράμματα, οι μετακινήσεις με τα MMM ανά 100.000 κατοίκους δεν είχαν μεγάλες διακυμάνσεις μέσα στην περίοδο που εξετάζεται, δηλαδή τα έτη 2014 έως 2018, και κυμαίνονται σε τιμές 30 εκατομμυρίων ανά πόλη και έτος. Τη μεγαλύτερη χρήση MMM αναλογικά με τον πληθυσμό φαίνεται πως παρουσιάζει η Βουδαπέστη, ενώ τη μικρότερη το Μάντσεστερ.

### Α.Ε.Π. & Μετακινήσεις με MMM

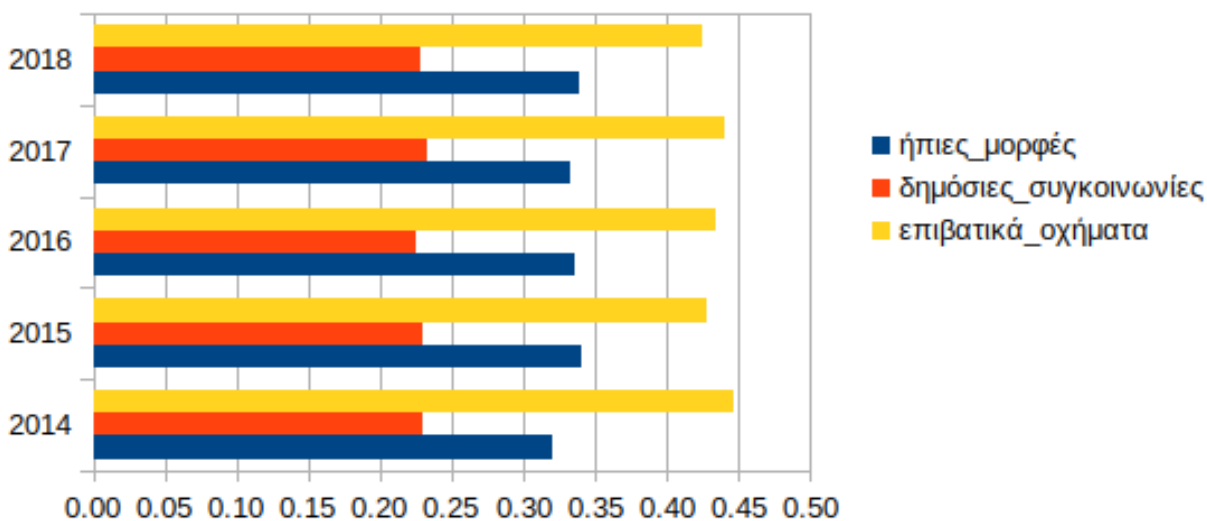


**Διάγραμμα 4.3:** Μέσος όρος μετακινήσεων με τα MMM ανά 100.000 κατοίκους και ανά χρονιά [μετριέται σε εκατομμύρια] & Μέσος όρος Α.Ε.Π. ανά χρονιά για τις εξεταζόμενες πόλεις και περιοχές

Στο Διάγραμμα 4.3 παρουσιάζεται ταυτόχρονα η εξέλιξη των μετακινήσεων με τα MMM και αυτή του Α.Ε.Π. μέσα στην περίοδο μελέτης. Ως προς το Α.Ε.Π. παρατηρείται μία αύξηση, η οποία συμβαδίζει με την πολύ μικρή αύξηση και στη ζήτηση των MMM.

### Ποσοστά χρήσης μορφών μετακινήσεων

Μέσος όρος των εξεταζόμενων πόλεων ή περιοχών



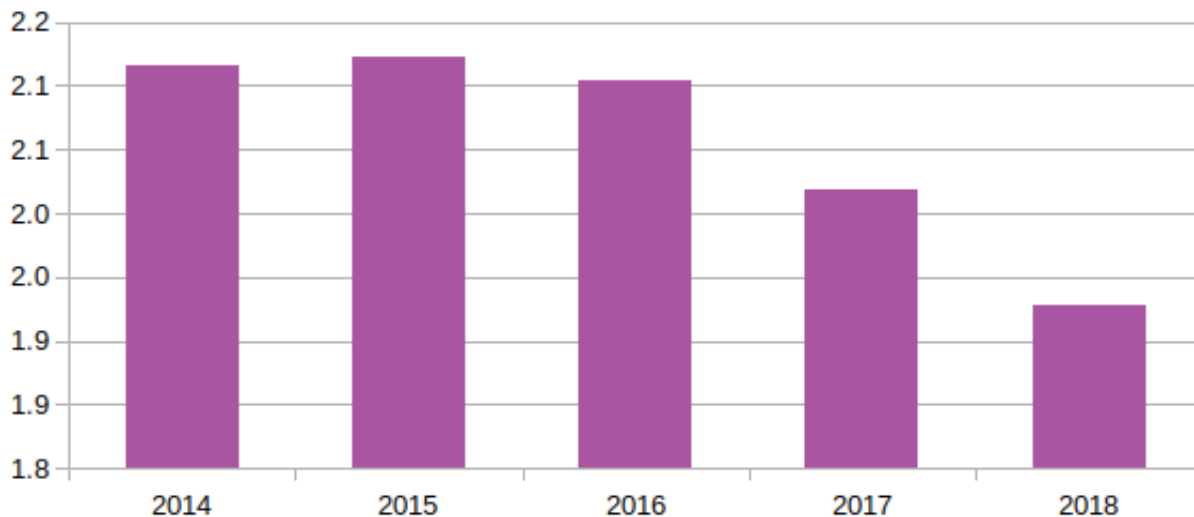
**Διάγραμμα 4.4:** Μέσος όρος των ποσοστών χρήσης διαφορετικών μορφών μετακίνησης ανά χρονιά για τις εξεταζόμενες πόλεις και περιοχές



Αντίστοιχα, στο Διάγραμμα 4.4 γίνεται αναφορά στις διαφορετικές μορφές μετακίνησης και παρουσιάζεται για κάθε μία ο μέσος όρος του ποσοστού χρήσης ανά χρονιά όλων των πόλεων. Όπως είναι αναμενόμενο, το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσης έχουν τα επιβατικά οχήματα, ακολουθούν οι “ήπιες” μορφές μετακίνησης, όπως είναι το περπάτημα και το ποδήλατο και το μικρότερο ποσοστό παρουσιάζουν οι Δημόσιες Συγκοινωνίες.

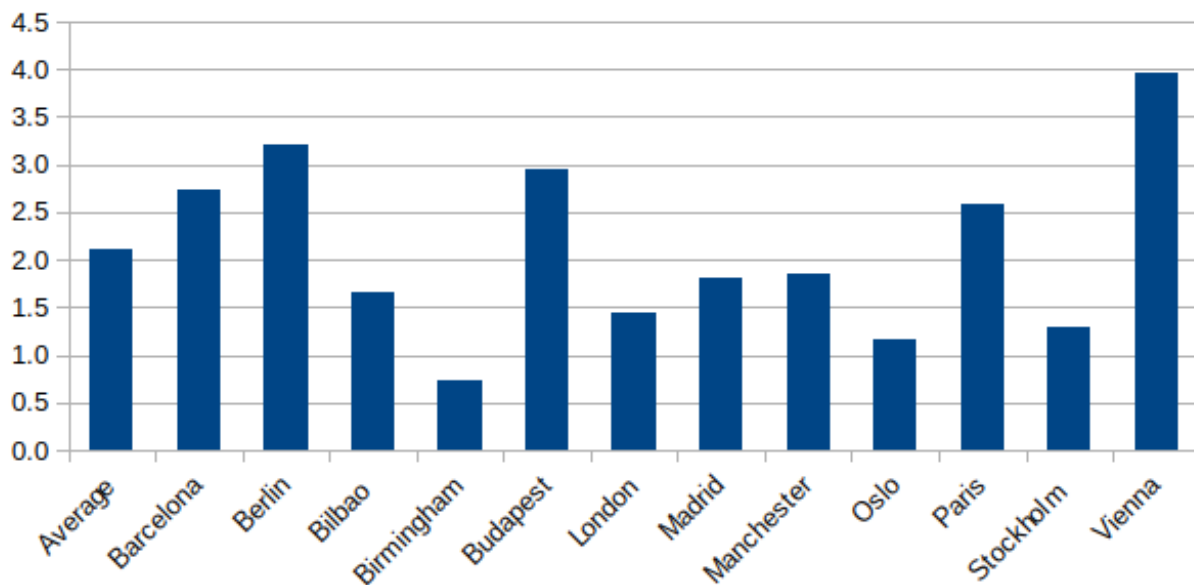
**Νεκροί οδικών ατυχημάτων ανά 100.000 κατοίκων**

Μέσος όρος εξεταζόμενων πόλεων ή περιοχών



**Διάγραμμα 4.5:** Μέσος όρος νεκρών από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους και ανά χρονιά για τις εξεταζόμενες πόλεις και περιοχές

**Νεκροί οδικών ατυχημάτων ανά 100.000 κατοίκους**



**Διάγραμμα 4.6:** Μέσος όρος θανάτων από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους και ανά πόλη για την περίοδο 2014 έως 2018

Ομοίως με τις μετακινήσεις, τα Διαγράμματα 4.5 και 4.6 δείχνουν το μέσο όρο των νεκρών από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους ανά χρονιά για όλες τις πόλεις και περιοχές που εξετάζονται, και το μέσο όρο τους ανά κάθε πόλη ξεχωριστά για όλη την περίοδο. Παρατηρείται πολύ μικρή μείωση των νεκρών μέσα στην περίοδο 2014 έως 2018, ενώ συγκεκριμένα για τις πόλεις ο μεγαλύτερος αριθμός νεκρών ανά κατοίκους συναντάται στη Βιέννη με σχεδόν 4 θανάτους ανά 100.000 κατοίκους. Αντίθετα, τον μικρότερο αριθμό παρουσιάζει το Μπέρμιγχαμ με τους νεκρούς να είναι κάτω από ένας ανά 100.000 κατοίκους.

## 5. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΙΚΕΣ ΠΟΛΕΙΣ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ιδιαίτερα κρίσιμος τομέας στη ζωή των κατοίκων των πόλεων είναι εκείνος της κινητικότητας, καθώς επηρεάζει τόσο την καθημερινότητά τους, όσο και γενικότερα τις συνθήκες ζωής, ακόμα και την ψυχολογία τους. Πολύ σημαντικός λοιπόν κρίνεται ο σωστός σχεδιασμός και έλεγχος των σχετικών υπηρεσιών, όπως είναι για παράδειγμα η κυκλοφορία, η στάθμευση και οι Δημόσιες Συγκοινωνίες.

Σε όλες τις μεγάλες πόλεις ή μητροπολιτικές περιοχές των Ευρωπαϊκών χωρών παρατηρείται πληθώρα Φορέων και Αρχών, οι οποίες είναι αρμόδιες για τις επιμέρους αυτές υπηρεσίες. Στο Κεφάλαιο αυτό έγινε μια προσπάθεια να συγκεντρωθούν στοιχεία που αφορούν τις Αρχές αυτές και να εξεταστούν με αυτόν τον τρόπο τα διαφορετικά μοντέλα οργάνωσης της κινητικότητας σε διάφορες πόλεις.

Εκτός από προσωπική έρευνα πάνω στο αντικείμενο που προηγήθηκε, αναπτύχθηκε και σύντομο ερωτηματολόγιο, το οποίο εστάλη σε σχετικούς Φορείς και Αρχές επιλεγμένων πόλεων και συμπληρώθηκε από ορισμένους εξ αυτών.

Στις ενότητες που ακολουθούν, εξετάζονται διαφορετικοί τομείς της κινητικότητας, όπου αναφέρονται οι αρμόδιοι Φορείς ή Αρχές, καθώς και οι Αρχές (τοπικές, κυβερνητικές, ιδιωτικές) στις οποίες υπάγονται.

Στις πρώτες ενότητες, οι πόλεις που εξετάζονται είναι δέκα και συγκεκριμένα το Άμστερνταμ, το Βερολίνο, η Βουδαπέστη, η Κοπεγχάγη, το Λονδίνο, το Μιλάνο, το Μπιλμπάο, το Όσλο, η Πράγα και η Στοκχόλμη. Στην ενότητα των Δημοσίων Συγκοινωνιών, εκτός από αυτές, γίνεται αναφορά στις αρμόδιες Αρχές και άλλων πόλεων.

### ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Στην παρούσα ενότητα αναφέρονται οι Αρχές ή Υπηρεσίες των πόλεων που είναι υπεύθυνες για τη συνολική οργάνωση και διαχείριση της κινητικότητας και των σχετικών με τις μεταφορές ζητημάτων. Ο ρόλος των συγκεκριμένων Αρχών δεν περιορίζεται σε κάποια επιμέρους υπηρεσία, αλλά αυτές αποτελούν το συνδετικό κρίκο όλων των υπολοίπων Φορέων και Αρχών και θέτουν τις βάσεις για μια ενιαία πολιτική στην κινητικότητα των πόλεων.

Πόλη	Αρμόδια Αρχή	Αρχές
Αμστερνταμ	Vervoerregio Amsterdam	Τοπικές
Βερολίνο	City transport authority	Τοπικές
Βουδαπέστη	BKK Centre	Τοπικές
Κοπεγχάγη	Δήμοι	Τοπικές
Λονδίνο	Transport for London (TfL)	Τοπικές & Κυβερνητικές
Μιλάνο	Δήμοι	Τοπικές
Μπιλμπάο	EUSKADI	Τοπικές & Κυβερνητικές
Όσλο	Δημοτική Αρχή Περιβάλλοντος και Μεταφορών	Τοπικές
Πράγα	IPRPraha & Δημοτική Αρχή	Τοπικές
Στοκχόλμη	Region Stockholm Growth and Regional Planning Administration(TRF)	Τοπικές

**Πίνακας 5.1:** Αρχές, αρμόδιες για το συνολικό σχεδιασμό και διαχείριση των μεταφορών

## ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Εδώ παρατίθενται οι Αρχές ή Υπηρεσίες, στις οποίες ανήκουν οι υποδομές που σχετίζονται με το οδικό δίκτυο εντός των πόλεων, όπως είναι για παράδειγμα οι δρόμοι και τα πεζοδρόμια, ενώ είναι και υπεύθυνες για την ανάπτυξη νέων υποδομών και τη συντήρηση των ήδη υπαρχόντων.

Πόλη	Αρμόδια Αρχή	Αρχές
Αμστερνταμ	Δήμοι	Τοπικές
Βερολίνο	City transport authority	Τοπικές
Βουδαπέστη	Budapest Közút Zrt.	Τοπικές
Κοπεγχάγη	Δήμοι & Ιδιωτικές Εταιρείες & Κυβέρνηση	Τοπικές & Κυβερνητικές & Ιδιωτικές
Λονδίνο	TfL, Highways England, London boroughs	Τοπικές & Κυβερνητικές
	London Highways Alliance (LoHAC)	Τοπικές & Κυβερνητικές & Ιδιωτικές
Μιλάνο	Δήμοι	Τοπικές
Μπιλμπάο	Δημοτικό Συμβούλιο	Τοπικές & Κυβερνητικές
Όσλο	Agency for Urban Environment & Norwegian Public Roads Administration (NPRA)	Τοπικές & Κυβερνητικές
Πράγα	Δήμοι & Ιδιωτικές Εταιρείες & Κυβέρνηση	Τοπικές & Κυβερνητικές & Ιδιωτικές
	TSK (Technical Road Administration)	Τοπικές & Κυβερνητικές
Στοκχόλμη	Δήμοι	Τοπικές

**Πίνακας 5.2:** Αρχές, αρμόδιες για τις υποδομές του οδικού δικτύου των πόλεων

Όπως παρατηρείται στον πίνακα, οι Αρχές Υποδομών στις περισσότερες πόλεις αποτελούν σύμπραξη τοπικών και κυβερνητικών Αρχών. Εκτός από το Λονδίνο και την Πράγα, σε όλες τις υπόλοιπες πόλεις, η ιδιοκτήτρια Αρχή των υποδομών, είναι αρμόδια και για την ανάπτυξη νέων και τη συντήρηση των ήδη υπαρχόντων. Στην Κοπεγχάγη, το Λονδίνο και την Πράγα επίσης, συμμετέχουν και ιδιωτικές εταιρείες, οι οποίες είναι υπεύθυνες κατά κύριο λόγο για την ανάπτυξη ιδιωτικών δρόμων και πεζοδρομίων.

## ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ

Εξετάζονται οι Αρχές ή Υπηρεσίες με αρμοδιότητα την οργάνωση και διαχείριση της κυκλοφορίας εντός των πόλεων.

Πόλη	Αρμόδια Αρχή	Αρχές
Αμστερνταμ	Δήμοι	Τοπικές
Βερολίνο	City transport authority	Τοπικές
Βουδαπέστη	Budapest Közút Zrt.	Τοπικές
Κοπεγχάγη	Δήμοι	Τοπικές
Λονδίνο	Transport for London (TfL)	Τοπικές
Μιλάνο	Δήμοι	Τοπικές
Μπιλμπάο	Δημοτικό Συμβούλιο	Τοπικές
Όσλο	Agency for Urban Environment (δημοτικοί δρόμοι) & NPRA (κύριες αρτηρίες)	Τοπικές & Κυβερνητικές
Πράγα	Δημοτικό Συμβούλιο	Τοπικές
Στοκχόλμη	Trafik Stockholm	Τοπικές & Κυβερνητικές

**Πίνακας 5.3:** Αρχές, αρμόδιες για την οργάνωση και διαχείριση της κυκλοφορίας

Σε όλες τις πόλεις, η αρμόδια για θέματα κυκλοφορίας Αρχή ανήκει στους Δήμους ή σε κάποια άλλη τοπική Αρχή, φαινόμενο που μπορεί να συμβάλλει στον καλύτερο και πιο αποδοτικό σχεδιασμό, διότι εστιάζεται στις ιδιαιτερότητες και τα προβλήματα της κάθε περιοχής.

## ΣΤΑΘΜΕΥΣΗ

Παρατίθενται Αρχές ή Υπηρεσίες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη θέσπιση των πολιτικών στάθμευσης μέσα στις πόλεις. Δεν αναφέρεται ο έλεγχος της εφαρμογής των μέτρων και των κανονισμών, παρά μόνο η ίδια η θέσπισή τους.

Πόλη	Αρμόδια Αρχή	Αρχές
Αμστερνταμ	Δήμοι	Τοπικές
Βερολίνο	City transport authority	Τοπικές
Βουδαπέστη	BKK Centre for Budapest Transport & Δήμος	Τοπικές
Κοπεγχάγη	Δήμοι & Ιδιωτικές Εταιρείες & Κυβέρνηση	Τοπικές & Κυβερνητικές & Ιδιωτικές
Λονδίνο	Transport for London (TfL) & London boroughs	Τοπικές
Μιλάνο	Δήμοι	Τοπικές
Μπιλμπάο	Δημοτικό Συμβούλιο	Τοπικές
Όσλο	Agency for Urban Environment	Τοπικές
Πράγα	Δημοτικό Συμβούλιο & TSK	Τοπικές
Στοκχόλμη	Δήμοι	Τοπικές

**Πίνακας 5.4:** Αρχές, αρμόδιες για τη θέσπιση μέτρων και κανονισμών στάθμευσης

Εκτός από την Κοπεγχάγη, όπου συνεργάζονται τοπικές Αρχές με την Κυβέρνηση και ιδιωτικές εταιρείες, σε όλες τις υπόλοιπες πόλεις παρατηρούνται αποκλειστικά τοπικές Αρχές, υπεύθυνες για τη θέσπιση των πολιτικών στάθμευσης. Αυτό θεωρείται αναμενόμενο, εφόσον κάθε πόλη και κάθε περιοχή έχει τις δικές της ιδιαιτερότητες ως προς τα μέρη στάθμευσης και το ωράριο που παρατηρούνται οι αιχμές στην κίνηση και τη στάθμευση και είναι ορθότερο οι κανονισμοί και τα μέτρα που θεσπίζονται να έχουν τοπικό χαρακτήρα.

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕΤΡΩΝ

Εκτός από την οργάνωση των διαφορετικών υπηρεσιών κινητικότητας με τη θέσπιση μέτρων και κανονισμών, έχει σημασία να εντοπιστούν οι Αρχές, οι οποίες είναι αρμόδιες για τον έλεγχο της τήρησής τους. Έλεγχος απαιτείται κυρίως στην κυκλοφορία και στη στάθμευση μέσα στις πόλεις και συνήθως πραγματοποιείται από σώματα της Αστυνομίας.

Πόλη	Αρμόδια Αρχή	Αρχές
Αμστερνταμ	Δημοτική Αστυνομία	Τοπικές
Βερολίνο		Τοπικές
Βουδαπέστη	BKK Centre for Budapest Transport & Δήμος	Τοπικές
Κοπεγχάγη	Αστυνομία & Τροχαία	Τοπικές & Κυβερνητικές
Λονδίνο	Civil Enforcement Officers (CEOs)	Τοπικές
Μιλάνο	Δήμοι & Τροχαία	Τοπικές
Μπιλμπάο	Περιφερειακή Αστυνομία	Τοπικές
Όσλο	Αστυνομία & Ιδιωτικές εταιρείες	Τοπικές & Κυβερνητικές & Ιδιωτικές
Πράγα	Αστυνομία & Δημοτική αστυνομία	Τοπικές & Κυβερνητικές
Στοκχόλμη	Δήμοι & Τροχαία	Τοπικές

**Πίνακας 5.5:** Αρχές, αρμόδιες για τον έλεγχο της κυκλοφορίας και της στάθμευσης

Όπως είναι λογικό, τη συγκεκριμένη αρμοδιότητα έχει κατά κύριο λόγο η εκάστοτε Δημοτική Αστυνομία ή κάποιο άλλο σώμα της Αστυνομίας, όπως η Τροχαία. Σε ορισμένες περιπτώσεις, υπάρχει σύμπραξη της Δημοτικής Αστυνομίας με την Εθνική, ενώ μόνο στο Όσλο γίνεται και ανάθεση σε ιδιωτικές εταιρείες.

## ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Στον πρώτο πίνακα, παρατίθενται οι Αρχές των πόλεων, οι οποίες είναι υπεύθυνες για το σχεδιασμό των συγκοινωνιών και το συντονισμό όλων των εμπλεκόμενων φορέων και διαχειριστών (operators) των μέσων.

Πόλη	Αρμόδια Αρχή	Αρχές
Αμβούργο	HVV	Τοπικές
Άμστερνταμ	Vervoerregio Amsterdam	Τοπικές
Βαρκελώνη	ATM	Τοπικές
Βαρσοβία	ZTM	Τοπικές
Βερολίνο	VBB	Τοπικές
Βιέννη	VOR	Τοπικές
Βουδαπέστη	BKK Centre for Budapest Transport	Τοπικές
Βρυξέλλες	Brussels Mobility	Τοπικές
Γλασκώβη	SPT	Τοπικές
Δουβλίνο	National Transport Authority (NTA)	Κυβερνητικές
Ελσίνκι	HSL	Τοπικές
Κοπεγχάγη	Δήμοι & MOVIA(λεωφ.) & κυβέρνηση (τρένα) & Copenhagen metro	Τοπικές & Κυβερνητικές & Ιδιωτικές
Λισαβόνα	AMTL	Τοπικές
Λονδίνο	TfL + DfT	Τοπικές & Κυβερνητικές
Λυόν	SYTRAL	Τοπικές
Μαδρίτη	CRTM	Τοπικές
Μάντσεστερ	TfGM	Τοπικές
Μιλάνο	Agenzia per il Trasporto Pubblico, Δήμος	Τοπικές & Κυβερνητικές
Μπέρμινγκχαμ	TfWM	Τοπικές
Μπιλμπάο	CTB	Τοπικές
Όσλο	Ruter	Τοπικές
Παρίσι	IdFM	Τοπικές
Πράγα	ROPID + DPP (main operator)	Τοπικές
Ρώμη	Roma Servizi per la mobilita	Τοπικές
Στοκχόλμη	SL (Storstockholms Lokaltrafik)	Τοπικές
Στουτγκάρδη	VRS	Τοπικές
Τορίνο	AMP	Τοπικές
Φρανκφούρτη	RMV	Τοπικές

**Πίνακας 5.6:** Αρχές, αρμόδιες για το σχεδιασμό των ΔΣ και το συντονισμό όλων των εμπλεκόμενων φορέων και διαχειριστών των Μέσων

Παρατηρείται ότι οι περισσότερες Αρχές ανήκουν σε κάποια τοπική αρχή, με ελάχιστες εξαιρέσεις. Πιο συγκεκριμένα σε 21 από τις 28 πόλεις, οι υπεύθυνες για την οργάνωση και το συντονισμό των Δημοσίων Συγκοινωνιών, Αρχές έχουν αποκλειστικά τοπικό χαρακτήρα, ανήκοντας είτε στον Δήμο είτε σε κάποια άλλη τοπική οντότητα της δημόσιας διοίκησης, που αφορά στα όρια των περιοχών που εξετάζονται. Σε μόλις 5 περιπτώσεις, υπάρχει άμεση εμπλοκή της κεντρικής Κυβέρνησης της χώρας, όπως για παράδειγμα στο Λονδίνο, όπου συνεργάζονται η τοπική Αρχή TfL (Transport for London) με το αρμόδιο για θέματα μεταφορών και κινητικότητας τμήμα της Κυβέρνησης, Department for Transport (DfT). Στο Δουβλίνο, αντίστοιχα, οι σχετικές αρμοδιότητες ανήκουν αποκλειστικά στην



κυβερνητική Αρχή National Transport Authority (NTA), η οποία ασχολείται με τις μεταφορές τόσο σε εθνικό επίπεδο, όσο και σε τοπικό.

Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελεί η Κοπεγχάγη, στην οποία συνεργάζονται άμεσα οι Δήμοι της πόλης, μαζί με ιδιωτικές εταιρείες και την Κυβέρνηση. Κάθε Δήμος είναι υπεύθυνος για την οργάνωση των λεωφορείων εντός των ορίων του, με την δημόσια εταιρεία “Trafikselskabet MOVIA” που τα διαχειρίζεται, να φροντίζει για το συντονισμό και τη διαλειτουργικότητα ανάμεσα στους διαφορετικούς Δήμους. Οι υπηρεσίες των τρένων (τοπικά και εθνικά) σχεδιάζονται και οργανώνονται από την Κυβέρνηση σε συνεννόηση με τους Δήμους, ενώ για το Μετρό υπεύθυνη είναι ξεχωριστή δημόσια εταιρεία (ανήκει σε τοπικές Αρχές), η οποία συνεργάζεται και αυτή με τη σειρά της με τους αντίστοιχους Δήμους.

Στον επόμενο πίνακα, παρατίθενται οι υπεύθυνες Αρχές για την ανάπτυξη νέων υποδομών Δημοσίων Συγκοινωνιών.

Πόλη	Αρμόδια Αρχή	Αρχές
Αμβούργο	HVV	Τοπικές
Άμστερνταμ	Vervoerregio Amsterdam	Τοπικές
Βαρκελώνη	ATM	Τοπικές
Βαρσοβία	ZTM	Τοπικές
Βερολίνο	VBB	Τοπικές
Βιέννη	VOR	Τοπικές
Βουδαπέστη	BKK Centre for Budapest Transport & Budapest Development Center	Τοπικές & Κυβερνητικές
Βρυξέλλες	Brussels Mobility & Infrabel	Τοπικές & Κυβερνητικές
Γλασκώβη	SPT	Τοπικές
Δουβλίνο	National Transport Authority (NTA)	Κυβερνητικές
Ελσίνκι	HSL	Τοπικές
Κοπεγχάγη	Δήμοι & MOVIA(λεωφ.) & κυβέρνηση (τρένα) & Copenhagen metro	Τοπικές & Κυβερνητικές & Ιδιωτικές
Λισαβόνα	AMTL	Τοπικές
Λονδίνο	TfL & DfT	Τοπικές & Κυβερνητικές
Λυόν	SYTRAL	Τοπικές
Μαδρίτη	CRTM	Τοπικές
Μάντσεστερ	TfGM	Τοπικές
Μιλάνο	Δήμος	Τοπικές & Κυβερνητικές
Μπέρμιγχαμ	TfWM	Τοπικές
Μπιλμπάο	CTB & Δήμος	Τοπικές
Όσλο	Sporveien (μετρό, λεωφ.) & Bane NOR (σιδηρόδρομοι)	Τοπικές & Κυβερνητικές
Παρίσι	IdFM	Τοπικές
Πράγα	ROPID & DPP (κύριος διαχειριστής)	Τοπικές
Ρώμη	ATAC	Τοπικές
Στοκχόλμη	Trafikförvaltningen Region Stockholm	Τοπικές
Στουτγκάρδη	VRS	Τοπικές
Τορίνο	AMP	Τοπικές
Φρανκφούρτη	RMV	Τοπικές

**Πίνακας 5.7:** Αρχές, αρμόδιες για την ανάπτυξη νέων υποδομών ΔΣ

Όπως παρατηρείται στον πίνακα, οι Αρχές σε μεγάλη πλειοψηφία είναι οι ίδιες με τις Αρχές ΔΣ του Πίνακα 5.6, οι οποίες είναι υπεύθυνες και για την οργάνωση και συντονισμό των ΔΣ. Στη Βουδαπέστη και το Όσλο, παρατηρείται ανάμειξη της Κυβέρνησης μόνο στο κομμάτι των υποδομών. Στη Βουδαπέστη, ενώ για το σχεδιασμό αρμόδια είναι η τοπική Αρχή BKK Centre for Budapest Transport, στην ανάπτυξη των υποδομών συμμετέχει και η Κυβέρνηση μέσω του BFK (Budapest Development Center). Αντίστοιχα, στο Όσλο διαχωρίζονται οι υποδομές των λεωφορείων και μετρό με αυτές για τις σιδηροδρομικές γραμμές. Η ανάπτυξη των πρώτων αποτελεί αρμοδιότητα των τοπικών Αρχών μέσω του δημόσιου φορέα Sporveien, ενώ για τις άλλες την ευθύνη έχει ο Φορέας Bane NOR, ο

οποίος

ανήκει

στην

Κυβέρνηση.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε όλα τα ζητήματα της κινητικότητας σε μία πόλη τον πρωτεύοντα ρόλο έχουν σε κάθε περίπτωση οι **Τοπικές Αρχές**. Σε λίγες μόνο πόλεις, παρατηρείται ανάμειξη της Κυβέρνησης σε ορισμένα ζητήματα, ενώ σε ελάχιστες συναντώνται και ιδιωτικές εταιρείες, στις οποίες αναθέτονται συγκεκριμένες αρμοδιότητες από τις Τοπικές Αρχές.

Σε όλες τις κατηγορίες εκτός των **ΔΣ**, οι εκάστοτε Δήμοι αποτελούν στις περισσότερες περιπτώσεις την αρμόδια Αρχή, μέσω της λειτουργίας αντίστοιχου Τμήματος ή Υπηρεσίας. Αντίθετα, στις ΔΣ παρατηρείται πως οι Δήμοι δεν έχουν ενεργό ρόλο και υπεύθυνες είναι **ξεχωριστές Αρχές**, οι οποίες λειτουργούν αυτόνομα, με δική τους οργάνωση και συγκεκριμένες αρμοδιότητες, ενώ ανήκουν σε άλλες Τοπικές ή Κυβερνητικές Αρχές.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι σε ορισμένες από τις πόλεις, η Αρχή ΔΣ δεν περιορίζεται μόνο στα ζητήματα των ΔΣ, αλλά εμπλέκεται γενικότερα και σε άλλους τομείς της κινητικότητας. Στις τρεις αγγλικές πόλεις, το Λονδίνο, το Μάντσεστερ και το Μπέρμιγχαμ, οι αντίστοιχες Αρχές (TfL, TfGM και TfWM) είναι υπεύθυνες και για την οργάνωση και διαχείριση της κυκλοφορίας, αλλά και τις πολιτικές στάθμευσης. Το ίδιο συμβαίνει και στη Λυόν (SYTRAL), τη Ρώμη (Roma Servizi per la Mobilità), τις Βρυξέλλες (Brussels Mobility) και τη Στουτγάρδη (VRS). Γίνεται λοιπόν μια προσπάθεια για **ενιαία οργάνωση** και διαχείριση των ζητημάτων κινητικότητας εντός των πόλεων, η οποία θα μπορούσε ενδεχομένως να εξαλείψει φαινόμενα ασυνεννοησίας μεταξύ διαφορετικών Αρχών και να βελτιστοποιήσει την απόδοσή τους.

## 6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η εφαρμογή της μεθοδολογίας και η παρουσίαση του συνόλου των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η μεθοδολογία που επιλέχθηκε για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν, είναι η γραμμική παλινδρόμηση, το θεωρητικό υπόβαθρο της οποίας περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 3.

Πραγματοποιείται αναλυτική περιγραφή των βημάτων που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας και την παραγωγή των τελικών μοντέλων, τόσο για τη ζήτηση των Δημοσίων Συγκοινωνιών, όσο και τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα. Στη συνέχεια δίνεται έμφαση στους στατιστικούς ελέγχους, ώστε τα παραγόμενα μοντέλα να είναι αποδεκτά και τέλος, παρατίθενται τα αποτελέσματα που εξάγονται από τα μοντέλα.

Για κάθε μοντέλο δηλαδή, εφόσον αναλυθεί η διαδικασία που ακολουθείται στο πρόγραμμα της R, παρουσιάζονται τα εξής στοιχεία:

- Εξίσωση (μαθηματική σχέση) του μοντέλου
- Παρουσίαση και εξήγηση των ανεξάρτητων μεταβλητών
- Συσχέτιση των μεταβλητών
- Ανάλυση ελαστικότητας και ανάλυση ευαισθησίας ορισμένων εκ των ανεξάρτητων μεταβλητών, μαζί με τα παραγόμενα διαγράμματα
- Περιγραφή και εξήγηση των αποτελεσμάτων

Πριν την επιλογή των τελικών μοντέλων, αναπτύχθηκαν κατά τη στατιστική ανάλυση αρκετά διαφορετικά μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης, τα οποία όμως εξαιτίας των ανεπιτυχών ελέγχων των κριτηρίων αποδοχής απορρίφθηκαν. Ως αποτέλεσμα, πραγματοποιήθηκαν πολλές δοκιμές με διαφορετικούς συνδυασμούς ανεξάρτητων μεταβλητών, έως ότου να επιλεγθούν τα τελικά στατιστικά μοντέλα που παρουσιάζονται παρακάτω.

### 6.2. ΚΩΔΙΚΑΣ ΣΤΟ R-STUDIO

Για τις ανάγκες της στατιστικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα **R-Studio**, στο οποίο αναπτύχθηκαν τα δύο μοντέλα.

Αρχικά, δημιουργήθηκε το script μέσω της εντολής File → New File → R Script, στο οποίο έπειτα αναπτύχθηκαν οι απαραίτητες εντολές για την επεξεργασία των στοιχείων και την ανάδειξη των δύο τελικών μοντέλων, ενώ εγκαταστάθηκαν και όλα τα απαιτούμενα πακέτα εντολών και επεκτάσεων. Μέσω της εντολής “read\_excel” εισάγεται στο πρόγραμμα το φύλλο του αρχείου Excel, το οποίο περιλαμβάνει τον συγκεντρωτικό πίνακα. Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται δύο φορές, μία για τον πίνακα που περιλαμβάνει τις 18 πόλεις και αξιοποιείται στο πρώτο μοντέλο και άλλη μία για τον πίνακα με τις 12 πόλεις και αξιοποιείται στο δεύτερο μοντέλο.

```

1  ###Diploma Thesis script
2  rm(list=ls()) #NUKEM FOR CLEAN SLATE !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
3  ### Import dataset
4  library(readxl)
5  Cities <- read_excel("C:\Diplomatiki\r\Cities10.xlsx",
6                      sheet = "NEW")
7  Cities <- read_excel("C:\Diplomatiki\r\NUTS_new.xlsx",
8                      sheet = "NEW")
9

```

**Εικόνα 6.1:** Εισαγωγή των αρχείων Excel της βάσης δεδομένων (σε μορφή xlsx) στο πρόγραμμα R-Studio

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται ολόκληρος ο **κώδικας** που χρησιμοποιήθηκε στην Εργασία για την απαραίτητη ανάλυση, έπειτα και από την εισαγωγή των δεδομένων.

```

10 View(Cities10)
11 str(Cities10)
12
13 View(NUTS_new)
14 str(NUTS_new)
15
16 ###convert variables into factor
17 Cities10$Auth <- as.factor(Cities10$Auth)
18 Cities10$Year <- as.factor(Cities10$Year)
19 Cities10$City <- as.factor(Cities10$City)
20 Cities10$Pub_Priv <- as.factor(Cities10$Pub_Priv)
21
22 NUTS_new$Auth <- as.factor(NUTS_new$Auth)
23 NUTS_new$Year <- as.factor(NUTS_new$Year)
24 NUTS_new$City <- as.factor(NUTS_new$City)
25 NUTS_new$Pub_Priv <- as.factor(NUTS_new$Pub_Priv)
26
27 ### delete the columns which i don't need
28 # 1st way (Drop columns by column index numbers)
29 Cities10 <- Cities10[-c(1:3)]
30
31 #Trimming
32 Cities10 = subset(Cities10, select = c(keep_vars))
33
34 ###Check for NA values
35 any(is.na(Cities10))
36
37 ###descriptive statistics for scale variables and frequencies for categorical
38 summary(Cities10)

```

**Εικόνα 6.2:** Α' τμήμα κώδικα από το πρόγραμμα R-Studio

```

40 Cities10_numeric<-Cities10[,sapply(Cities10, is.numeric)]
41 cor(Cities10_numeric,method = c("pearson"))
42
43 NUTS_new_numeric<-NUTS_new[,sapply(NUTS_new, is.numeric)]
44 cor(NUTS_new_numeric,method = c("pearson"))
45
46 ##linear regression
47 #we should select independent variables that are not highly correlated (correlation < 0.5)
48
49 #models about public transport trips
50
51 model5 <- lm(Pttrips_inh ~ GDP + MetroDens + CarOwnPTAinh + Pub_Priv + eur_main , data = Cities10) #fits a regression model
52 summary(model5)
53 |
54 model6 <- lm(Pttrips_inh ~ Btstops_inh + GDP + MetroDens + CarOwnPTAinh + Pub_Priv + eur_main , data = Cities10)
55 summary(model6)
56
57 model7b <- lm(Pttrips_inh ~ PtaDens + Mtstops_inh + eur_main , data = Cities10) #fits a regression model
58 summary(model7b)
59
60 #model about road fatalities
61
62 model9 <- lm(Fat_inh ~ MSpta_Soft + GDP + MetroDens + Btstops_inh + Tram_speed, data = NUTS_new) #fits a regression model
63 summary(model9)
64
65 model9b <- lm(Fat_inh ~ MSpta_Soft + GDP + MetroDens + Btstops_inh + Tram_speed, data = NUTS_new) #fits a regression model
66 summary(model9b)
67
68 model10 <- lm(Fat_inh ~ Mtstops_inh + Btstops_inh + MSpta_Soft + BUSkminh + Tram_speed , data = NUTS_new) #fits a regression model
69 summary(model10)
70

```

Εικόνα 6.3: Β' τμήμα κώδικα από το πρόγραμμα R-Studio

Επίσης, στον επόμενο πίνακα αναφέρονται και εξηγείται συνοπτικά η λειτουργία των **βασικότερων εντολών** που χρησιμοποιήθηκαν στον κώδικα.

ΕΝΤΟΛΗ	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ
<code>read_excel()</code>	Διαβάζει ένα αρχείο μορφής excel
<code>View()</code>	Παρουσιάζει τα στοιχεία ενός ορισμένου αντικειμένου σε μορφή matrix.
<code>str()</code>	Παρουσιάζει συνοπτικά την εσωτερική δομή ενός αντικειμένου της R.
<code>as.factor()</code>	Ορίζει τις τιμές μίας στήλης ως κατηγορικές, αντί για αριθμητικές.
<code>summary()</code>	Είναι μια γενική συνάρτηση που χρησιμοποιείται για την παραγωγή περιλήψεων των αποτελεσμάτων διαφόρων λειτουργιών προσαρμογής μοντέλου.
<code>cor( ,method = c("pearson"))</code>	Υπολογίζει τις συσχετίσεις μεταξύ μεταβλητών ενός πίνακα.
<code>lm()</code>	Δημιουργεί ένα μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης με τις μεταβλητές που προσθέτονται.

Πίνακας 6.1: Βασικές εντολές που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα R-Studio και η επεξήγησή τους

Η σημαντικότερη εντολή για την ανάπτυξη του μοντέλου είναι η **“lm()”**. Η εντολή αυτή αναπτύσσει ένα μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης με συγκεκριμένη εξαρτημένη μεταβλητή την οποία εισάγει ο χρήστης, όπως και τις ανεξάρτητες μεταβλητές που επιθυμεί. Αμέσως μετά την εντολή “lm()”, χρησιμοποιείται και η εντολή “summary”, η οποία παρουσιάζει τα στοιχεία του μοντέλου και είναι ουσιαστικά αναγκαία για τον έλεγχο του, και την εκλογή ή απόρριψη του. Για τις ανάγκες της Διπλωματικής Εργασίας, όπως αναφέρθηκε ήδη, εκτελέστηκαν πολλές διαφορετικές δοκιμές και αναπτύχθηκαν διαφορετικά μοντέλα. Αυτό φαίνεται πιο συγκεκριμένα και στην Εικόνα 5.3, και μάλιστα στις σειρές 51 έως 70.

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

Με σκοπό να διαμορφωθεί μια πληρέστερη εικόνα σχετικά με την κατανομή των τιμών των μεταβλητών, κρίθηκε σκόπιμο να εξαχθούν κάποια στατιστικά που αφορούν τις μεταβλητές και τα οποία προκύπτουν από την εντολή “summary”, την οποία χρησιμοποιούμε για το φύλλο του αρχείου, το οποίο περιέχει τη βάση δεδομένων. Από την εντολή, προκύπτουν για κάθε μεταβλητή η ελάχιστη, η μέγιστη και η μέση τιμή που παρατηρούνται στη βάση.

Ενδεικτικά, παρουσιάζονται οι τιμές ορισμένων εκ των μεταβλητών, όπως υπολογίστηκαν από την εντολή “summary”, στον παρακάτω πίνακα.

Μεταβλητή	Ελάχιστο	Πρώτο τεταρτημόριο	Διάμεσος	Μέσος Όρος	Τρίτο τεταρτημόριο	Μέγιστο
Πληθυσμός περιοχής λειτουργίας Αρχών ΔΣ	1.138.852	1.500.500	2.495.655	3.711.261	5.364.322	12.246.200
Α.Ε.Π.	16.329	31.558	41.106	42.157	55.227	71.860
Ποσοστό χρήσης “ήπιων” μορφών μετακ.	0,08	0,26	0,33	0,33	0,39	0,67
Ποσοστό χρήσης ΔΣ	0,07	0,14	0,20	0,23	0,29	0,47
Ποσοστό χρήσης επιβατικών οχημάτων	0,22	0,37	0,42	0,43	0,46	0,68
Στάσεις λεωφ., τραμ ανά κατοίκους	52,00	198,10	238,50	278,90	304,00	613,30
Σταθμοί μετρό, τρένων ανά κατοίκους	0,84	3,30	6,17	7,53	11,35	20,23
Μετακινήσεις με ΜΜΜ ανά κατοίκους	9,60	15,23	26,66	29,90	36,01	90,89
Ταχύτητα λεωφ.	13,00	15,00	19,00	19,21	22,13	30,00
Ταχύτητα τραμ	9,00	17,00	20,00	20,55	25,00	31,00
Ιδιοκτησία ΙΧ ανά κατοίκους στην περιοχή Αρχών ΔΣ	300,00	398,00	430,00	472,80	555,00	790,00
Ιδιοκτησία ΙΧ ανά κατοίκους στην πόλη	218,00	305,00	372,00	382,30	435,00	748,00

**Πίνακας 6.2:** Στατιστικά που προκύπτουν από το R-Studio για ορισμένες ανεξάρτητες μεταβλητές

## ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Πολύ σημαντική για την ανάπτυξη των μοντέλων είναι η διερεύνηση της **συσχέτισης** των επιμέρους μεταβλητών, ώστε να επιλεγούν εκείνες που πιθανώς να οδηγούσαν σε ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή συσχέτισης μεταξύ τους. Απόλυτες τιμές των συντελεστών συσχέτισης κοντά στο μηδέν υποδεικνύουν μηδενική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών, ενώ τιμές κοντά στη μονάδα μεγάλη συσχέτιση. Ακόμα, θετικό πρόσημο της εκάστοτε τιμής του συντελεστή δηλώνει αύξηση της μίας ανεξάρτητης, όσο αυξάνεται ομοίως και η άλλη, ενώ αρνητικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει ετερόσημη αύξηση.

Η απόλυτη τιμή του συντελεστή, πάνω από την οποία θεωρήθηκε υψηλή συσχέτιση ορίστηκε εμπειρικά ίση με 0.5 και όσες μεταβλητές είχαν μεγαλύτερο συντελεστή δεν δοκιμάστηκαν σε κάποιο μοντέλο συνδυαστικά.

Για το σύνολο των μεταβλητών επιλέχθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson, ο οποίος μετράει τη γραμμική συσχέτιση ανάμεσα σε δύο μεταβλητές. Ένα τμήμα των αποτελεσμάτων του πίνακα συσχετίσεων παρουσιάζεται στην επόμενη εικόνα.

	MTkm_sur	Pttrips	Pttrips_inh	BUS_speed	Tram_speed	eur_main	MetroDens	CarOwnPTA	CarOwnPTAinh
Year	0.05706670	0.025601912	0.01401519	-0.14680194	-0.08882839	0.126302409	0.006440138	0.037755267	0.037755267
MainPop	0.53638780	0.733814166	0.32431725	-0.43400551	0.08859156	0.007072294	0.628513081	-0.348020351	-0.348020351
PtaPop	0.29219173	0.914060406	0.10307060	-0.52631814	-0.04349611	-0.057995859	0.198642979	-0.066884989	-0.066884989
PtaSur	-0.23775997	0.278283453	-0.06319152	-0.13648136	-0.14065315	0.098085374	-0.475353684	0.237777426	0.237777426
PtaUrb	-0.08906325	0.054736222	-0.16331897	-0.14214270	-0.09919849	0.063807990	-0.319757909	0.520148530	0.520148530
UrbanDens	0.38121434	0.417186594	0.29261045	-0.34215814	0.10500877	-0.147715904	0.657150733	-0.425874713	-0.425874713
GDP	-0.20883618	0.118405885	-0.14052227	0.30141657	0.17713443	0.724332268	-0.114384832	-0.045227182	-0.045227182
MS_Soft	-0.22665425	-0.056526056	-0.40506640	-0.09826960	-0.06480539	0.024084280	-0.283126112	-0.038782262	-0.038782262
MS_PT	0.10112450	0.289414632	0.54698467	-0.09488040	-0.11136561	-0.242037070	0.146620873	-0.009879368	-0.009879368
MS_Motor	0.22198748	-0.230282626	-0.02138292	0.22139845	0.19443402	0.195935160	0.249593805	0.081431853	0.081431853
MSpta_Soft	-0.20448078	-0.086401638	-0.29733303	-0.02764447	-0.20875674	-0.060749636	-0.177687095	-0.064304073	-0.064304073
MSpta_PT	0.17087820	0.358289627	0.72134489	-0.09541978	-0.10421581	-0.041508844	0.313985046	-0.261732257	-0.261732257
Mspta_Motor	0.03204174	-0.281971443	-0.50687706	0.10877371	0.29154774	0.078097332	-0.162009169	0.374068093	0.374068093
Btstops_inh	-0.17208449	-0.161781669	0.03397827	-0.45123945	-0.27077080	0.287356378	-0.147188763	-0.057020873	-0.057020873
Mtstops_inh	-0.06930293	-0.037106399	0.20337715	-0.16170190	-0.19592491	0.010667741	-0.335708715	0.101078942	0.101078942
BTkm_inh	-0.15075789	0.061330282	-0.20878212	-0.12089653	0.27092844	0.133527960	-0.497574705	0.088438938	0.088438938
MTkm_inh	-0.07026822	0.007388875	-0.18646769	-0.12979991	-0.06844751	0.041257102	-0.466065689	0.240937707	0.240937707
BTkm_sur	0.74895367	0.567693479	0.21502181	-0.39220358	0.24430989	0.025428651	0.818453865	-0.486711863	-0.486711863
MTkm_sur	1.00000000	0.398914019	0.26347624	-0.44312507	0.09784800	-0.184895303	0.775913753	-0.472047879	-0.472047879
Pttrips	0.39891402	1.00000000	0.43326096	-0.47580494	-0.16246427	-0.085569259	0.401116158	-0.283261104	-0.283261104
Pttrips_inh	0.26347624	0.433260956	1.00000000	-0.14132263	-0.37201165	-0.239135483	0.424586057	-0.304068839	-0.304068839
BUS_speed	-0.44312507	-0.475804938	-0.14132263	1.00000000	-0.03534258	0.490249634	-0.281781556	-0.042154730	-0.042154730
Tram_speed	0.09784800	-0.162464271	-0.37201165	-0.03534258	1.00000000	0.273810611	0.037433732	0.121277935	0.121277935
eur_main	-0.18489530	-0.085569259	-0.23913548	0.49024963	0.27381061	1.00000000	-0.096267672	-0.169393580	-0.169393580
MetroDens	0.77591375	0.401116158	0.42458606	-0.28178156	0.03743373	-0.096267672	1.00000000	-0.511663703	-0.511663703
CarOwnPTA	-0.47204788	-0.283261104	-0.30406884	-0.04215473	0.12127794	-0.169393580	-0.511663703	1.00000000	1.00000000
CarOwnPTAinh	-0.47204788	-0.283261104	-0.30406884	-0.04215473	0.12127794	-0.169393580	-0.511663703	1.00000000	1.00000000
CarOwnMain	-0.32723693	-0.255399355	-0.07091161	0.14234824	0.12187230	-0.143775682	0.313707180	0.552942600	0.552942600
CarOwnMaininh	-0.32723693	-0.255399355	-0.07091161	0.14234824	0.12187230	-0.143775682	0.313707180	0.552942600	0.552942600
Pub_Priv	-0.04418016	-0.150070875	0.03947050	-0.06355382	-0.25889620	-0.217962941	-0.142111997	0.334525274	0.334525274

Εικόνα 6.4: Τμήμα του πίνακα συσχετίσεων όπως προκύπτει από το πρόγραμμα R-Studio

### 6.3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΜΕ ΤΑ ΜΜΜ ΑΝΑ 100.000 ΚΑΤΟΙΚΟΥΣ

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται το πρώτο εκ των δύο μοντέλων που αναπτύχθηκαν με τη μέθοδο της **πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης**, εφόσον όπως αναφέρθηκε



και νωρίτερα η εξαρτημένη μεταβλητή ήταν συνεχής και αξιοποιήθηκαν περισσότερες από δύο ανεξάρτητες μεταβλητές.

Ύστερα από πληθώρα δοκιμών προέκυψε το τελικό μοντέλο το οποίο συσχετίζει τις πραγματοποιηθείσες μετακινήσεις με τα MMM εντός των εξεταζόμενων περιοχών, με έξι ανεξάρτητες μεταβλητές. Το μαθηματικό μοντέλο και η εξήγηση των μεταβλητών παρουσιάζονται ακολούθως:

**Μετακινήσεις ανά 100.000 κατοίκους** =  $36.37 + 0.025 * \text{Στάσεις λεωφορείων και τραμ} + 0.0004825 * \text{Α.Ε.Π.} + 0.004535 * \text{Πυκνότητα πληθυσμού} + 13.12 * \text{Τύπος διαχείρισης MMM} - 0.000484 * \text{Ιδιοκτησία ΙΧ} - 10.30 * \text{τιμή εισιτηρίου}$

Όπου:

- Μετακινήσεις ανά 100.000 κατοίκους: Μετακινήσεις με τα MMM στην εξεταζόμενη περιοχή και το συγκεκριμένο έτος (μετριέται σε εκατομμύρια)
- Στάσεις λεωφορείων και τραμ: Στάσεις λεωφορείων και τραμ ανά 100.000 κατοίκους (εξετάζονται μαζί για λεωφορεία και τραμ διότι δεν υπήρχαν ξεχωριστά στοιχεία για όλα τα έτη)
- Α.Ε.Π.: Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
- Πυκνότητα πληθυσμού: Πυκνότητα πληθυσμού στις περιοχές που εξυπηρετούνται από τους αρμόδιους φορείς και Αρχές (Public Transport Authorities)
- Τύπος διαχείρισης MMM: Αποτελεί κατηγορική μεταβλητή, η οποία υποδηλώνει αν οι διαχειριστές των MMM (operators) είναι δημόσιοι ή ιδιωτικοί. (1: εάν όλοι οι διαχειριστές είναι δημόσιοι, ή η μεγάλη πλειοψηφία τους, δηλαδή υπάρχουν ελάχιστες ιδιωτικές εταιρείες που λειτουργούν ορισμένες γραμμές λεωφορείων σε προάστια των πόλεων και τους αντιστοιχεί ένα πολύ μικρό ποσοστό επί των συνολικών λεωφορείων ; 0: εάν υπάρχουν ιδιωτικοί διαχειριστές)
- Ιδιοκτησία ΙΧ: ΙΧ ανά 100.000 κατοίκους εντός της περιοχής λειτουργίας και επιρροής των αρμόδιων φορέων και Αρχών
- Τιμή εισιτηρίου: Τιμή του απλού εισιτηρίου σε ευρώ

Από την εξίσωση λοιπόν του μοντέλου, προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

- Όπως είναι αναμενόμενο, ο **αριθμός των στάσεων λεωφορείων και τραμ** ανά 100.000 κατοίκους επηρεάζει θετικά τη ζήτηση των MMM και συγκεκριμένα τις μετακινήσεις με τα MMM, όπως προκύπτει και από το θετικό πρόσημο του συντελεστή της μεταβλητής "**Btstops\_inh**" στην εξίσωση. Περισσότερες υποδομές και ειδικά των επίγειων MMM, όπως λεωφορεία και τραμ, οδηγούν σε μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού, το οποίο έχει εύκολη και γρήγορη πρόσβαση σε στάση κάποιου MMM. Αυξάνεται λοιπόν η πιθανότητα να προτιμήσει κάποιος αυτόν τον τρόπο μετακίνησης σε σχέση με το επιβατικό του όχημα, εφόσον ο συνολικός χρόνος διαδρομής δεν διαφέρει σημαντικά.

- Ομοίως, αύξηση του **ΑΕΠ (GDP)** φαίνεται να οδηγεί σε αύξηση της ζήτησης. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από τη γενικότερη οικονομική ανάπτυξη που παρατηρείται και η οποία δύναται να οδηγήσει σε αυξημένες επενδύσεις σε σχετικές υποδομές και λειτουργικά έξοδα. Με αυτόν τον τρόπο τα διαφορετικά MMM βελτιώνουν τις επιδόσεις τους και παρουσιάζονται πιο ελκυστικά προς τους κατοίκους.
- Αύξηση της ζήτησης επίσης προκαλεί και η αύξηση της **πυκνότητας του πληθυσμού “MetroDens”** στις εξεταζόμενες περιοχές. Όσο πιο πυκνοκατοικημένη είναι μια περιοχή, τόσο μεγαλύτερη είναι η κυκλοφοριακή συμφόρηση, επομένως αποθαρρύνεται η χρήση του επιβατικού οχήματος και ενισχύονται οι εναλλακτικές, όπως είναι τα MMM και οι “ήπιες” μορφές μετακίνησης. Παράλληλα, σε μια πυκνοκατοικημένη περιοχή είναι πιο δύσκολη η εύρεση θέσης στάθμευσης, γεγονός που οδηγεί αρκετούς κατοίκους να χρησιμοποιούν τα επιβατικά τους οχήματα σε πιο σπάνιες περιπτώσεις και εκτός ωρών αιχμής, και να καταφεύγουν στις προαναφερθείσες εναλλακτικές. Τέλος, προσφέρονται πολλές δραστηριότητες σε μικρές αποστάσεις, για τις οποίες δεν καθίσταται αναγκαία η χρήση του ΙΧ.
- Πολύ σημαντικός παρατηρείται πως είναι ο παράγοντας **“Pub\_Priv”**, οποίος υποδηλώνει αν οι **διαχειριστές των MMM** είναι δημόσιοι ή ιδιωτικοί. Το θετικό πρόσημο υποδεικνύει θετική επίδραση του δημόσιου χαρακτήρα των Δημοσίων Συγκοινωνιών στη ζήτησή τους. Η δημόσια διαχείριση πιθανώς να δημιουργεί στους εν δυνάμει επιβάτες την αίσθηση πως οι ΔΣ δεν αποτελούν απλά μία υπηρεσία, αλλά ένα δημόσιο αγαθό και εξυπηρετούν πρωτίστως τις ανάγκες του συνόλου της κοινωνίας.
- Αντίθετα αρνητικά επηρεάζει τη ζήτηση η **ιδιοκτησία ΙΧ** στην περιοχή που εξετάζεται, όπως προκύπτει από το αρνητικό πρόσημο του παράγοντα **“CarOwnPTAinh”**. Εφόσον ένας κάτοικος έχει δικό του ΙΧ, είναι πιθανότερο να το προτιμήσει συγκριτικά με τα MMM, για τις μετακινήσεις, τόσο λόγω άνεσης και χρόνου, όσο και λόγω εξοικείωσης.
- Αρνητικά, όπως είναι λογικό, επηρεάζει και η τιμή του εισιτηρίου τη ζήτηση. Αύξηση της **τιμής του εισιτηρίου** οδηγεί σε μείωση της ζήτησης σύμφωνα με το συντελεστή της μεταβλητής **“eur\_main”**. Όσο λοιπόν αυξάνεται η τιμή, μειώνεται αυτό το πλεονέκτημα των MMM και οι επιβάτες ενδέχεται να στραφούν σε άλλες λύσεις, όπως τα επιβατικά τους οχήματα, τα οποία υπερτερούν σε χρόνο διαδρομής, άνεση και αξιοπιστία.

## ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Ακολούθως, παρουσιάζονται στοιχεία του μοντέλου, όπως προκύπτουν από την ανάπτυξή του στο πρόγραμμα R-Studio. Αρχικά, αναφέρονται οι μεταβλητές του μοντέλου μαζί με τους συντελεστές και άλλα χαρακτηριστικά τους, ενώ στη συνέχεια περιγράφονται τα ποιοτικά στοιχεία του μοντέλου.

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.637e+01  1.247e+01   2.916  0.00462 **
Btstops_inh  2.500e-02  1.268e-02   1.972  0.05221 .
GDP          4.825e-04  2.291e-04   2.106  0.03845 *
MetroDens    4.535e-03  1.481e-03   3.062  0.00301 **
CarOwnPTAinh -4.840e-04  1.920e-04  -2.521  0.01374 *
Pub_Priv     1.312e+01  4.887e+00   2.684  0.00887 **
eur_main     -1.030e+01  3.092e+00  -3.333  0.00132 **
---

```

**Εικόνα 6.5:** Μεταβλητές του μοντέλου όπως προκύπτουν από την ανάλυση στο R-Studio

```

Residual standard error: 15.28 on 78 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3303,    Adjusted R-squared:  0.2788
F-statistic: 6.412 on 6 and 78 DF,  p-value: 1.603e-05

```

**Εικόνα 6.6:** Ποιοτικά χαρακτηριστικά του μοντέλου

Όπως παρατηρείται στην Εικόνα 5.5, όλες οι μεταβλητές έχουν τιμή  $Pr(>|t|)$  μικρότερες του 0.05 ( $Pr(>|t|) < 0.05$ ), εκτός από τη μεταβλητή “Btstops\_inh”, η οποία όμως είναι οριακά ανώτερη, συγκεκριμένα 0.5221 και θεωρείται ικανοποιητική. Η τιμή 0.05 σημαίνει πως υπάρχει **επίπεδο σημαντικότητας 0.05** ή επίπεδο εμπιστοσύνης 95% για όλες τις μεταβλητές, το οποίο κρίνεται πλήρως αποδεκτό.

Επιπλέον, ικανοποιείται και ο **στατιστικός έλεγχος t**, καθώς για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η οριακή τιμή της απόλυτης τιμής είναι το 1.7, όπως είχε αναφερθεί και στο Κεφάλαιο 3. Στην Εικόνα 6.5 φαίνεται πως όλες οι μεταβλητές έχουν τιμή μεγαλύτερη του 1.7.

Ο **συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$** , που αποτελεί και αυτός κριτήριο για την ποιότητα του μοντέλου είναι 0.3303 και θεωρείται ικανοποιητικός για το μεγάλο δείγμα των στοιχείων που εξετάζονται.

Τέλος, ως προς την ποιότητα του μοντέλου, σημαντικό είναι επίσης ότι οι μεταβλητές που εισήχθησαν σε αυτό και τα πρόσημά τους μπορούν να **εξηγηθούν λογικά**.

## ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Σε αυτήν την ενότητα προσδιορίζονται οι βαθμοί επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής του μοντέλου στην εξαρτημένη μεταβλητή, μέσω του υπολογισμού της ελαστικότητας της κάθε μίας. Έτσι προκύπτει ο βαθμός στον οποίο οι μεταβλητές επηρεάζουν τη ζήτηση των MMM, δηλαδή τις μετακινήσεις με τα MMM.

Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν είναι συνεχείς, επομένως όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3, ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε είναι ο εξής:

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

Ο προσδιορισμός της σχετικής επιρροής κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής αποτελεί έναν τρόπο, με τον οποίο μπορούν να καθοριστούν και να συγκριθούν οι επιρροές των

διαφορετικών ανεξάρτητων μεταβλητών. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ελαστικότητες των ανεξάρτητων μεταβλητών και οι σχετικές επιρροές τους. Η σχετική επιρροή μίας μεταβλητής υπολογίζεται ως ο βαθμός επιρροής της συγκεκριμένης μεταβλητής προς το βαθμό επιρροής της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη, δηλαδή παρουσιάζει τη χαμηλότερη ελαστικότητα. Για τη μεταβλητή "Pub\_Priv", που αναφέρεται στον δημόσιο ή ιδιωτικό χαρακτήρα των διαχειριστών των MMM, δεν υπολογίζεται η σχετική επιρροή, διότι είναι κατηγορική ποιοτική μεταβλητή.

Μεταβλητές	Συντελεστές	ei - Ελαστικότητα	ei* - Σχετική Επιρροή
Σταθερός Όρος	36.37000		
Α.Ε.Π.	0.00048	0.81	<b>4.46</b>
Στάσεις_λεωφ_τραμ	0.02500	0.26	<b>1.44</b>
Τιμή_απλού_εισιτηρίου	-10.30000	-0.99	<b>-5.46</b>
Πυκνότητα_Πληθ	0.00454	0.18	<b>1.00</b>
Ιδιοκτησία_ΙΧ_ανά_κατ.	-0.00048	-0.92	<b>-5.08</b>
Διαχείριση_MMM	13.12000	0.26	

**Πίνακας 6.3:** Ελαστικότητα και σχετική επιρροή μεταβλητών του μοντέλου της ζήτησης

Η σύγκριση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών που πραγματοποιήθηκε στο μοντέλο της ζήτησης των MMM ανέδειξε τα εξής συμπεράσματα:

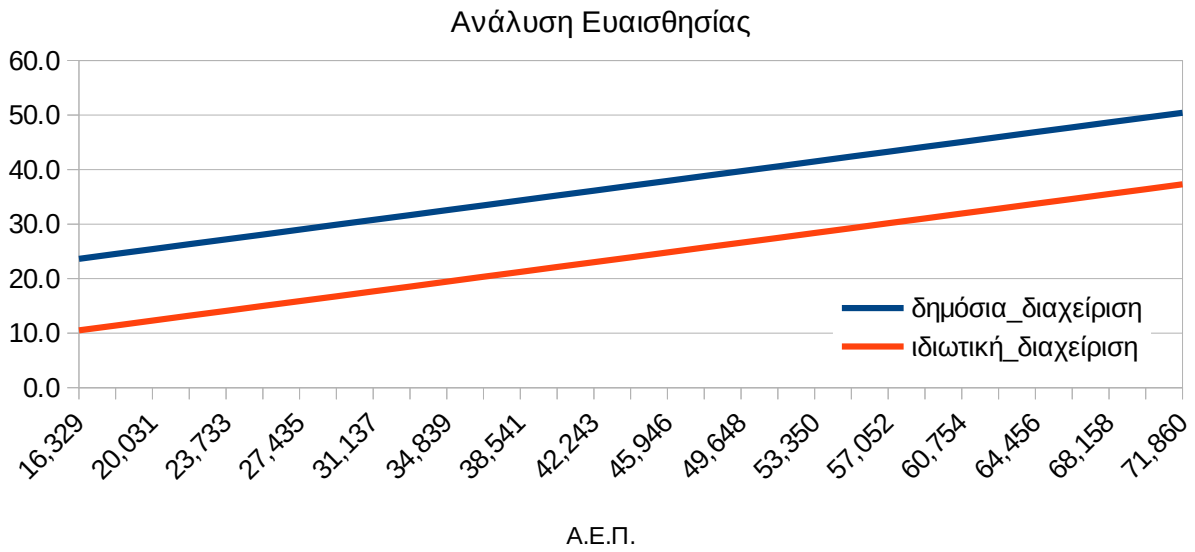
- Η μεταβλητή που φαίνεται να έχει τη μεγαλύτερη επιρροή είναι η **τιμή του απλού εισιτηρίου**, εφόσον παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή στη σχετική επιρροή. Συγκεκριμένα, επηρεάζει 5.46 φορές περισσότερο τη ζήτηση των MMM, σε σχέση με τη μεταβλητή που έχει τη **μικρότερη τιμή**, και είναι αυτή της **πυκνότητας του πληθυσμού** στην περιοχή λειτουργίας και επιρροής των αρμόδιων φορέων και Αρχών. Οι επιβάτες των MMM, τα επιλέγουν ως τρόπο μετακίνησης κυρίως λόγω μειωμένου κόστους σε σχέση με ένα επιβατικό όχημα. Επομένως, όσο αυξάνεται η τιμή, μειώνεται το πλεονέκτημα που έχουν τα MMM και ενθαρρύνονται οι επιβάτες να στραφούν στο επιβατικό όχημα, το οποίο ενδεχομένως υπερτερεί σε άλλους τομείς, όπως ο χρόνος διαδρομής και η άνεση.
- Συνολικά στο μοντέλο, οι μεταβλητές που επηρεάζουν τη ζήτηση των MMM ταξινομούνται ως εξής: Τιμή απλού εισιτηρίου, Ιδιοκτησία ΙΧ, ΑΕΠ (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν), Στάσεις λεωφορείων και τραμ ανά 100.000 κατοίκους, Πυκνότητα πληθυσμού (ξεκινώντας από τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή).

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Εκτός από τον υπολογισμό των ελαστικοτήτων για τον προσδιορισμό της επιρροής των διαφορετικών ανεξάρτητων μεταβλητών, αναπτύχθηκαν και τα διαγράμματα ευαισθησίας. Παρουσιάζεται η ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής κατά τη μεταβολή μίας εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών, όταν οι υπόλοιπες ανεξάρτητες παραμένουν σταθερές.

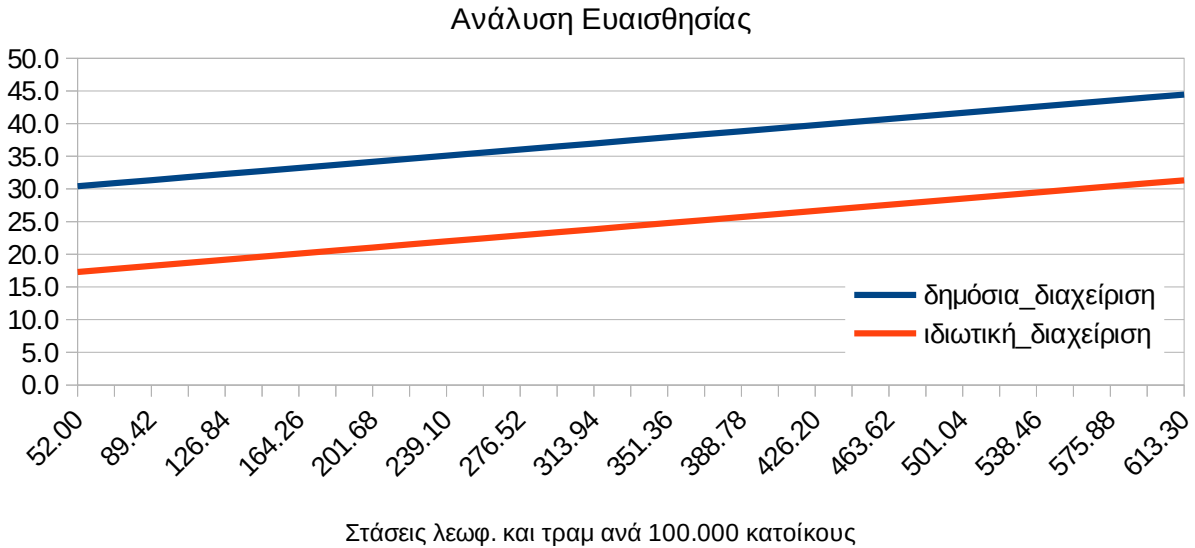
Ακολουθούν τα διαγράμματα ευαισθησίας για τις διαφορετικές μεταβλητές, όπου σε όλα γίνεται διαφοροποίηση ανάμεσα σε δημόσια και ιδιωτική διαχείριση των MMM.

Μετακινήσεις με MMM & Α.Ε.Π.



**Διάγραμμα 6.1:** Διάγραμμα ευαισθησίας – Εκατομμύρια μετακινήσεις με τα MMM ανά 100.000 κατοίκους προς Α.Ε.Π. (υπόλοιπες μεταβλητές σταθερές)

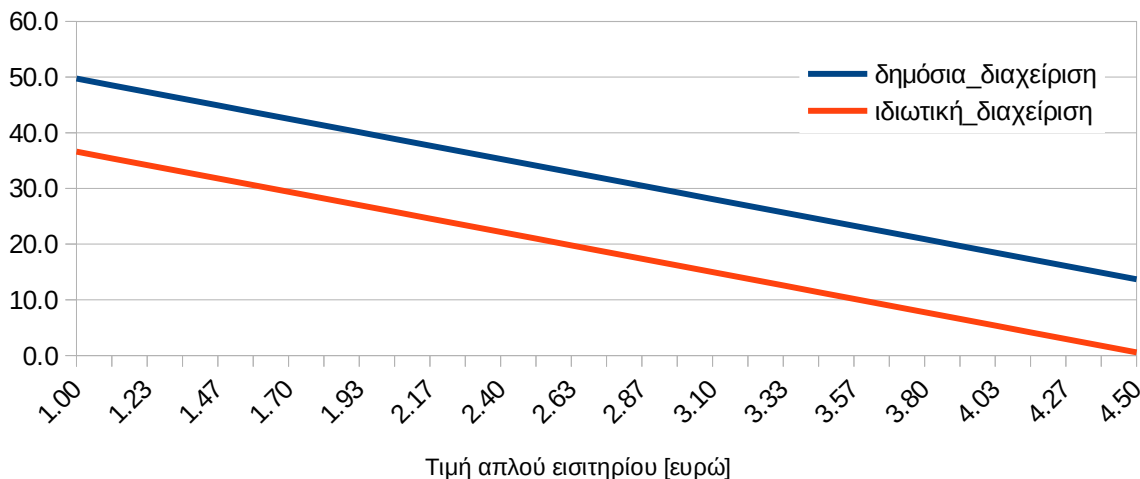
Μετακινήσεις με MMM & Στάσεις λεωφ. και τραμ



**Διάγραμμα 6.2:** Διάγραμμα ευαισθησίας – Εκατομμύρια μετακινήσεις με τα MMM ανά 100.000 κατοίκους προς στάσεις λεωφορείων και τραμ ανά 100.000 κατοίκους (υπόλοιπες μεταβλητές σταθερές)

Μετακινήσεις με MMM & Τιμή απλού εισιτηρίου

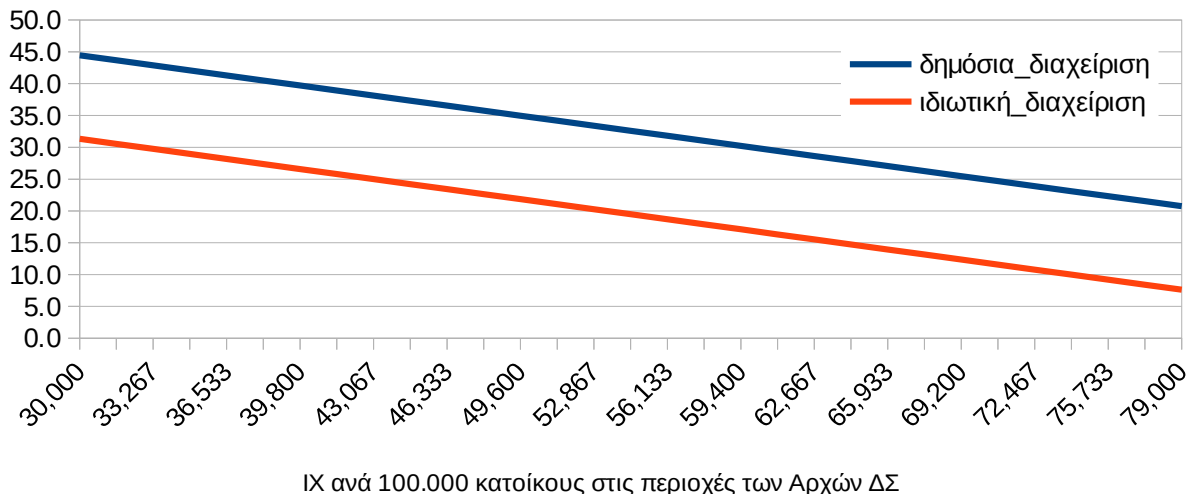
Ανάλυση Ευαισθησίας



**Διάγραμμα 6.3:** Διάγραμμα ευαισθησίας – Εκατομμύρια μετακινήσεις με τα MMM ανά 100.000 κατοίκους προς τιμή απλού εισιτηρίου (υπόλοιπες μεταβλητές σταθερές)

Μετακινήσεις με MMM & Ιδιοκτησία ΙΧ ανά κατοίκους

Ανάλυση Ευαισθησίας



**Διάγραμμα 6.4:** Διάγραμμα ευαισθησίας – Εκατομμύρια μετακινήσεις με τα MMM ανά 100.000 κατοίκους προς ΙΧ ανά 100.000 κατοίκους εντός των περιοχών λειτουργίας των αρμόδιων Αρχών (υπόλοιπες μεταβλητές σταθερές)

Όπως συμπεραίνεται και από τα πρόσημα των αντίστοιχων μεταβλητών, στα διαγράμματα ευαισθησίας μπορεί να προσδιοριστεί η θετική ή αρνητική επιρροή που έχουν οι ανεξάρτητες μεταβλητές στην εξαρτημένη, δηλαδή τις μετακινήσεις με MMM ανά 100.000 κατοίκους. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στη μεταβλητή της διαχείρισης των MMM, όπου

παρατηρείται σημαντική αύξηση των μετακινήσεων με τη δημόσια σε σχέση με την ιδιωτική για κάθε άλλη ανεξάρτητη μεταβλητή.

#### 6.4. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΝΕΚΡΟΥΣ ΑΠΟ ΟΔΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΑΝΑ 100.000 ΚΑΤΟΙΚΟΥΣ

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται το δεύτερο εκ των δύο μοντέλων που αναπτύχθηκαν με τη μέθοδο της **πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης**, εφόσον όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα η εξαρτημένη μεταβλητή ήταν συνεχής και αξιοποιήθηκαν περισσότερες από δύο ανεξάρτητες μεταβλητές.

Ύστερα από πληθώρα δοκιμών προέκυψε το τελικό μοντέλο το οποίο συσχετίζει τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα εντός των εξεταζόμενων περιοχών ανά 100.000 κατοίκους, με πέντε ανεξάρτητες μεταβλητές. Το μαθηματικό μοντέλο και η εξήγηση των μεταβλητών παρουσιάζονται ακολούθως:

**Νεκροί οδικών ατυχημάτων** =  $6.784 - 0.0001630 * \text{Πυκνότητα Πληθυσμού} - 0.001479 * \text{Στάσεις λεωφορείων \& τραμ} - 3.119 * \text{Ποσοστό χρήσης "ήπιων" μορφών μετακίνησης} - 0.00001886 * \text{Α.Ε.Π.} - 0.1037 * \text{Ταχύτητα τραμ}$

Όπου:

- Πυκνότητα Πληθυσμού: Πυκνότητα πληθυσμού στις περιοχές που εξυπηρετούνται από τους αρμόδιους φορείς και Αρχές (Public Transport Authorities)
- Στάσεις λεωφ. & τραμ: Στάσεις λεωφορείων και τραμ ανά 100.000 κατοίκους (εξετάζονται μαζί για λεωφορεία και τραμ διότι δεν υπήρχαν ξεχωριστά στοιχεία για όλα τα έτη)
- Ποσοστό χρήσης "ήπιων" μορφών μετακίνησης: Ποσοστό χρήσης των "ήπιων" μορφών μετακίνησης (ποδήλατο, περπάτημα, ...) στην περιοχή λειτουργίας των αρμόδιων φορέων και Αρχών
- Α.Ε.Π.: Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
- Ταχύτητα τραμ: Ταχύτητα του τραμ σε χιλιόμετρα ανά ώρα

Από την εξίσωση λοιπόν του μοντέλου, προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

- Η **πυκνότητα του πληθυσμού** στις περιοχές που εξυπηρετούνται από τους αρμόδιους Φορείς και Αρχές, "**MetroDens**" επηρεάζει αρνητικά τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός, ότι όσο περισσότεροι κάτοικοι εντός μιας περιοχής, τόσο περισσότερα τα οχήματα και συνεπώς τόσο μεγαλύτερη η κυκλοφοριακή συμφόρηση. Αυτή οδηγεί σε χαμηλότερες ταχύτητες των οχημάτων, επομένως η σοβαρότητα των ατυχημάτων δεν είναι τόσο μεγάλη.

- Όσο αυξάνονται οι **στάσεις λεωφορείων και τραμ (Btstops\_inh)**, τόσο μειώνονται τα θανατηφόρα οδικά ατυχήματα. Τα MMM αυτά λειτουργούν σε αρκετά χαμηλότερες ταχύτητες συγκριτικά με τα επιβατικά οχήματα, ενώ και ως οχήματα παρέχουν ένα ικανοποιητικό επίπεδο ασφάλειας στους επιβάτες τους.
- Το **ποσοστό χρήσης “ήπιων” μορφών μετακίνησης**, όπως είναι το ποδήλατο και το περπάτημα, το οποίο εμφανίζεται με τη μεταβλητή “**Mspta\_Soft**”, επηρεάζει με τη σειρά του αρνητικά τα θανατηφόρα οδικά ατυχήματα. Στις περισσότερες πόλεις της Ευρώπης, υπάρχουν πολύ καλά οργανωμένες υποδομές, όπως είναι τα πλατιά πεζοδρόμια και τα μεγάλα δίκτυα ποδηλατοδρόμων και οι οποίες παρέχουν την απαιτούμενη ασφάλεια στους χρήστες τους. Εφόσον λοιπόν το επιτρέπουν οι σωστά αναπτυγμένες υποδομές, οι συγκεκριμένοι τρόποι μετακίνησης θεωρούνται αρκετά ασφαλείς σε σχέση με το ΙΧ ή τη μοτοσυκλέτα, διότι οι ταχύτητες που αναπτύσσονται είναι σημαντικά χαμηλότερες.
- Ομοίως, αρνητικά επιδρά και η **ταχύτητα του τραμ (Tram\_speed)**. Με την αύξηση της ταχύτητάς του, το τραμ γίνεται ελκυστικότερο, ενώ αυτή παραμένει ακόμα σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με άλλους τρόπους μετακίνησης. Αυτό σε συνδυασμό με τις ξεχωριστές λωρίδες κίνησης και τα λίγα σημεία εμπλοκών με την κυκλοφορία των ΙΧ και των μοτοσυκλετών, καθιστά το τραμ έναν αρκετά ασφαλή τρόπο μετακίνησης.
- Ακόμα μία μεταβλητή, η οποία επηρεάζει αρνητικά τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα είναι αυτή του **Α.Ε.Π. (GDP)**. Μία γενική οικονομική ανάπτυξη μπορεί να διευκολύνει μέσω της διάθεσης κατάλληλων πόρων την πραγματοποίηση έργων οδικής ασφάλειας, αλλά και την ανάπτυξη προγραμμάτων και ερευνών σχετικών με το ζήτημα. Επίσης, οι κάτοικοι σε περιοχές με αυξημένο Α.Ε.Π. έχουν πιθανώς την οικονομική άνεση να αποκτούν νέα και πιο ασφαλή οχήματα.

## ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Ακολούθως, παρουσιάζονται στοιχεία του μοντέλου, όπως προκύπτουν από την ανάπτυξή του στο πρόγραμμα R-Studio. Αρχικά, αναφέρονται οι μεταβλητές του μοντέλου μαζί με τους συντελεστές και άλλα χαρακτηριστικά τους, ενώ στη συνέχεια περιγράφονται τα ποιοτικά στοιχεία του μοντέλου.

Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	6.784e+00	7.679e-01	8.836	7.37e-12 ***
MSpta_Soft	-3.119e+00	1.412e+00	-2.208	0.03176 *
GDP	-1.886e-05	5.657e-06	-3.334	0.00160 **
MetroDens	-1.630e-04	5.767e-05	-2.826	0.00672 **
Btstops_inh	-1.479e-03	8.417e-04	-1.757	0.08496 .
Tram_speed	-1.037e-01	1.242e-02	-8.351	4.13e-11 ***

**Εικόνα 6.7:** Μεταβλητές του μοντέλου όπως προκύπτουν από την ανάλυση στο R-Studio



```
Residual standard error: 0.5945 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.6652, Adjusted R-squared: 0.6324
F-statistic: 20.27 on 5 and 51 DF, p-value: 4.428e-11
```

**Εικόνα 6.8:** Ποιοτικά χαρακτηριστικά του μοντέλου

Όπως παρατηρείται στην Εικόνα 6.7, όλες οι μεταβλητές έχουν τιμή  $\Pr(>|t|)$  μικρότερες του 0.05 ( $\Pr(>|t|) < 0.05$ ), εκτός από τη μεταβλητή “**Btstops\_inh**”, δηλαδή τις στάσεις λεωφορείων και τραμ ανά 100.000 κατοίκους. Η τιμή 0.05 σημαίνει πως υπάρχει **επίπεδο σημαντικότητας 0.05** ή επίπεδο εμπιστοσύνης 95% για όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές, ενώ και το 0.08496 της μεταβλητής “**Btstops\_inh**” κρίνεται εξίσου ικανοποιητικό, καθώς υπάρχει επίπεδο σημαντικότητας 0.1 ή επίπεδο εμπιστοσύνης 90%.

Επιπλέον, ικανοποιείται και ο **στατιστικός έλεγχος t**, καθώς για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η οριακή τιμή της απόλυτης τιμής είναι το 1.7, όπως είχε αναφερθεί και στο Κεφάλαιο 3. Στην Εικόνα 6.5 φαίνεται πως όλες οι μεταβλητές έχουν τιμή μεγαλύτερη του 1.7.

Ο **συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$** , που αποτελεί και αυτός κριτήριο για την ποιότητα του μοντέλου είναι 0.6652 και δηλώνει την ύπαρξη καλής προσαρμογής του μοντέλου.

Τέλος, ως προς την ποιότητα του μοντέλου, σημαντικό είναι επίσης ότι οι μεταβλητές που εισήχθησαν σε αυτό και τα πρόσημά τους μπορούν να **εξηγηθούν λογικά**.

## ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Σε αυτήν την ενότητα προσδιορίζονται οι βαθμοί επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής του μοντέλου στην εξαρτημένη μεταβλητή, μέσω του υπολογισμού της ελαστικότητας της κάθε μίας. Έτσι προκύπτει ο βαθμός στον οποίο οι μεταβλητές επηρεάζουν τους θανάτους από οδικά ατυχήματα.

Ο προσδιορισμός της σχετικής επιρροής κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής αποτελεί έναν τρόπο, με τον οποίο μπορούν να καθοριστούν και να συγκριθούν οι επιρροές των διαφορετικών ανεξάρτητων μεταβλητών. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ελαστικότητες των ανεξάρτητων μεταβλητών και οι σχετικές επιρροές τους. Η σχετική επιρροή μίας μεταβλητής υπολογίζεται ως ο βαθμός επιρροής της συγκεκριμένης μεταβλητής προς το βαθμό επιρροής της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη, δηλαδή παρουσιάζει τη χαμηλότερη ελαστικότητα.

Μεταβλητές	Συντελεστές	$e_i$ - Ελαστικότητα	$e_i^*$ - Σχετική Επιρροή
Σταθερός Όρος	6.78400		
Πυκνότητα_Πληθ.	-0.00016	-0.19	1.00
Ποσοστό_χρήσης_ήπιων_μορφ	-3.11900	-0.52	2.77
Στάσεις_λεωφ_τραμ	-0.00148	-0.28	1.47
Α.Ε.Π.	-0.00002	-0.46	2.45
Ταχύτητα_τραμ	-0.10370	-1.56	8.23

**Πίνακας 6.4:** Ελαστικότητα και σχετική επιρροή μεταβλητών του μοντέλου των θανάτων από οδικά ατυχήματα

Η σύγκριση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών που πραγματοποιήθηκε στο μοντέλο των θανάτων από οδικά ατυχήματα ανέδειξε τα εξής συμπεράσματα:

- Η μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή στο μοντέλο είναι η **ταχύτητα του τραμ** και ακολουθεί το **ποσοστό χρήσης των “ήπιων” μορφών μετακίνησης**. Επηρεάζουν τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα 8.23 και 2.77 φορές περισσότερο από τη μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή, η οποία είναι αυτή της πυκνότητας πληθυσμού. Και οι δύο μεταβλητές αναφέρονται σε μορφές μετακίνησης, οι οποίες θεωρούνται πιο ασφαλείς, ειδικότερα στην Ευρώπη, όπου έχουν αναπτυχθεί οι αντίστοιχες υποδομές.
- Συνολικά στο μοντέλο, οι μεταβλητές που επηρεάζουν τα θανατηφόρα οδικά ατυχήματα ταξινομούνται ως εξής: Ταχύτητα του τραμ, Ποσοστό χρήσης “ήπιων” μορφών μετακίνησης, Α.Ε.Π., Στάσεις λεωφορείων και τραμ ανά 100.000 κατοίκους, Πυκνότητα πληθυσμού στις περιοχές λειτουργίας των Αρχών ΔΣ (ξεκινώντας από τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή).

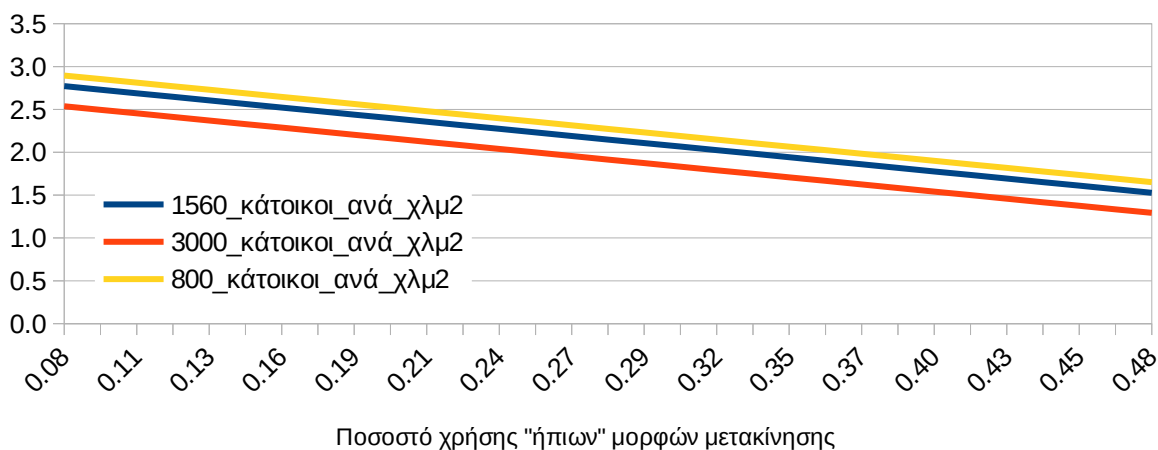
### ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Εκτός από τον υπολογισμό των ελαστικοτήτων για τον προσδιορισμό της επιρροής των διαφορετικών ανεξάρτητων μεταβλητών, αναπτύχθηκαν και τα διαγράμματα ευαισθησίας. Παρουσιάζεται η ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής κατά τη μεταβολή μίας εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών, όταν οι υπόλοιπες ανεξάρτητες παραμένουν σταθερές.

Στα παρακάτω διαγράμματα, εξετάζονται τρεις διαφορετικές τιμές της πυκνότητας πληθυσμού στο αστικοποιημένο τμήμα των περιοχών, και συγκεκριμένα 800, 3000 και 1560 (μέσος όρος) κάτοικοι ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο.

Νεκροί οδικών ατυχημάτων & Ποσοστό χρήσης “ήπιων” μορφών μετακίνησης

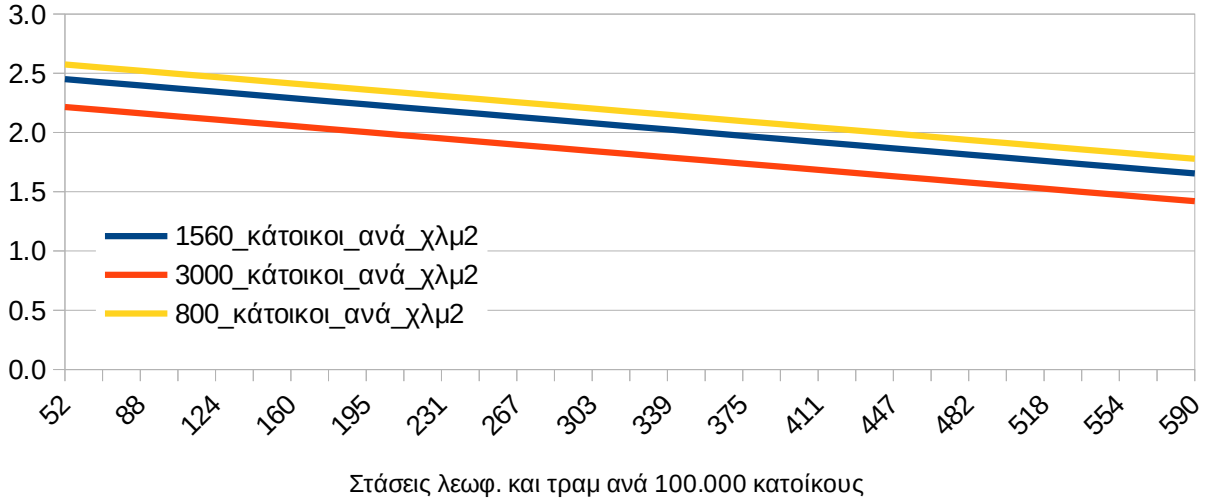
Ανάλυση ευαισθησίας για διαφορετικές πυκνότητες πληθυσμού



**Διάγραμμα 6.5:** Διάγραμμα ευαισθησίας – Νεκροί από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους προς ποσοστό χρήσης “ήπιων” μορφών μετακίνησης στην περιοχή λειτουργίας αρμόδιων Φορέων ΔΣ

Νεκροί οδικών ατυχημάτων & Στάσεις λεωφ. και τραμ

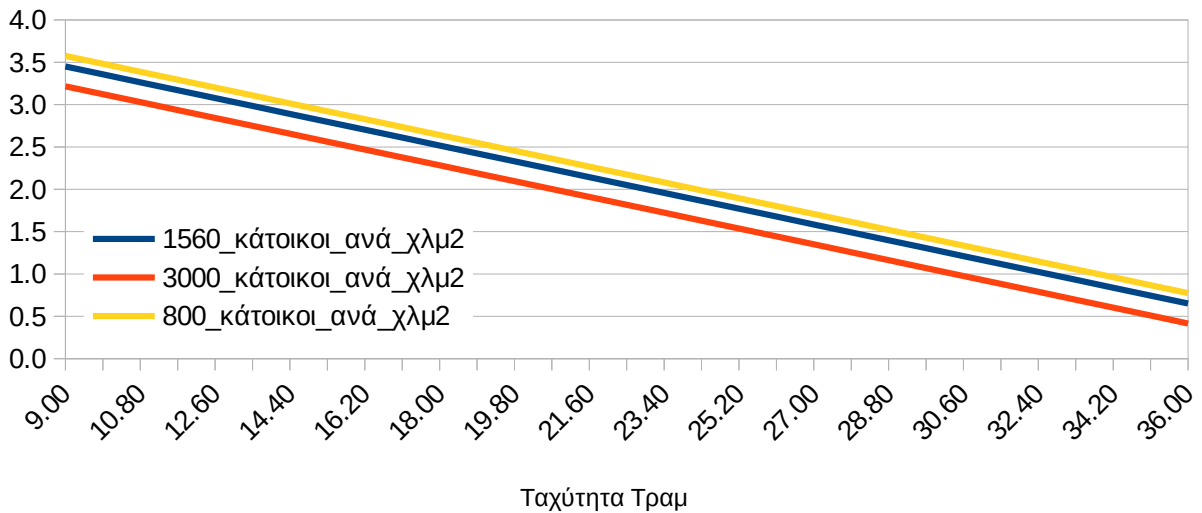
Ανάλυση Ευαισθησίας για διαφορετικές πυκνότητες πληθυσμού



**Διάγραμμα 6.6:** Διάγραμμα ευαισθησίας – Νεκροί από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους προς στάσεις λεωφορείων και τραμ ανά 100.000 κατοίκους

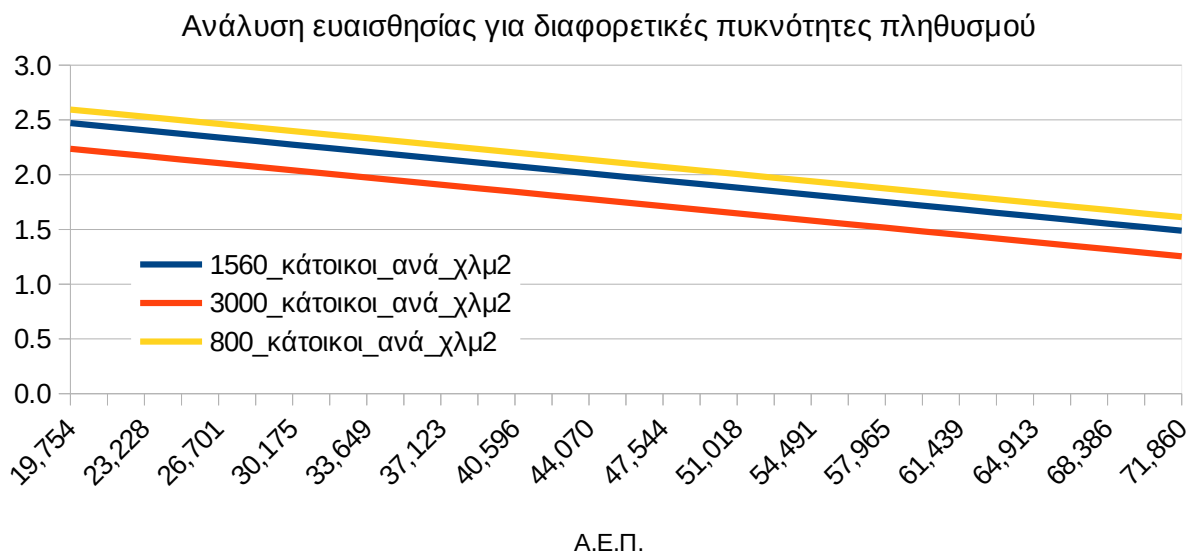
Νεκροί οδικών ατυχημάτων & Ταχύτητα του τραμ

Ανάλυση ευαισθησίας για διαφορετικές πυκνότητες πληθυσμού



**Διάγραμμα 6.7:** Διάγραμμα ευαισθησίας – Νεκροί από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους προς ταχύτητα τραμ σε χιλιόμετρα ανά ώρα

Νεκροί οδικών ατυχημάτων & Α.Ε.Π.



**Διάγραμμα 6.8:** Διάγραμμα ευαισθησίας – Νεκροί από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους προς Α.Ε.Π.

Σύμφωνα με τα διαγράμματα, αλλά και τα πρόσημα των μεταβλητών στην εξίσωση του μοντέλου, παρατηρείται ότι όλες οι μεταβλητές επηρεάζουν αρνητικά τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα. Τη μεγαλύτερη κλίση στα διαγράμματα, φαίνεται πως έχει η μεταβλητή της ταχύτητας του τραμ, όπως προκύπτει και από τη σχετική επιρροή, όπου έχει την υψηλότερη τιμή.

## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 7.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία επιχειρήθηκε η **διερεύνηση της επιρροής χαρακτηριστικών της κινητικότητας στις επιδόσεις Δημοσίων Συγκοινωνιών και οδικής ασφάλειας σε επιλεγμένες μεγάλες Ευρωπαϊκές πόλεις**. Πιο συγκεκριμένα, αναλύθηκαν χαρακτηριστικά πληθυσμού, οδικού δικτύου, κυκλοφορίας και οδικών ατυχημάτων με σκοπό να προσδιοριστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση των ΔΣ, μετρούμενη σε μετακινήσεις με MMM ανά 100.000 κατοίκους και την οδική ασφάλεια σε νεκρούς από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους.

Μετά τον καθορισμό των επιδιωκόμενων στόχων, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με τα αντικείμενα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, τόσο σε ευρωπαϊκό, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Στη συνέχεια, συλλέχθηκαν τα απαιτούμενα στοιχεία και επεξεργάστηκαν με κατάλληλο τρόπο. Για τη συλλογή των στοιχείων αξιοποιήθηκαν ετήσιες εκθέσεις του πανευρωπαϊκού οργανισμού ΕΜΤΑ για τα χαρακτηριστικά της κινητικότητας, και η ευρωπαϊκή βάση δεδομένων οδικών ατυχημάτων CARE, η οποία προσέφερε στοιχεία για τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα σε ορισμένες εκ των πόλεων.

Τη συλλογή και την επεξεργασία των στοιχείων ακολούθησε η στατιστική ανάλυσή τους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία των γραμμικών μοντέλων για τα δύο ζητούμενα. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης και αναπτύχθηκαν δύο τελικά μοντέλα, έπειτα από μεγάλο πλήθος δοκιμών. Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο για τη ζήτηση των ΔΣ μετρούμενη σε εκατομμύρια μετακινήσεις με τα MMM ανά 100.000 κατοίκους και ένα μοντέλο για τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους. Και στα δύο μοντέλα εξετάστηκαν αποκλειστικά ευρωπαϊκές πόλεις και μητροπολιτικές περιοχές, στις οποίες υπάρχει κεντρική διαχείριση των ΔΣ από αρμόδιους φορείς και Αρχές.

Στον επόμενο πίνακα, παρουσιάζονται συνολικά τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν, παραθέτοντας τις μεταβλητές με τους συντελεστές τους και τη σχετική επιρροή τους.

Μεταβλητές	Ζήτηση MMM – Εκατομμύρια “Ταξίδια” με τα MMM ανά 100.000 κατοίκους			Οδική ασφάλεια – Θάνατοι από οδικά ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους		
	Συντελεστές	ει Ελαστικότητα	ει* - Σχετική Επιρροή	Συντελεστές	ει Ελαστικότητα	ει* - Σχετική Επιρροή
Σταθερός Όρος	36.37000			6.78400		
Τιμή απλού εισιτηρίου	-10.30000	-0.99	<b>-5.46</b>			
Ιδιοκτησία ΙΧ ανά κατ.	-0.00048	-0.92	<b>-5.08</b>			
Διαχείριση MMM	13.12000	0.26				
Α.Ε.Π.	0.00048	0.81	<b>4.46</b>	-0.00002	-0.46	<b>2.45</b>
Στάσεις λεωφ τραμ	0.02500	0.26	<b>1.44</b>	-0.00148	-0.28	<b>1.47</b>
Πυκνότητα Πληθ	0.00454	0.18	<b>1.00</b>	-0.00016	-0.19	<b>1.00</b>
Ποσοστό χρήσης ήπιων μορφών				-3.11900	-0.52	<b>2.77</b>
Ταχύτητα τραμ				-0.10370	-1.56	<b>8.23</b>
R <sup>2</sup>	0.3303			0.6652		

Πίνακας 7.1: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων στατιστικών μοντέλων

## 7.2 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψε μια σειρά από συμπεράσματα, τα οποία είναι άμεσα συνδεδεμένα με τους στόχους και τα ερωτήματά της. Στο παρόν υποκεφάλαιο, αναφέρονται λοιπόν τα σημαντικότερα από αυτά:

1. Η **πυκνότητα πληθυσμού, το Α.Ε.Π. και οι στάσεις λεωφορείων και τραμ** είναι τρεις παράγοντες, οι οποίοι σύμφωνα με τα μοντέλα επηρεάζουν τόσο τη ζήτηση των ΔΣ, όσο και την οδική ασφάλεια στις πόλεις. Αυτό εκτός από τη σημασία των ίδιων των παραγόντων για τα επιμέρους ζητήματα, υποδεικνύει και την επιρροή που έχουν οι ΔΣ στην οδική ασφάλεια, και ειδικότερα τη θετική επίδραση που έχει η αυξημένη χρήση τους.
2. Η οργάνωση της κινητικότητας έχει εξέχουσα σημασία για τη σωστή και αποτελεσματική λειτουργία όλων των σχετικών τομέων στις μεγάλες Ευρωπαϊκές πόλεις, με αποτέλεσμα τη λειτουργία αρκετών διαφορετικών Αρχών. Σε όλα τα ζητήματα, τον πρωτεύοντα ρόλο έχουν οι **Τοπικές Αρχές**, ενώ η Κυβέρνηση συμμετέχει μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις. Παράλληλα σε λίγες πόλεις, παρατηρείται μια προσπάθεια για **ενιαία οργάνωση** και διαχείριση μέσω της λειτουργίας μίας συγκεκριμένης Αρχής για όλα τα ζητήματα, ενδεχομένως με στόχο τον καλύτερο συντονισμό μεταξύ διαφορετικών Αρχών.

### ΖΗΤΗΣΗ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

3. Όπως έχει αναφερθεί και στη βιβλιογραφική ανασκόπηση, ένας από τους πλέον κρίσιμους παράγοντες που επιδρούν στη ζήτηση των ΔΣ είναι οι **τιμές των**

**εισιτηρίων.** Με βάση και το μοντέλο που αναπτύχθηκε, ενδεχόμενη αύξηση της τιμής του απλού εισιτηρίου λειτουργεί ιδιαίτερα αρνητικά για τη ζήτηση. Οι επιβάτες των ΜΜΜ, τα επιλέγουν συγκριτικά με τα επιβατικά οχήματα, σε μεγάλο βαθμό λόγω μειωμένου κόστους. Όσο λοιπόν αυξάνεται η τιμή, μειώνεται αυτό το πλεονέκτημα των ΜΜΜ και οι επιβάτες ενδέχεται να στραφούν σε άλλες λύσεις, όπως τα επιβατικά τους οχήματα, τα οποία υπερτερούν σε χρόνο διαδρομής, άνεση και αξιοπιστία.

4. Περισσότερες **υποδομές επίγειων ΜΜΜ**, όπως λεωφορεία και τραμ, επηρεάζουν θετικά τις μετακινήσεις με τα ΜΜΜ. Όταν μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού έχει εύκολη και γρήγορη πρόσβαση σε στάση κάποιου ΜΜΜ, τότε αυξάνεται η πιθανότητα να το προτιμήσει σε σχέση με το επιβατικό του όχημα, εφόσον ο χρόνος διαδρομής δεν διαφέρει σημαντικά.
5. Αναφορικά με τη διαχείριση των διαφορετικών ΜΜΜ, φαίνεται πως ο δημόσιος χαρακτήρας τους μπορεί να έχει ισχυρή επίδραση στη χρήση τους. Στη **δημόσια διαχείριση**, τα ΜΜΜ θεωρούνται πρωτίστως ως δημόσιο αγαθό και λιγότερο ως επιχειρήσεις κερδοφορίας.
6. Μη συγκοινωνιακοί παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση των ΔΣ είναι το **Α.Ε.Π., η πυκνότητα πληθυσμού και η ιδιοκτησία ΙΧ** ανά κατοίκους. Το Α.Ε.Π. και η πυκνότητα πληθυσμού επηρεάζουν θετικά τις μετακινήσεις με τα ΜΜΜ, σε αντίθεση με την ιδιοκτησία ΙΧ.

### **ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ**

7. Οι **“ήπιες” μορφές μετακίνησης**, οι βασικότερες από τις οποίες είναι το περπάτημα και το ποδήλατο, αποτελούν έναν κρίσιμο παράγοντα που συμβάλλει στη μείωση των νεκρών από οδικά ατυχήματα. Στις περισσότερες πόλεις της Ευρώπης, υπάρχουν πολύ καλά οργανωμένες υποδομές, όπως είναι τα πλατιά πεζοδρόμια και τα μεγάλα δίκτυα ποδηλατοδρόμων και οι οποίες παρέχουν την απαιτούμενη ασφάλεια στους χρήστες τους. Εφόσον λοιπόν το επιτρέπουν οι σωστά αναπτυγμένες υποδομές, οι συγκεκριμένοι τρόποι μετακίνησης θεωρούνται αρκετά ασφαλείς σε σχέση με το ΙΧ ή τη μοτοσυκλέτα, διότι οι ταχύτητες που αναπτύσσονται είναι σημαντικά χαμηλότερες.
8. Ιδιαίτερη σημασία για την οδική ασφάλεια έχουν οι **υποδομές και τα χαρακτηριστικά των οχημάτων των επίγειων ΜΜΜ**, όπως τα λεωφορεία και τα τραμ. Αυτά λειτουργούν σε αρκετά χαμηλότερες ταχύτητες συγκριτικά με τα επιβατικά οχήματα, ενώ και ως οχήματα παρέχουν ένα ικανοποιητικό επίπεδο ασφάλειας στους επιβάτες τους. Παράλληλα οι πολλές και σωστά οργανωμένες υποδομές και τα βελτιωμένα λειτουργικά χαρακτηριστικά των ΜΜΜ, τα καθιστούν πιο ελκυστικά, αυξάνοντας τη χρήση τους και συνεπώς μειώνοντας τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα.
9. Κρίσιμοι και για την οδική ασφάλεια φαίνεται πως είναι μη συγκοινωνιακοί παράγοντες και ειδικότερα η **πυκνότητα πληθυσμού και το Α.Ε.Π.**. Αύξηση της πυκνότητας πληθυσμού σημαίνει αναγκαστικά και αύξηση των οχημάτων και της κυκλοφοριακής συμφόρησης, με αποτέλεσμα οι ταχύτητες των οχημάτων να μειώνονται σημαντικά. Επομένως, ακόμα και σε περίπτωση οδικού ατυχήματος, αυτό πιθανώς δεν θα είναι τόσο σοβαρό και δεν θα επιφέρει κάποιον σοβαρό

τραυματισμό ή και θάνατο. Παράλληλα, μία γενική οικονομική ανάπτυξη μπορεί να διευκολύνει μέσω της διάθεσης κατάλληλων πόρων την πραγματοποίηση έργων οδικής ασφάλειας, αλλά και την ανάπτυξη προγραμμάτων και ερευνών σχετικών με το ζήτημα. Επίσης, οι κάτοικοι σε περιοχές με αυξημένο Α.Ε.Π. έχουν πιθανώς την οικονομική άνεση να αποκτούν νέα και πιο ασφαλή οχήματα.

### 7.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με βάση τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τις στατιστικές αναλύσεις, και σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία, μπορούν να διατυπωθούν ορισμένες προτάσεις, οι οποίες ενδεχομένως θα συμβάλλουν στην αύξηση της ζήτησης των Δημοσίων Συγκοινωνιών, αλλά και στη μείωση των νεκρών από οδικά ατυχήματα.

Πολύ σημαντική για τη ζήτηση των ΔΣ είναι η **τιμή των εισιτηρίων**. Προτείνεται λοιπόν να διατηρείται όσο το δυνατόν γίνεται **σε χαμηλά επίπεδα** και να μην μεταβάλλεται συχνά. Παράλληλα, θα μπορούσε να αποδειχθεί ιδιαίτερα αποδοτική η εφαρμογή μειωμένων τιμών σε επιβάτες ανάλογα με τη χρήση των ΜΜΜ.

Όπως παρατηρήθηκε νωρίτερα, οι **υποδομές των ΔΣ** επηρεάζουν σημαντικά τόσο τη ζήτηση των ίδιων των ΜΜΜ, όσο και την οδική ασφάλεια. Ειδικότερα για τα **επίγεια ΜΜΜ**, δηλαδή τα λεωφορεία και τα τραμ συνίσταται η ανάπτυξη νέων υποδομών, ώστε να είναι εύκολα προσβάσιμα σε όλους και να αυξηθεί η χρήση τους.

Παράλληλα με τις υποδομές, προτείνεται να ενισχυθεί ο **στόλος των λεωφορείων και τραμ** με νέα, σύγχρονα οχήματα, τα οποία θα παρουσιάζουν βελτιωμένες επιδόσεις, όπως η ταχύτητά τους. Όπως παρατηρήθηκε νωρίτερα, η συγκεκριμένη πρόταση θα μπορούσε εκτός από τη ζήτηση του εν λόγω μέσου, να συμβάλλει και στην οδική ασφάλεια, μειώνοντας τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα εντός πόλεων.

Ένα πιο ολοκληρωμένο μέτρο, που θα μπορούσε να ισχύει σε μια πόλη είναι η **διαχείριση των ΜΜΜ να πραγματοποιείται από δημόσιους φορείς** και όχι από ιδιωτικές εταιρείες. Όπως επισημάνθηκε νωρίτερα, ο δημόσιος χαρακτήρας των διαχειριστών ΜΜΜ φαίνεται να επηρεάζει θετικά και σε σημαντικό βαθμό τη ζήτηση των ΔΣ.

Αντίστοιχα με τις υποδομές των ΔΣ, μεγάλη έμφαση πρέπει να δοθεί και στις **υποδομές των “ήπιων” μορφών μετακίνησης**. Το περπάτημα και το ποδήλατο, αλλά και πιο σύγχρονες μορφές μετακίνησης όπως είναι τα ηλεκτρικά πατίνια μπορούν να συμβάλλουν πολύ θετικά στη μείωση των θανατηφόρων ατυχημάτων. Επομένως είναι κρίσιμο να δοθούν κίνητρα στους κατοίκους για τη χρήση τους και να αναπτυχθούν οι κατάλληλες ασφαλείς υποδομές, που θα οδηγήσουν τους κατοίκους να τα επιλέξουν σε σχέση με το επιβατικό τους όχημα.



## 7.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Για την επέκταση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και την περαιτέρω διερεύνηση των αντικειμένων της, θα μπορούσαν να εξεταστούν οι ακόλουθες προτάσεις.

Αρχικά, θα μπορούσε να επεκταθεί η έρευνα με τα ίδια χαρακτηριστικά και δείκτες επίδοσης και σε **άλλες μεγάλες πόλεις της Ευρώπης**, με σκοπό να αναλυθούν σε μεγαλύτερο δείγμα και να προκύψουν ακόμα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε και αντίστοιχη έρευνα σε μεγάλες πόλεις και μητροπολιτικές περιοχές εκτός Ευρώπης, ώστε να προσδιοριστούν πιθανές διαφοροποιήσεις και να εντοπιστούν αδυναμίες των ευρωπαϊκών πόλεων, οι οποίες επιδέχονται βελτιώσεις.

Ομοίως, η ίδια έρευνα θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί και σε **μικρότερες πόλεις**, ενδεχομένως με κάποιες αλλαγές στα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά, έτσι ώστε να συγκριθούν οι δύο διαφορετικές περιπτώσεις πόλεων.

Εκτός από τις διαφορετικές πόλεις, οι οποίες θα μπορούσαν να εξεταστούν, θα είχε μεγάλο ενδιαφέρον να πραγματοποιηθεί η ίδια έρευνα και με τη χρήση **διαφορετικών στατιστικών μοντέλων**, εκτός από την πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα Εργασία.

Παράλληλα, θα είχε μεγάλο ενδιαφέρον να εντοπιστούν και να συμπεριληφθούν στη μελέτη και **άλλες βάσεις δεδομένων** εκτός από τις ετήσιες εκθέσεις του οργανισμού ΕΜΤΑ, οι οποίες πιθανώς να εμπεριέχουν και άλλα χαρακτηριστικά που επιδρούν είτε στη ζήτηση των ΔΣ, είτε στην οδική ασφάλεια.

Ως προς το αντικείμενο της οδικής ασφάλειας και ειδικά τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα, θα ήταν πολύ χρήσιμο να αναλυθούν επιμέρους **κατηγορίες των οδικών ατυχημάτων**, όπως για παράδειγμα είναι τα ατυχήματα μεταξύ οχημάτων ή αυτά μεταξύ οχημάτων και πεζών. Ενδεχομένως οι παράγοντες επιρροής να διαφέρουν ανάλογα με τη διαφορετική κατηγορία, κάτι που δεν μπορεί να γίνει αντιληπτό στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Τέλος, πολύ σημαντική θα ήταν η έρευνα που θα συσχετίζει την **οργανωτική δομή και τους αρμόδιους φορείς και Αρχές κινητικότητας** εντός των αστικών περιοχών με τους δείκτες επίδοσης των ΔΣ και της οδικής ασφάλειας. Θα μπορούσε επομένως να πραγματοποιηθεί μία σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών μοντέλων οργάνωσης και να εντοπιστεί το πλέον αποδοτικότερο.

## 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Amoh-Gyimah R., Saberi M., Sarvi M., 2017. The effect of variations in spatial units on unobserved heterogeneity in macroscopic crash models. *Accid. Anal. Prev.*, 93, pp. 147-159.
2. Baker S.P., Whitfield R.A., O' Neill B., 1987. Geographic variations in mortality from motor vehicle crashes. *New Engl. J. Med.*, 316, pp. 1384-1387.
3. Balcombe, R., R. Mackett, N. Paulley, J. Preston and J. Shires *et al.*, 2004. The demand for public transport: A practical guide. Transportation Research Laboratory, TRL Report 593
4. Beck L. F., Dellinger A.M., O' Neil M.E., 2007. Motor vehicle crash injury rates by mode of travel, united states: using exposure-based methods to quantify differences. *Am. J. Epidemiol.*, 166, pp. 212-218
5. Bonnel, P. and A. Chausse, 2000. Urban Travel: competition and pricing. *Transp. Rev.*, 20: 385-401
6. Bresson, G., J. Dargay, J.L. Madre and A. Pirotte, 2003. The main determinants of the demand for public transport: A comparative analysis of England and France using shrinkage estimators. *Transp. Res. Part A*, 37: 605-627
7. Bresson, G., J. Dargay, J.L. Madre and A. Pirotte, 2004. Economic and structural determinants of the demand for public transport: An analysis on a panel of French urban areas using shrinkage estimators. *Transp. Res. Part A*, 38: 269-285
8. Clark D. E., 2003. Effect of population density on mortality after motor vehicle collisions. *Accid. Anal. Prev.*, 35 (6), pp 965-971
9. Eboli L., Mazzulla G., 2012. Performance indicators for an objective measure of public transport service quality. *Europ. Transp.* 51
10. EMTA Barometer 2020 – Based on 2018 data
11. EMTA Barometer 2019 – Based on 2017 data
12. EMTA 2016 Barometer, 12<sup>th</sup> edition
13. EMTA 2015 Barometer, 11<sup>th</sup> edition
14. EMTA 2014 Barometer, 10<sup>th</sup> edition
15. FitzRoy, F. and I. Smith, 1998. Public transport demand in Freiburg: Why did patronage double in decade? *Transport Policy*, 5: 163-173
16. Holmgren, J., 2007. Meta-Analysis of public transport demand. *Transp. Res. Part A*, 41, pp. 1021-1035

17. Krkygsman, S., M. Dijst and T. Arentze, 2004. Multimodal public transport: An analysis of travel time elements and the interconnectivity ratio. *Transport Policy*, 11: 265-275
18. Masi, C. 2009. "Urban Governance, Public Transport and the Role of the Organising Authorities." *Public Transport International*, November/December: 4-6
19. Matas, A., 2004. Demand and revenue implications of an integrated public transport policy: The case of Madrid. *Transp. Rev: A Transnat. Transdisciplinary J.*, 24: 195-217
20. Moeinaddini M., Asadi-Shekari Z., Sultan Z., Zaly Shah M., 2015. Analyzing the relationships between the number of deaths in road accidents and the work travel mode choice at the city level. *Saf. Sci.*, 72, pp. 249-254
21. Naniopoulos, A., E. Genitsaris, and I. Balampekou. 2012. "The Metropolitan Transport Authority in Europe. Towards a Methodology for Defining Objectives, Responsibilities and Tasks." *Procedia—Social and Behavioral Sciences*, 48: 2804-2815
22. Nolland R.B., Quddus M.A., 2004. A spatially disaggregate analysis of road casualties in england. *Accid. Anal. Prev.*, 36 (6), pp. 973-984
23. Paulley N., Balcombe R., Mackett R., Titheridge H., Preston J., Wardman M., Shires J., White P., 2006. The demand for public transport: the effects of fares, quality of service, income and car ownership. *Transp. Pol.*, 13, pp. 295-306
24. Polat C., 2012. The demand determinants for urban public transport services: A review of the literature. *J. of App. Sci.*, 12 (12)
25. Savage I., 2013. Comparing the fatality risks in united states transportation across modes and over time. *Res. Transp. Econ.* 43 (1), pp. 9-22
26. Schuchmann, A., and S. Papadimitriou. 2009. "The Need for Restructuring of Authorities in Eastern and Central Europe." *Public Transport International*, November/December: 24 -25
27. Souche, S., 2010. Measuring the structural determinants of urban travel demand. *Transp. Pol.*, 17 (3), pp. 127-134
28. Spoerri A., Egger M., E. v. Elm., 2011. Mortality from road traffic accidents in Switzerland: Longitudinal and spatial analyses. *Accid. Anal. Prev.* 43, pp. 40-48
29. Tasic I., Porter R.J., 2016. Modeling spatial relationships between multimodal transportation infrastructure and traffic safety outcomes in urban environments. *Saf. Sci.*, 82, pp. 325-337
30. Truong L. T., Currie G., 2019. Macroscopic road safety impacts of public transport: A case study of Melbourne, Australia. *Accid. Anal. Prev.* 132
31. Ukkusuri S.V., Miranda-Moreno L., Ramadurai G., 2012. The role of built environment on pedestrian crash frequency. *Saf. Sci.*, 50 (4)
32. Walle, S.V. and T. Steenberghen, 2006. Space and time related determinants of public transport use in trip chains. *Transportat. Res. Part A*, 40: 151-162.

33. Yannis G., Papadimitriou E., Folla K., 2014. Effect of GDP changes on road traffic fatalities. *Saf. Sci.*, 63, pp 42-49