



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΑΤΗΕΝΣ

Ανάλυση Αποδοχής και Ωφελειών από τη
θέσπιση ορίου ταχύτητας 30 χλμ/ώρα στο
οδικό δίκτυο της Αθήνας

30

Στυλιανή Ρούσσου

Επιβλέπων : Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2022

Ευχαριστίες

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

Αρχικά, οφείλω να ευχαριστήσω εξίσου θερμά την Αρμίρα Κονταξή, υποψήφια Διδάκτορα του Ε.Μ.Π, για τις συμβουλές της και την σημαντική συμβολή της καθ' όλη τη διάρκεια μελέτης, συλλογής και τελικής αξιολόγησης των δεδομένων.

Επίσης, ιδιαίτερες ευχαριστίες ανήκουν στην Κατερίνα Δελιαλή, Μετα-Διδάκτορα του Ε.Μ.Π, για την καθοδήγησή της, την υπομονή της και την προθυμία της κατά την επεξεργασία και στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Βιργινία Πετράκη, υποψήφια Διδάκτορα του Ε.Μ.Π που με στήριξε σε όλη τη διάρκεια της υλοποίησης της κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης προσφέροντας διαρκή υποστήριξη, κατεύθυνση και εξαιρετικό κλίμα συνεργασίας.

Ευχαριστώ θερμά για την πολύτιμη βοήθειά τους, για όλες τις παρατηρήσεις, συμβουλές και παραγωγικές υποδείξεις κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας και για τον χρόνο που μου αφιέρωσαν.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την διαρκή υποστήριξη και προσφορά τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Ιούλιος 2022

Ρούσσου Στυλιανή

Ανάλυση αποδοχής και ωφελειών από τη θέσπιση ορίου ταχύτητας 30 χλμ/ώρα στο οδικό δίκτυο της Αθήνας.

Ρούσσου Στυλιανή

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π

Σύνοψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση της αποδοχής και των ωφελειών κατά την μείωση του ορίου ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα στο οδικό δίκτυο της Αθήνας. Για αυτό το λόγο αναπτύχθηκε ειδικό ερωτηματολόγιο που απαντήθηκε από 408 κατοίκους με βάση τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης για διάφορα υποθετικά σενάρια χρόνου, κατανάλωσης καυσίμου και πιθανότητας οδικού ατυχήματος. Οι ερωτώμενοι κλήθηκαν να επιλέξουν μεταξύ τριών εναλλακτικών προτάσεων: α) Μείωση του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο εκτός των κύριων αρτηριών β) Μείωση του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο και γ) Καμία Μείωση. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκαν δυο μοντέλα διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης και τρία μοντέλα πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης. Από τα μοντέλα συνδυαστικά, προέκυψαν πως οι μεταβλητές που επηρεάζουν την επιλογή του χρήστη ώστε να επιλέξει μια από τις τρεις παραπάνω εναλλακτικές είναι η αύξηση του χρόνου διαδρομής, η αξία που διαθέτει ο ρόλος της ταχύτητας για τον ίδιο για την πρόκληση ενός ατυχήματος, ο αριθμός των ατυχημάτων στα οποία έχει βρεθεί, τις συνήθειες οδήγησής του και άλλα δημογραφικά στοιχεία των οδηγών. Παράλληλα, υλοποιήθηκε μέσω της μεθόδου ανάλυσης κόστους ωφελειών ο έλεγχος βιωσιμότητας της εφαρμογής του εν λόγω μέτρου. Κατά την ανάλυση υπολογίστηκε το όφελος από την μείωση των ατυχημάτων σε ελαφρά τραυματίες, βαριά τραυματίες, νεκρούς, το κόστος που προκύπτει λόγω της αύξησης του χρόνου διαδρομής και το όφελος από την μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (εκπομπές CO₂, NO_x, PM). Τέλος, η εφαρμογή του μέτρου της μείωσης του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα κρίθηκε οικονομικά βιώσιμη και αξία υλοποίησης.

Λέξεις κλειδιά: Μείωση ταχύτητας, Zone 30, δεδηλωμένη προτίμηση, λογιστική παλινδρόμηση, πολυωνυμικό λογιστικό μοντέλο, διωνυμικό λογιστικό μοντέλο, ανάλυση κόστους-ωφελειών, CBA.

Cost benefit and acceptance analysis of reducing speed limits in Athens to 30km/h

Roussou Styliani

Supervisor: George Yannis, Professor, NTUA

Abstract

The aim of this dissertation is the analysis of the acceptance and the benefits of reducing speed limits from 50km/h to 30km/h in Athens. For this reason, a special questionnaire was created which was answered by 408 inhabitants based on the method of the declared preference for various hypothetical scenarios of time, fuel consumption and the possibility of a road accident. Respondents were asked to choose between three alternative proposals: a) Speed limit reduction to 30km/h in the entire urban network except the main arteries b) Speed limit reduction to 30km/h in the entire urban network and c) No speed reduction. Subsequently, two binomial regression logistic models and three polynomial regression logistic models were developed. From the combined models, it emerged that the variables that affect the user's choice to choose one of the above three alternatives are the increase in travel time, the value of the role of speed for them to cause an accident, the number of the accidents in which they had been part of, their driving habits and other demographics of the drivers. At the same time, the viability control of the implementation of this measure was implemented through the cost-benefit analysis method. The analysis calculated the benefit from reducing accidents to minor injuries, severely injured, deaths, the costs incurred due to the increase in travel time and the benefit from reducing fuel consumption and environmental impact (CO₂, NO_x, PM emissions). Finally, the implementation of the speed limit reduction measure at 30 km/h was deemed economically viable and worth of implementing.

Keywords: Speed reduction, Zone 30, declared preference, logistic regression, polynomial logistic model, binomial logistic model, cost-benefit analysis, CBA.

Περίληψη

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της αποδοχής και των ωφελειών από τη μείωση του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα στο αστικό οδικό δίκτυο της Αθήνας**. Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκε ποια είναι τα χαρακτηριστικά των κατοίκων που επηρεάζουν τις προτιμήσεις τους ώστε να επιλέξουν ταχύτητα κατά την οδήγηση τους στο αστικό δίκτυο της Αθήνας και κατά πόσο η εφαρμογή της μείωσης του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα είναι ένα μέτρο οικονομικά βιώσιμο σε πέρασ 10ετίας.

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, αναζητήθηκε διεθνής βιβλιογραφία συναφής με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και εντοπίστηκαν όλα τα απαραίτητα στοιχεία. Ταυτόχρονα, συντάχθηκε ειδικό **ερωτηματολόγιο** με σκοπό την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων, και χρησιμοποιήθηκε η **μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης** με 10 υποθετικά σενάρια χρόνου διαδρομής, κατανάλωσης καυσίμου και πιθανότητας οδικού ατυχήματος.

Ακολούθως, για την επεξεργασία των απαντήσεων των ερωτηματολογίων πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση, στην οποία αναπτύχθηκαν 2 πρότυπα στατιστικά μοντέλα. Αρχικά, αναπτύχθηκε μοντέλο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης, για την επιλογή της μείωσης σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας εκτός των κύριων αρτηριών και για την επιλογή της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο. Έπειτα, αναπτύχθηκαν 3 μοντέλα πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης σχετικά με τα σενάρια που παρουσιάστηκαν στο ερωτηματολόγιο.

Τέλος, η κοινωνικοοικονομική ανάλυση έγινε μέσω της μεθόδου της ανάλυσης κόστους ωφελειών. Κατά αυτή τη μέθοδο υπολογιστήκαν με χρονικό ορίζοντα 10ετίας, τα οφέλη που προκύπτουν από την μείωση των ατυχημάτων σε ελαφρά τραυματίες, βαριά τραυματίες, νεκρούς, το κόστος που προκύπτει λόγω της αύξησης του χρόνου διαδρομής και το όφελος από την μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (εκπομπές CO₂, NO_x, PM). Τα μοντέλα και η ανάλυση κόστους ωφελειών παρατίθενται παρακάτω.

Συμπεράσματα

	Διωνυμικά Μοντέλα Μείωσης Ταχύτητας				Πολυωνυμικά Μοντέλα Μείωσης Ταχύτητας			
	Επιλογή Μείωσης εκτός κύριων αρτηριών (choice 1)		Επιλογή Μείωσης σε όλο το δίκτυο (choice 2)		Επιλογή Μείωσης εκτός κύριων αρτηριών (choice 1)		Επιλογή Μείωσης σε όλο το δίκτυο (choice 2)	
	Συντελεστής	p-value	Συντελεστής	p-value	Συντελεστής	p-value	Συντελεστής	p-value
Σταθερός Όρος	-1,1646	0,000	-0,7264	0,097	2,957	0,000	-0,6146	0,264
Εμπειρία Οδήγησης	0,1119	0,001						
Κυκλοφορία στην οδό			-0,3163	0,000				
Ανησυχία για εμπλοκή σε ατύχημα	-0,0928	0,03	0,2026	0,000				
Μορφωτικό επίπεδο μεταπτυχιακών σπουδών	-0,4396	0,000						
Συμμετοχή σε ατυχήματα με υλικές ζημιές	-0,0938	0,019	-0,4138	0,000	-0,2204	0,000	-0,3417	0,000
Συνολικοί Τραυματίες από ατυχήματα ετησίως	-	-	-0,1105	0,001				
Χαμηλής αξίας ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων	-2,0024	0,000	-1,4522	0,000				
Μέτριας σημασίας ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων	-2,0692	0,000	-0,6252	0,000	-17,419	0,000	-23,259	0,000
Μεγάλης σημασίας ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων	-0,4363	0,000			-0,2902	0,012	-0,1065	0,484
Χρήση αυτοκινήτου ως μέσο μεταφοράς	-0,1899	0,018						
Ελεύθερος Επαγγελματίας και Ιδιωτικός Υπάλληλος			0,8769	0,000				
Άνεργος			0,6296	0,000				
Καθόλου Σημαντική η παρουσία πεζών και ποδηλατών για επιλογή ταχύτητας οδήγησης	1,3835	0,001						
Λίγο Σημαντική η παρουσία πεζών και ποδηλατών για επιλογή ταχύτητας οδήγησης	0,6588	0,000	1,528	0,000	0,4922	0,041	0,3462	0,237
Αρκετά Σημαντική η παρουσία πεζών και ποδηλατών για επιλογή ταχύτητας οδήγησης					-0,2409	0,047	-0,7738	0,000
Χαμηλή προστασία ευάλωτων χρηστών της οδού με την ισχύουσα ταχύτητα	1,8242	0,000			13,864	0,000	18,737	0,000
Μέτρια προστασία ευάλωτων χρηστών της οδού με την ισχύουσα ταχύτητα	1,0169	0,000			12,568	0,000	11,183	0,000
Υψηλή προστασία ευάλωτων χρηστών της οδού με την ισχύουσα ταχύτητα			-0,694	0,000	-25,702	0,000	-30,990	0,000
Εμπλοκή σε κάτω από 1 ατύχημα με παθόντες	1,9655	0,303			-27,674	0,000	-33,700	0,000
Εμπλοκή σε κάτω από 2 ατυχήματα με παθόντες	1,5667	0,344	2,0685	0,000				
Κάτω από μια κλήση παραβίασης οδικών κανονισμών			1,2431	0,000				
Κάτω από τρεις κλήσεις παραβίασης οδικών κανονισμών	-0,4282	0,000	0,9733	0,006				
Κάτοικος της Αθήνας			-0,5359	0,000	-0,4569	0,001	-0,0021	0,990
Οικογενειακό εισόδημα άνω των 25.000 ευρώ			0,4337	0,000				
Αύξηση χρόνου διαδρομής					0,4858	0,000	0,8834	0,000
Συχνότητα Οδήγησης					0,1662	0,006	0,1696	0,025
Δημόσιος Υπάλληλος					-0,6033	0,002	-0,9138	0,000

		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	Υλοποίηση										
	Λειτουργία										
Οφέλη και Κόστος	NPV 0,8%										
K1. Κόστος Επένδυσης (€)	-6.103.274	-6.152.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K1.1 Προμήθεια και Εγκατάσταση Καμερών	-4.980.159	-5.020.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K1.2 Εγκατάσταση Σιμαρακιών	-396.825	-400.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K1.3 Προμήθεια και Εγκατάσταση Πινακίδων και Σήμανσης	-527.877	-532.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K1.4 Κόστος Μελέτης	-198.413	-200.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K2. Λειτουργικά Κόστη (€)	-56.918.406	-200.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000
K2.1 Απασχόληση πρόσθετου ανθρώπινου	-51.489.951	0	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000
K2.2 Λειτουργία-Συντήρηση συστήματος	-2.617.406	0	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000
K2.3 Λειτουργία-Συντήρηση μηχανολογικού	-858.166	0	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000
K2.4 Εκστρατείες των ΜΜΕ	-1.914.744	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000
K2.5 Διετής έλεγχος αποπελοσηματικότητας	-38.139	0	0	-10.000	0	-10.000	0	-10.000	0	-10.000	0
Κόστη (K1+K2)	-63.021.679	-6.352.100	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000
Οικονομικές Επιπτώσεις-Οφέλη (€)											
Πλεόνασμα Μετακινούμενων (User)	-40.644.567	0	-3.125.692	-3.453.987	-4.012.821	-4.710.914	-4.967.732	-5.229.135	-5.495.126	-5.765.723	-6.040.951
B1. Χρόνος Διαδρομής	-78.227.486	0	-7.256.392	-7.403.682	-8.284.959	-9.392.363	-9.583.010	-9.777.526	-9.975.990	-10.178.482	-10.385.085
B2. Κατανάλωση Καυσίμου	37.582.919	0	4.130.700	3.949.695	4.272.138	4.681.449	4.615.277	4.548.391	4.480.864	4.412.759	4.344.134
Οφέλη Εξωτερικών Επιπτώσεων	138.465.085	0	13.523.954	13.400.427	14.535.563	17.667.129	17.547.017	17.426.849	17.256.044	17.135.753	16.964.068
B3. Οδική Ασφάλεια	129.672.976	0	12.571.706	12.468.960	13.529.838	16.567.922	16.465.176	16.362.430	16.208.311	16.105.565	15.951.446
B4. Περιβάλλον	8.792.109	0	952.248	931.467	1.005.725	1.099.207	1.081.841	1.064.419	1.047.733	1.030.188	1.012.622
B4.1 Εκπομπές CO2	7.080.774	0	753.714	744.056	805.635	883.740	872.216	860.588	848.862	837.047	825.150
B4.2 Εκπομπές NOx	1.642.691	0	189.459	179.033	191.352	207.168	201.758	196.388	191.063	185.786	180.561
B4.3 Εκπομπές PM	68.644	0	9.075	8.378	8.739	8.299	7.867	7.443	7.808	7.355	6.911
Οφέλη (B1+B2+B3+B4)	97.820.518	0	10.398.262	9.946.440	10.522.742	12.956.214	12.579.285	12.197.714	11.760.918	11.370.030	10.923.117
ENPV/Net Benefits	34.798.839	-6.352.100	3.793.262	3.331.440	3.917.742	6.341.214	5.974.285	5.582.714	5.155.918	4.755.030	4.318.117
ERR	64,5%										
B/C Ratio	1,55										

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	83
1.1 Γενική Ανασκόπηση	83
1.1.1 Σχέση ταχύτητας και κινδύνου οδικού ατυχήματος.....	83
1.1.2 Επιπτώσεις της ταχύτητας στο περιβάλλον.....	94
1.1.3 Οφέλη από την εφαρμογή του ορίου ταχύτητας στα 30χλμ/ώρα	94
1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας	105
1.3 Μεθοδολογία.....	105
1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας	127
Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	149
2.1 Εισαγωγή	149
2.2 Οδική ασφάλεια	149
2.3 Κυκλοφορία	1510
2.4 Κατανάλωση Καυσίμου.....	1611
2.5 Περιβάλλον	1712
2.6 Ανάλυση Κόστους Ωφελειών	1712
2.6.1 Ιστορικό της CBA	1813
2.6.2 CBA στον τομέα των Μεταφορών.....	1813
2.7 Σύνοψη αποτελεσμάτων βιβλιογραφικής ανασκόπησης	1914
Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	17
3.1 Εισαγωγή	2217
3.2 Βασικές έννοιες στατιστικής	2217
3.3 Μέθοδοι δεδηλωμένης και αποκαλυπτόμενης προτίμησης	2318
3.3 Βασικές Μέθοδοι Στατιστικής Ανάλυσης	2419
3.3.1 Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression)	2419
3.3.2 Πιθανοτική Ανάλυση (Probit Analysis).....	2519
3.3.3 Ανάλυση Διακριτότητας (Discriminant Analysis)	2520
3.3.4 Λογιστική Παλινδρόμηση (Logistic Regression).....	2520
3.4 Λογιστική Παλινδρόμηση.....	2520
3.5 Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου.....	2721
Κεφάλαιο 4: Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων	26
4.1 Εισαγωγή	3226
4.2 Συλλογή στοιχείων	3226
4.2.1 Το ερωτηματολόγιο.....	3226
4.2.2 Τα μέρη του Ερωτηματολογίου	3226
4.2.3 Τα σενάρια.....	3327

4.2.4 Συλλογή ερωτηματολογίων.....	3428
4.3 Επεξεργασία Στοιχείων 4.3.1 Κωδικοποίηση Δεδομένων	3529
4.4 Συγκεντρωτικά Στοιχεία	3731
Κεφάλαιο 5: Στατιστική Ανάλυση Αποδοχής Ορίου Ταχύτητας 30 χλμ/ώρα.....	34
5.1 Εισαγωγή.....	4134
5.2 Στατιστικά πρότυπα πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.....	4235
5.3 Συναρτήσεις Χρησιμότητας.....	5345
5.4 Στατιστικό μοντέλο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης	5648
5.5 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων.....	6657
Κεφάλαιο 6: Κοινωνικο-οικονομική Ανάλυση.....	7969
6.1 Αποδοχή Σεναρίου.....	7969
6.2 Κυκλοφοριακά Μεγέθη	8070
6.3 Επιπτώσεις στην Οδική Ασφάλεια	8272
6.4 Χρόνος Ταξιδιού	8474
6.5 Κατανάλωση Καυσίμου.....	8575
6.6 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.....	8776
Διοξείδιο του άνθρακα CO ₂	8776
Εκπομπές NO _x	8877
Εκπομπές PM.....	8878
6.6 Κόστη.....	8979
6.6.1 Κόστος Επένδυσης.....	8979
6.7 Σύνθεση	9181
6.8 Ανάλυση Ευαισθησίας.....	9484
Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα	9585
7.1 Σύνοψη	9585
7.2 Συμπεράσματα.....	9786
7.2.1 Συμπεράσματα Στατιστικής Ανάλυσης	9786
7.2.2 Συμπεράσματα Κοινωνικο-οικονομικής Ανάλυσης.....	9786
7.3 Προτάσεις για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων	9988
7.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	10089

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Η ολοένα αυξανόμενη τεχνοοικονομική πρόοδος αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα της σύγχρονης εποχής. Οι μεταφορές που αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της καθημερινότητας των ανθρώπων έρχονται αντιμέτωπες με έντονες προκλήσεις, καθώς πρέπει να διατηρήσουν σε ασφαλή και κερδοφόρα επίπεδα τις παραμέτρους του κόστους, του χρόνου και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Για αυτό το λόγο, η **ταχύτητα** είναι ένας σημαντικός παράγοντας στις μεταφορές, διαθέτοντας τόσο θετικά όσο και αρνητικά αποτελέσματα, με συνέπεια να καθίσταται ως η **κύρια πρόκληση** όλων των Αρχών. Η επιθυμία και η απαίτηση των πολιτών να διαθέτουν υψηλό βαθμό κινητικότητας, ενώ τα γρήγορα ταξίδια αεροπορικώς, σιδηροδρομικώς ή οδικώς καθιστούν την ταχύτητα ως τον πιο απαιτητικό παράγοντα των μεταφορών.

Στα πλαίσια της μετακίνησης εντός αστικού δικτύου η ταχύτητα οδήγησης αποτελεί ένα μείζον ζήτημα, καθώς έχει επιπτώσεις στην κυκλοφορία, στην οδική ασφάλεια, στον χρόνο διαδρομής και στο περιβάλλον. Συνεπώς, **οι μειώσεις στην ταχύτητα** της κυκλοφορίας μπορούν δυνητικά να προσφέρουν **πολλαπλά οφέλη**. Για αυτό το λόγο, η θεσμοθέτηση ενός ορίου ταχύτητας 30 χλμ/ώρα στο σύνολο του οδικού δικτύου των κατοικημένων περιοχών των πόλεων είναι μια σημαντική συμβολή στο να γίνει ασφαλέστερο το οδικό δίκτυο της ΕΕ και να αυξηθεί η ποιότητα ζωής των πολιτών. **Ορίζοντας τα 30 χλμ/ώρα** ως τη μέγιστη ταχύτητα σε κατοικημένες περιοχές, περιορίζεται (εφόσον γίνει σεβαστή από τους οδηγούς) ένας ιδιαίτερα επικίνδυνος παράγοντας κινδύνου για όλους τους χρήστες της οδού και ιδιαίτερα τους ευάλωτους (πεζούς, ποδηλάτες, μοτοσυκλετιστές), **αυξάνονται οι θετικές επιπτώσεις** στην υγεία και στο περιβάλλον και μειώνονται τα εξωτερικά κόστη γενικότερα στον τομέα των αστικών μεταφορών.

1.1.1 Σχέση ταχύτητας και κινδύνου οδικού ατυχήματος

Με βάση έναν μεγάλο αριθμό ερευνών (WHO, 2007, Aarts, 2011) τις τελευταίες δεκαετίες παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας, της συχνότητας οδικής σύγκρουσης και της σοβαρότητας ατυχήματος. Συγκεκριμένα, όταν **αυξάνεται η ταχύτητα, αυξάνεται η πιθανότητα ατυχήματος** και της σοβαρότητάς του. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας αναφέρει ότι η ταχύτητα ήταν ένας βασικός παράγοντας κινδύνου σε συμβάντα οδικής κυκλοφορίας για σύγκρουση και σοβαρότητα τραυματισμού. Για τους πεζούς και τους ποδηλάτες ειδικά, η σχέση μεταξύ ταχύτητας και τραυματισμού είναι ακόμη πιο έντονη (WHO, 2017). Για αυτό το λόγο όσο τα όρια ταχύτητας αυξάνονται, τόσο θα αυξάνονται και οι θάνατοι.

Ενώ, σε ατομικό επίπεδο, ο αντιλαμβανόμενος κίνδυνος είναι χαμηλός, ο κοινωνικός κίνδυνος είναι υψηλός και συνήθως δεν είναι εύκολα κατανοητός. Η αύξηση του κινδύνου σύγκρουσης εξηγείται από το γεγονός ότι όταν αυξάνεται η ταχύτητα, ο χρόνος αντίδρασης, οι αλλαγές που συμβαίνουν στιγμιαία στο περιβάλλον και η ικανότητα ελιγμών είναι μειωμένες. Στην κίνηση, οι οδηγοί κατά μέσο όρο χρειάζονται περίπου ένα δευτερόλεπτο για να αντιδράσουν σε ένα απροσδόκητο γεγονός και να επιλέξουν μια επαρκή απόκριση. Όσο **μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα οδήγησης, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση που διανύεται** κατά τη διάρκεια αυτού του χρόνου αντίδρασης, μειώνοντας την ευκαιρία αποφυγής σύγκρουσης.

Το Ινστιτούτο Ασφάλειας (IIHS,2021) διαπίστωσε ότι μια αύξηση 8 χλμ/ώρα στο όριο ταχύτητας συσχετίστηκε με αύξηση 8% στο ποσοστό θνησιμότητας. Η ταχύτητα του οχήματος τη στιγμή της πρόσκρουσης είναι άμεση συσχετισμένη με το αν ένα άτομο θα ζήσει ή θα πεθάνει. Ένα άτομο που χτυπήθηκε από ένα αυτοκίνητο που ταξίδευε με 55 χιλιόμετρα ανά ώρα (35mph) έχει πέντε φορές περισσότερες πιθανότητες να πεθάνει από το άτομο που χτυπήθηκε από αυτοκίνητο που ταξίδευε με 30 χιλιόμετρα ανά ώρα (20mph). Ο κίνδυνος θανάτου σε κάθε ταχύτητα είναι υψηλότερη για τους ηλικιωμένους πεζούς και πεζούς χτυπημένο από φορτηγά και άλλα μεγάλα οχήματα.

Επομένως, η ταχύτητα του οχήματος αυξάνει την πιθανότητα ατυχήματος, την σοβαρότητα του και μειώνει την ικανότητα των οδηγών να αναγνωρίσουν και να αποφύγουν πιθανές συγκρούσεις. Για αυτό το λόγο, η **μείωση των ορίων ταχύτητας βελτιώνει τα επίπεδα ασφάλειας** για όλους τους χρήστες ενός αστικού δικτύου.

1.1.2 Επιπτώσεις της ταχύτητας στο περιβάλλον

Εκτός από τον αντίκτυπό της στα οδικά ατυχήματα, η ταχύτητα έχει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Σχετίζεται έντονα με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως CO₂) και τοπικών ρύπων (CO, NO_x, PM), καθώς και με την κατανάλωση καυσίμου.

Οι διαδικασίες παραγωγής ρύπων είναι πολύπλοκες και ποικίλλουν εντός των οχημάτων καθώς και μεταξύ των οχημάτων ταξινόμησης και διαφορετικών τεχνολογιών κινητήρων. Τα οξειδία του αζώτου (**NO_x**) παράγονται ιδιαίτερα σε υψηλά επίπεδα θερμοκρασιών λειτουργίας του κινητήρα (π.χ. σταθερή οδήγηση με υψηλή ταχύτητα) και η **μείωση της ταχύτητας** οδηγεί σε σημαντική **μείωση** αυτών των **εκπομπών**.

Το διοξείδιο του άνθρακα (**CO₂**) παράγεται **αναλογικά με την κατανάλωση καυσίμου**, και επομένως είναι επίσης άμεσα συνδεδεμένο με την **ταχύτητα**. Σε συνθήκες χωρίς συμφόρηση, η κατανάλωση καυσίμου – και κατά συνέπεια εκπομπές CO₂ αυξάνεται με την αύξηση της ταχύτητας. Σε τέτοιες συνθήκες, η μείωση της ταχύτητας από υψηλά επίπεδα οδηγεί σε μειωμένο καύσιμο. Επίσης, η ταχύτητα έχει σημαντική επίδραση στον εξωτερικό θόρυβο που εκπέμπει ένα όχημα. Διατηρώντας χαμηλότερη ταχύτητα, το αποτέλεσμα είναι χαμηλότερο επίπεδο θορύβου.

Οι πολιτικές και πρακτικές που σχετίζονται με τις μεταφορές επηρεάζουν την υγεία μέσω των συγκρούσεων, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ηχορύπανσης και της αντιληπτής έλλειψης ασφάλειας. Επομένως, οι ενέργειες που σχετίζονται με την μείωση της ταχύτητας στο αστικό δίκτυο προσφέρουν αρκετά οφέλη για τη δημόσια υγεία. Αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν τη μείωση του κινδύνου τροχαίων συγκρούσεων και της επακόλουθης σοβαρότητας τραυματισμών, ενθάρρυνση μεγαλύτερη πρόσληψη σωματικής δραστηριότητας (μέσω αυξημένου περπατήματος και ποδηλασίας) και κάνοντας τους δρόμους πιο ευχάριστους και άνετους.

1.1.3 Οφέλη από την εφαρμογή του ορίου ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα

Με βάση μια μελέτη από την Βρετανική Ακαδημία (British Academy,2014) παρουσιάζονται ορισμένα από τα οφέλη χάρη στην εφαρμογή της ταχύτητας των 30 χλμ/ώρα που παρουσιάστηκαν σε πόλεις της Αγγλίας.

Αρχικά, τα 30 χλμ/ώρα είναι καλύτερα για τους οδηγούς, καθώς μειώνουν τις αποστάσεις φρεναρίσματος. Τα μικρότερα κενά σημαίνουν ότι περισσότερα οχήματα μπορούν να χρησιμοποιήσουν τον διαθέσιμο χώρο στο δρόμο, μειώνοντας την κυκλοφορία. Επίσης, παρατηρήθηκε πως το φιλτράρισμα στους κόμβους γίνεται ευκολότερο, καθώς είναι πιο εύκολο για τους αυτοκινητιστές να μπουν στην κυκλοφορία ταξιδεύοντας με 30 χλμ/ώρα παρά με 50 χλμ/ώρα. Ταυτόχρονα, η επιλογή οχημάτων μειώνεται, καθώς οι χαμηλότερες ταχύτητες ενθαρρύνουν την ενεργό, βιώσιμη και μαζική επιλογή ταξιδιού. Η ρύπανση μειώθηκε, ενώ σημειώθηκε μείωση στην κατανάλωση βενζίνης. Τα επίπεδα πεζοπορίας και ποδηλασίας αυξήθηκαν έως και 12%, ενώ τα λεωφορεία είχαν πιο αποτελεσματική λειτουργία, καθώς το μειωμένο μήκος των ουρών κυκλοφορίας μείωσε τον χρόνο ταξιδιού με λεωφορείο κάνοντας το πιο αξιόπιστη και ελκυστική επιλογή από αυτή του ιδιωτικού οχήματος. Επιπλέον, μειώθηκε το αίσθημα φόβιας των παιδιών και των ηλικιωμένων κατά την διάσχιση των δρόμων, καθώς τα οχήματα διατηρούσαν χαμηλές σταθερά ταχύτητες. Φυσικά, μειώθηκε ο αριθμός των ατυχημάτων με ελαφριά, σοβαρά τραυματίες και νεκρούς. Τέλος, δημιουργήθηκε ένα περιβάλλον πιο κοινωνικό, ασφαλές και ελκυστικό για κάθε χρήστη της οδού.

1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί **η διερεύνηση της αποδοχής και των ωφελειών από τη μείωση του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα στο αστικό οδικό δίκτυο της Αθήνας.**

Για τον σκοπό αυτό αναπτύχθηκε ερωτηματολόγιο και αναπτύχθηκαν **μαθηματικά μοντέλα**, μέσω των οποίων εντοπίστηκε η επιρροή του χρόνου διαδρομής, της κατανάλωσης καυσίμου και της πιθανότητας οδικού ατυχήματος στην αποδοχή της μείωσης του ορίου ταχύτητας, καθώς επίσης και των χαρακτηριστικών των ερωτηθέντων όπως της ηλικίας, της οδηγικής τους εμπειρίας, κ.ά.

Στη συνέχεια, διερευνήθηκε η κοινωνικοοικονομική απόδοση της εφαρμογής του ορίου ταχύτητας των 30 χλμ/ώρα στην Αθήνα, συνεκτιμώντας τα οικονομικά οφέλη όσον αφορά στον χρόνο διαδρομής, στην κατανάλωση καυσίμου, στην οδική ασφάλεια και στο περιβάλλον καθώς και τα κόστη που προκύπτουν για την υλοποίηση και λειτουργία του νέου ορίου ταχύτητας, με χρονικό ορίζοντα έως το 2030.

Τελικός στόχος είναι τα συμπεράσματα που θα εξαχθούν από αυτή τη Διπλωματική Εργασία να φανούν χρήσιμα στις Αρχές που σχετίζονται με την οδική ασφάλεια και το αστικό οδικό δίκτυο των πόλεων και να αποτελέσουν μια ενδεχόμενη πρόταση προς εφαρμογή στο αστικό δίκτυο της Αθήνας.

1.3 Μεθοδολογία

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογία για την επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε **εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση** ώστε να υπάρξει εξοικείωση με το θέμα της Διπλωματικής Εργασίας μέσα από τη μελέτη αντίστοιχων εργασιών και μελετών σε διεθνές επίπεδο. Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση διερευνήθηκε η επιρροή της μείωσης του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα εντός αστικού δικτύου στην κοινωνία και ειδικότερα στους τομείς της οδικής ασφάλειας, της κυκλοφορίας, της κατανάλωσης καυσίμου και του περιβάλλοντος όπως παρατηρήθηκε σε διάφορες πόλεις που έχουν εφαρμόσει το εν λόγω μέτρο.

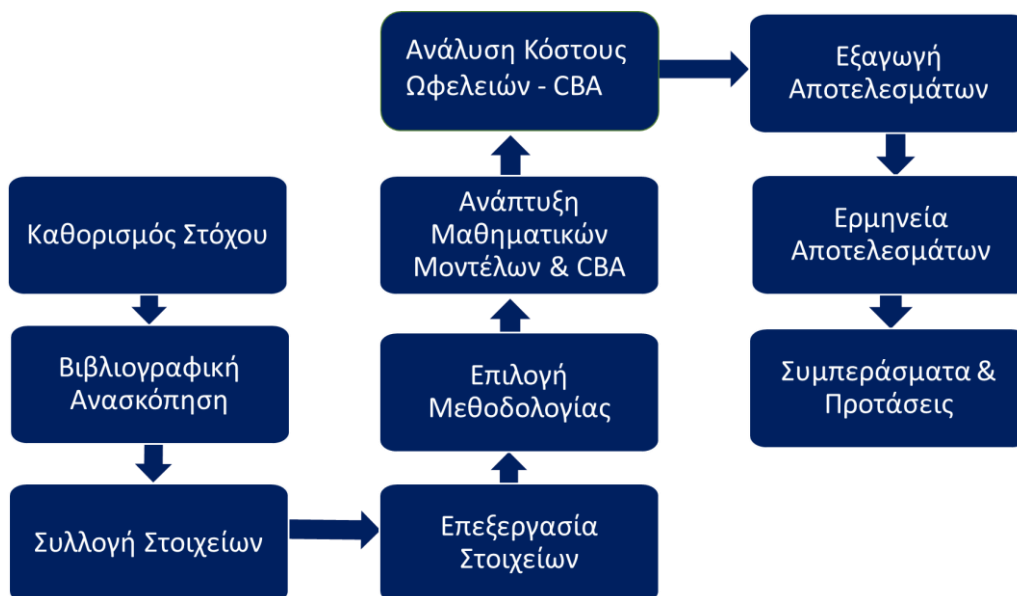
Έπειτα, αναπτύχθηκε κατάλληλο **ερωτηματολόγιο**, για τη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων για τη διερεύνηση της αποδοχής του ορίου ταχύτητας 30 χλμ/ώρα στο κέντρο της Αθήνας. Το ερωτηματολόγιο είναι βασισμένο στη μέθοδο δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference), η οποία χρησιμοποιείται έντονα σε συγκοινωνιακές μελέτες. Μέσα από μια σειρά σύντομων ερωτήσεων και δέκα σεναρίων με τρεις εναλλακτικές προτάσεις συμπεριλαμβανομένης της υφιστάμενης, συγκεντρώθηκαν 408 ερωτηματολόγια. Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσω διαδικτυακής συμπλήρωσης από google forms.

Στη συνέχεια, μετά την ολοκλήρωση της συλλογής των ερωτηματολογίων, τα στοιχεία κωδικοποιήθηκαν κατάλληλα ώστε να αποτελέσουν τη βάση δεδομένων για την ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων μέσω του προγράμματος Python Jupyter. Η **πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (multinomial logistic regression) χρησιμοποιήθηκε για το μέρος των σεναρίων του ερωτηματολογίου, με εξαρτημένη μεταβλητή την επιλογή μια εκ των τριών εναλλακτικών προτάσεων (Μείωσης στα 30 χλμ/ώρα με εξαιρέσεις, μείωσης στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο και καμίας μείωσης) και ανεξάρτητες μεταβλητές το χρόνο διαδρομής, την κατανάλωση καυσίμου και την πιθανότητα οδικού ατυχήματος. Επίσης, εφαρμόστηκε η **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (binary logistic regression), με την οποία βρέθηκαν οι μεταβλητές που επηρεάζουν σημαντικά την αποδοχή στην μείωση στα 30 χλμ/ώρα σε συγκεκριμένους δρόμους και στην μείωση στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας.

Παράλληλα, τα αποτελέσματα που προκύπτουν μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης στη διεθνή εμπειρία του ορίου ταχύτητας 30 χλμ/ώρα, αξιοποιούνται ως παραδοχές και δεδομένα εισόδου στην **κοινωνικοοικονομική ανάλυση**. Πιο συγκεκριμένα διερευνάται η οικονομική απόδοση της εφαρμογής του ορίου ταχύτητας των 30 χλμ/ώρα στο κέντρο της Αθήνας, εκτιμώντας τα κοινωνικοοικονομικά οφέλη που προκύπτουν όσον αφορά τον χρόνο διαδρομής, την κατανάλωση καυσίμου, την οδική ασφάλεια και το περιβάλλον καθώς και τα κόστη που προκύπτουν για την υλοποίηση και λειτουργία του νέου ορίου ταχύτητας, έως το 2030.

Με βάση τα στατιστικά μοντέλα διερεύνησης της αποδοχής της μείωσης του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα στην Αθήνα και την κοινωνικοοικονομική ανάλυση ακολούθησε η διαδικασία **αξιολόγησης** και **ερμηνείας** των αποτελεσμάτων. Με αυτόν τον τρόπο εξήχθησαν τα **συμπεράσματα** για τον βαθμό επιρροής της εκάστοτε μεταβλητής στην επιλογή μιας εκ των τριών εναλλακτικών και για τον βαθμού αποτελεσματικότητας της αλλαγής του ορίου ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα.

Εικόνα 1: Διάγραμμα ροής των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας



1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζεται η δομή της Διπλωματικής Εργασίας μέσω της συνοπτικής αναφοράς του περιεχομένου του εκάστοτε κεφαλαίου της.

Στο **κεφάλαιο 1** γίνεται η εισαγωγή στην έννοια και στην σημασία της ταχύτητας στη σημερινή κοινωνία. Παρουσιάζεται η άρρηκτα συνδεδεμένη σχέση της ταχύτητας με την πιθανότητα οδικών συγκρούσεων και την σοβαρότητα των ατυχημάτων που μπορεί να προκληθούν, καθώς επίσης και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από την υφιστάμενη ταχύτητα ενός αστικού δικτύου. Επίσης, καταγράφονται τα οφέλη της εφαρμογής του ορίου των 30 χλμ/ώρα με βάση τις βιβλιογραφικές αναφορές από την θεσμοθέτηση του σε ορισμένες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Έπειτα, περιγράφεται το αντικείμενο και ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και η σύνοψη της δομής της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **κεφάλαιο 2**, παρατίθενται τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από την εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών με παρεμφερές αντικείμενο και αναφέρεται η ιστορική σημασία και η αξία της μεθόδου της ανάλυσης κόστους ωφελειών στον τομέα των μεταφορών με βάση άλλες έρευνες. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 2 αποτελούν τα δεδομένα για την ανάλυση κόστους ωφελειών. Τέλος, καταγράφονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών, τα οποία αξιολογούνται με βάση τη συμβολή τους στο αντικείμενο και τη μεθοδολογία της παρούσας έρευνας.

Στο **κεφάλαιο 3**, το οποίο αποτελεί το θεωρητικό υπόβαθρο γίνεται ανάλυση της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε στη Διπλωματική Εργασία και ειδικότερα της μεθόδου δεδηλωμένης προτίμησης. Στη συνέχεια πραγματοποιείται ανάλυση των στατιστικών μοντέλων που επιλέχθηκαν για να υποστηρίξουν την μεθοδολογία, καθώς και οι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβάλλονται.

Στο **κεφάλαιο 4**, καταγράφεται η διαδικασία υλοποίησης του ερωτηματολογίου στο οποίο στηρίχτηκε η παρούσα Διπλωματική Εργασία και το οποίο βρίσκεται αναλυτικά στο Παράρτημα Α του τεύχους. Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου απεικονίζονται

σχηματικά με διαγράμματα και τον απαραίτητο σχολιασμό. Επίσης, παρουσιάζεται η κωδικοποίηση των στοιχείων του ερωτηματολογίου και η προετοιμασία τους, ώστε να γίνει δυνατή η χρήση τους από το πρόγραμμα της Python Jupyter.

Στο **κεφάλαιο 5**, αναλύονται τα πέντε τελικά **μαθηματικά μοντέλα** που προέκυψαν από τις δύο στατιστικές μεθόδους που εφαρμόστηκαν, καθώς και τα ενδιάμεσα βήματα που οδήγησαν σε αυτά. Μετά από την αξιολόγησή τους παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα μαθηματικά μοντέλα.

Στο **κεφάλαιο 6**, παρουσιάζεται η κοινωνικοοικονομική ανάλυση που υλοποιήθηκε για την εφαρμογή του ορίου ταχύτητας 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό οδικό δίκτυο της Αθήνας. Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται η εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων στην οδική ασφάλεια, στον χρόνο διαδρομής, στην κατανάλωση καυσίμου και στο περιβάλλον (CO₂, NO_x και PM) και καθώς και του κόστους επένδυσης και λειτουργίας έως το έτος 2030. Μετά τους υπολογισμούς, δημιουργείται ένας συγκεντρωτικός πίνακας που εξάγει τους δείκτες οικονομικής απόδοσης (ENPV, ERR, B/C) με βάση τους οποίους κρίνεται η κοινωνικοοικονομική βιωσιμότητα της εφαρμογής του ορίου ταχύτητας 30 χλμ/ώρα στην Αθήνα.

Στο **κεφάλαιο 7**, παρατίθενται τα συμπεράσματα της Διπλωματικής Εργασίας, ενώ παράλληλα τονίζεται η χρησιμότητά τους. Τέλος, παρουσιάζονται προτάσεις που περιλαμβάνουν τον τρόπο αξιολόγησής των αποτελεσμάτων της έρευνας για την περαιτέρω μελέτη της εφαρμογής του νέου ορίου ταχύτητας στα 30χλμ/ώρα στο αστικό δίκτυο της Αθήνας.

Στο τέλος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας παρατίθενται **οι βιβλιογραφικές αναφορές** και τα **παραρτήματα**, η παρουσίαση των οποίων συμβαδίζει με όλα τα διεθνή πρότυπα (i.e Harvard referencing).

Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της εκπόνησης της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας. Παρακάτω παρουσιάζεται η επιρροή της μείωσης του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα εντός αστικού δικτύου στην κοινωνία και ειδικότερα στους τομείς της οδικής ασφάλειας, της κυκλοφορίας, της κατανάλωσης καυσίμου και του περιβάλλοντος όπως παρατηρήθηκε σε διάφορες πόλεις που έχουν εφαρμόσει το εν λόγω μέτρο. Για τους συγκεκριμένους τομείς που επηρεάζονται άμεσα από την εφαρμογή της μείωσης του ορίου ταχύτητας, υλοποιήθηκε εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση και σύνθεση της διεθνούς εμπειρίας. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης αξιοποιούνται ως παραδοχές και δεδομένα εισόδου (input) στις αναλύσεις που πραγματοποιούνται στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Τέλος, παρουσιάζεται η μέθοδος της ανάλυσης κόστους ωφελειών γνωστή ως CBA-Cost Benefit Analysis, η ιστορική της σημασία και η αξία της μεθόδου στον τομέα των μεταφορών που αφορά στην παρούσα Εργασία.

2.2 Οδική ασφάλεια

Η ταχύτητα κυκλοφορίας, είναι ένας βασικός παράγοντας κινδύνου σε συμβάντα οδικής κυκλοφορίας για σύγκρουση και σοβαρότητα τραυματισμού (WHO, 2017).

Συνεπώς, οι **μειώσεις στην ταχύτητα** της κυκλοφορίας μπορούν δυνητικά να προσφέρουν πολλαπλά **οφέλη** για τη δημόσια υγεία. Αυτά περιλαμβάνουν τη μείωση του κινδύνου και τη σοβαρότητα οδικών ατυχημάτων.

Συγκεκριμένα, στο Ηνωμένο Βασίλειο, στις οδούς κατοικημένων περιοχών η εφαρμογή περιορισμών ταχύτητας 20 μίλια/ώρα έχει γίνει ολοένα και πιο συνηθισμένη.

Μια σειρά αποτελεσμάτων προέκυψε από ένα πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε 2 πόλεις της Αγγλίας, το Εδιμβούργο και το Μπέλφαστ, όπου μετά την εφαρμογή του ορίου των 20mph (=32.2 χλμ/ώρα) σε όλο το Εδιμβούργο ο αριθμός των συγκρούσεων σε ένα έτος μειώθηκε κατά 367(μείωση 40%) με 409 λιγότερα θύματα (μείωση 39%) και μείωση θανατηφόρων ατυχημάτων κατά 23%, ενώ στο Μπέλφαστ παρόλο που η μέση ταχύτητα πριν από την παρέμβαση ήταν ήδη κοντά στα 20mph το **ποσοστό θνησιμότητας από τροχαία μειώθηκε κατά 44.3%** (Milton et al., 2021).

Τα βελγικά στοιχεία δείχνουν ότι το 45% όλων των πεζών πεθαίνει κατά τη σύγκρουση του με αυτοκίνητο που ταξιδεύει με 50 χλμ/ώρα, ενώ μόνο το 5% πεθαίνει από χτυπήματα από αυτοκίνητο που κινείται με 30 χλμ/ώρα. Όταν το όριο ταχύτητας **μειωθεί από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα**, ο συνολικός αριθμός **ατυχημάτων μειώνεται** κατά περίπου **20%**, οπότε ο αριθμός των σοβαρών ατυχημάτων μειώνεται ακόμη περισσότερο.

Για παράδειγμα, ο αριθμός των ατόμων που τραυματίστηκαν σοβαρά σε τροχαία ατυχήματα μειώθηκε κατά 72% στη γερμανική πόλη Munster όταν εισήχθη το όριο των 30 χλμ/ώρα. Ενώ μια μείωση της ταχύτητας μόνο κατά 10% έχει ως αποτέλεσμα 30% λιγότερους θανάτους από τροχαία ατυχήματα.

Συγκεκριμένα αναφέρεται πως όσο πιο αργά κινείται ένα αυτοκίνητο, τόσο λιγότερο χώρο χρειάζεται ο οδηγός για να αντιδράσει σε προβλήματα και να φρενάρι. Στα 50 χλμ/ώρα ένα αυτοκίνητο χρειάζεται σχεδόν 28 μέτρα για να σταματήσει, αλλά χρειάζεται λιγότερο από το μισό από αυτό στα 30 χλμ/ώρα, δηλαδή μόνο 13,3 μέτρα (Transport&Environment Factsheet, 2021). Μια συστηματική ανασκόπηση της σχέσης μεταξύ της ταχύτητας πρόσκρουσης και της πιθανότητας θανάτου πεζών κατά τη διάρκεια τροχαίου οχήματος-πεζού διαπίστωσε ότι κατά μέσο όρο, όταν η εκτιμώμενη ταχύτητα πρόσκρουσης αυξάνεται κατά 1 χλμ/ώρα, οι πιθανότητες θανάτου πεζών αυξάνονται κατά 11% (Liraz Fridman et al., 2020).

Το Εγχειρίδιο Ασφάλειας Αυτοκινητοδρόμων αναφέρει ότι το **1 mph μείωση** στις ταχύτητες λειτουργίας μπορεί να **οδηγήσει σε 17% μείωση των θανατηφόρων ατυχημάτων**. Μια ξεχωριστή μελέτη διαπίστωσε ότι μια μείωση 10% στη μέση ταχύτητα είχε ως αποτέλεσμα 19% λιγότερα ατυχήματα τραυματισμών, 27% λιγότερα σοβαρά ατυχήματα και 34% λιγότερα θανατηφόρα ατυχήματα (Christopher Cirns et al., 2020,[Nacto]). Με βάση μια αναφορά όπου παρουσιάζεται ένα σύνολο μελετών που έχουν γίνει στις περιοχές που εφαρμόστηκε η μείωση του ορίου ταχύτητας, αναφέρεται πως η μείωση σε ελαφρά τραυματίες είναι στο 10% (Claire L.Cleland et al,2020). Στην ίδια μελέτη στα σοβαρά και θανατηφόρα ατυχήματα σε έξι πόλεις της Γερμανίας η μείωση είναι στο 21%, ενώ στο Λονδίνο και σε άλλες πόλεις του Ηνωμένου Βασιλείου ανέρχεται στο 24% (Claire L.Cleland et al,2020).

Η ταχύτητα είναι κεντρικός παράγοντας στους θανάτους από τροχαία ατυχήματα. Ερευνητές από το Ασφαλιστικό Ινστιτούτο Αυτοκινητοδρόμων (IIHS) διαπίστωσαν ότι μια αύξηση 5 mph στο μέγιστο όριο ταχύτητας συσχετίστηκε με μια αύξηση 8% στο ποσοστό θνησιμότητας, και αύξηση 3% στα θύματα. Η ταχύτητα του οχήματος τη στιγμή της πρόσκρουσης έχει άμεση συσχέτιση με το αν ένα άτομο θα ζήσει ή θα πεθάνει. Ένα άτομο που χτυπήθηκε από ένα αυτοκίνητο που ταξίδευε με 35 μίλια ανά ώρα έχει πέντε φορές περισσότερες πιθανότητες να πεθάνει από το άτομο που χτυπήθηκε από αυτοκίνητο που ταξίδευε με 20 μίλια ανά ώρα.

Οι υψηλότερες ταχύτητες είναι πιο πιθανό να οδηγήσουν σε ατυχήματα επειδή ο χρόνος που έχει ένας οδηγός για να χτυπήσει τα φρένα ή οι στροφές μειώνονται σε υψηλότερες ταχύτητες, ενώ οι αποστάσεις πέδησης του οχήματος αυξάνονται. Η έρευνα δείχνει επίσης ότι οι οδηγοί έχουν λιγότερη περιφερειακή επίγνωση σε υψηλότερες ταχύτητες και είναι λιγότερο πιθανό να δουν ή να προβλέψουν πιθανές συγκρούσεις όπως άτομα που διασχίζουν το δρόμο ή παιδιά παίζοντας. Ως αποτέλεσμα, τα στοιχεία δείχνουν ότι μικρό-μειώσεις της ταχύτητας έχουν ως αποτέλεσμα μεγάλα κέρδη ασφάλειας.

2.3 Κυκλοφορία

Σχετικά με την οδική κυκλοφορία η ταχύτητα των 30 χλμ/ώρα δεν δημιουργεί περισσότερη κυκλοφοριακή συμφόρηση από μια υψηλή ταχύτητα (Zone 30, Ville de Martigues, 2020). Διατηρώντας μια σταθερή ταχύτητα των 30 χλμ/ώρα παρατηρείται μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου σε ποσοστό 5% έως 30% (Jo Cairns et al., 2014).

Είναι λογική η συσχέτιση της μείωσης του ορίου ταχύτητας με την αύξηση του χρόνου διαδρομής για μια συγκεκριμένη απόσταση και με το σημαντικό αντίκτυπο που προκαλεί στην παραγωγικότητα του δικτύου (Persico 2018). Πολλοί άνθρωποι υπερεκτιμούν λανθασμένα τον αντίκτυπο αυτής της αλλαγής με βάση τη σχετική αλλαγή των ορίων ταχύτητας (π.χ. μείωση 20% στο δηλωμένο όριο ταχύτητας θεωρείται ότι οδηγεί σε αύξηση 20% στον χρόνο ταξιδιού) (Persico 2018).

Με βάση μια μελέτη (Rowland & McLeod 2017) διερευνήθηκε η εξοικονόμηση χρόνου ταξιδιού για τους οδηγούς της Νέας Ζηλανδίας σχετικά με την συμπεριφορά τους απέναντι στην υπερβολική ταχύτητα. Ενώ ορισμένοι οδηγοί που ερωτήθηκαν επέλεξαν να αυξήσουν ταχύτητα ώστε να εξοικονομήσουν χρόνο, οι περισσότεροι οδηγοί επέλεξαν να μην επιταχύνουν κυρίως λόγω του κινδύνου ασφάλειας και των κυρώσεων σε περίπτωση που πιαστούν.

Είναι ενδιαφέρον ότι οι ερωτηθέντες έτειναν να υπερεκτιμούν την εξοικονόμηση χρόνου σε υψηλές ταχύτητες και να υποτιμούν την εξοικονόμηση χρόνου σε χαμηλότερες ταχύτητες. Το σκεπτικό πίσω από το γιατί οι πραγματικές διαφορές χρόνου γενικά υπερεκτιμώνται οφείλεται στο περιορισμένο χρονικό διάστημα που συνήθως μπορεί κανείς να ταξιδέψει με τη θεωρητική μέγιστη ταχύτητα. Αυτές οι καθυστερήσεις μπορεί να προκύψουν από γεωμετρικούς περιορισμούς του δρόμου (π.χ. σφιχτές οριζόντιες στροφές), άλλη κυκλοφορία (π.χ. αστική κυκλοφοριακή συμφόρηση), σημειακοί περιορισμοί (π.χ. διασταυρώσεις, σιδηροδρομικές διαβάσεις) ή περιορισμοί τμημάτων (π.χ. οδικά έργα, πόλεις χαμηλότερης ταχύτητας κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού). Λόγω της εμπειρίας του ταξιδιού των οδηγών σε τμήματα του δρόμου με χαμηλότερες ταχύτητες, δημιουργείται η εντύπωση πως χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να ταξιδέψουν και έτσι οδηγοί υπερεκτιμούν τον συνολικό χρόνο διαδρομής διατηρώντας μια χαμηλότερη ταχύτητα (Glen Koorey, Transportation Group 2019 Conference).

Συγκεκριμένα, η εκτιμώμενη **αύξηση** σε κατοικημένες περιοχές ανέρχεται **στο 3% και στο 5%** στο κέντρο των πόλεων, **αυξάνοντας** ουσιαστικά **από μισό έως λιγότερο από ένα λεπτό** το χρόνο διαδρομής για απόσταση από 1,6 χιλιόμετρα (2 μίλια) και 8 χιλιόμετρα (5 μίλια) αντιστοίχως (Alan Rehfisch et al., 2019). Με βάση μια ακόμη μελέτη που διεξήχθη από το Πανεπιστήμιο Μονάς της Μελβούρνης για την πόλη Γιάρρα όπου έχει εφαρμοστεί το όριο των 30 χλμ/ώρα αναφέρεται πως υπάρχει 1% μείωση της ταχύτητας για το χρόνο διαδρομής (Brian Fildes et al, 2017).

Συμπεραίνεται ότι η μείωση των ορίων ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα στις αστικές περιοχές οδηγεί σε **ελάχιστη αύξηση του χρόνου διαδρομής**, ενώ σε συνθήκες σταθερής κυκλοφοριακής ροής μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερες συνθήκες κυκλοφοριακής ροής και μείωση του χρόνου διαδρομής (OECD/ECMT Transport Research Centre, 2006).

2.4 Κατανάλωση Καυσίμου

Σε μια περιοχή όπου η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα περιορίζεται στα 30 χλμ/ώρα, υιοθετώντας με αυτό τον τρόπο ομαλές κυκλοφοριακές συνθήκες, τα οχήματά της αντιστοιχίζονται σε **χαμηλότερες επιταχύνσεις** και δυναμική οδήγηση και συνεπώς σε **χαμηλότερες εκπομπές ρύπων και κατανάλωση καυσίμου έως 10%** (J Van Mirelo et al., 2004).

Πολλοί άνθρωποι υποθέτουν ότι σε χαμηλότερες ταχύτητες χρησιμοποιείται επιπλέον καύσιμο και δημιουργείται περισσότερη ρύπανση. Στην πραγματικότητα ισχύει το αντίστροφο (Road Safety Factsheet, 2020). Όταν εισήχθησαν οι ζώνες 30 χλμ/ώρα (18,6 mph) στη Γερμανία, οι οδηγοί αυτοκινήτων άλλαξαν ταχύτητα 12% λιγότερο συχνά, φρέναραν 14% λιγότερο συχνά και απαιτούσαν 12% λιγότερο καύσιμο (Hass-Klau, C, 1991). Η επιλογή της ταχύτητας και του στυλ οδήγησης, όχι ο αριθμός στην πινακίδα ορίου ταχύτητας, επηρεάζουν περισσότερο τη χρήση καυσίμου (Newman et al., 1992). Η καθοδήγηση του Τομέα των Μεταφορών του Ηνωμένου Βασιλείου αναφέρει, "Γενικά, η οδήγηση πιο αργά με σταθερό ρυθμό εξοικονομεί καύσιμα και εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, εκτός εάν χρησιμοποιείται άσκοπα χαμηλή ταχύτητα".

Οι περισσότερες πόλεις της ηπειρωτικής Ευρώπης έχουν θέσει ένα όριο ταχύτητας 18,6 μίλια/ώρα (30 χλμ/ώρα) που υποστηρίζει την οδική ασφάλεια και τις βιώσιμες μεταφορές. Οι αποστάσεις που οι οδηγοί μπορούσαν νόμιμα και με ασφάλεια να διανύουν με 30 χλμ/ώρα περιορίζονται από φανάρια, διαβάσεις, κυκλοφοριακή συμφόρηση, διασταυρώσεις και αριθμούς πεζών και ποδηλατών. Επομένως, τα όρια των 30 χλμ/ώρα μειώνουν την περιττή επιτάχυνση και το φρενάρισμα και βελτιώνουν τη ροή της κυκλοφορίας.

2.5 Περιβάλλον

Μια έκθεση από το Βέλγιο αναφέρει πως «Είναι απίθανο η επιβολή αυστηρών ορίων ταχύτητας στις αστικές περιοχές να έχει σημαντική επίδραση στις εκπομπές NOx ή CO₂». Η πιθανότητα στροφής σε μη ρυπογόνες λειτουργίες λόγω καλύτερης ασφάλειας φέρνει μειωμένες αναθυμιάσεις. Κάθε ταξίδι που μεταφέρεται από ένα μηχανοκίνητο όχημα έχει κατανάλωση καυσίμου 0mrg και λιγότερο θόρυβο. Επιπλέον, χάρη στη μειωμένη κυκλοφοριακή συμφόρηση εξάγονται λιγότερες εκπομπές από τα κινούμενα οχήματα και με την εφαρμογή χαμηλών ταχυτήτων, δημιουργείται σταθερή ροή κυκλοφορίας χωρίς μεγάλη στάση και εκκίνηση διατηρώντας τις εκπομπές σε χαμηλά επίπεδα (Road Safety Factsheet,2020).

Μέσω αξιολόγησης της ποιότητας του αέρα, μετά την εφαρμογή του ορίου των 30 χλμ/ώρα σε συγκεκριμένες τοποθεσίες της πόλης του Βερολίνου, παρατηρήθηκε **μείωση 10% στο διοξείδιο του αζώτου** (Air Quality in the Capital, Berlin.de, 2018). Συγκεκριμένα, αναφορικά με τα πετρελαιοκίνητα οχήματα παρατηρείται **μείωση στους ρύπους PM** σε ποσοστό **8.3%** και στα ντιζελοκίνητα 8.2%, ενώ για τα **NOx** στα πετρελαιοκίνητα παρατηρείται αύξηση 7.9% και στα ντιζελοκίνητα **μείωση 8.2%** (Alan Rehfisch et al., 2019).

Όσον αφορά τους εκπεμπόμενους ρύπους του **CO₂** παρατηρείται **μείωση 12%** των εκπομπών τους, καθώς μειώνεται η ταχύτητα, αναπτύσσονται πιο σταθερές ταχύτητες οδήγησης χωρίς απότομες επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, φρεναρίσματα και προκαλείται μικρή μετατόπιση της κυκλοφορίας (Alan Rehfisch et al., 2019). Με βάση μια αναφορά για το Βέλγιο, αναφέρεται όμως πως η μεταβολή των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα είναι μηδενική (Luc LR Int Panis, Steven Broekx, 2006).

Ο θόρυβος της κυκλοφορίας είναι τόσο ενοχλητικός όσο και εξαιρετικά επιβλαβής για την υγεία των ανθρώπων, γεγονός που τεκμηριώνεται καλά από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας. Το όριο αστικής ταχύτητας 30 χλμ/ώρα κάνει τους δρόμους πιο ήσυχους, **μειώνοντας τον θόρυβο κατά 3 ντεσιμπέλ**. Αυτό είναι περίπου το ήμισυ της πηγής του θορύβου από την κυκλοφορία: δέκα αυτοκίνητα που ταξιδεύουν με 30 χλμ/ώρα κάνουν τόσο θόρυβο όσο μόνο πέντε αυτοκίνητα με 50 χλμ/ώρα(Transport&Environment Factsheet, 2021). Συγκεκριμένα, μέσω της μείωσης της ταχύτητας από τα 50 χλμ/ώρα στα 30 χλμ/ώρα παρατηρείται μείωση από 2 έως 4 db ανάλογα με την επιφάνεια του δρόμου (Victor Desarnaulds et al., 2004).

2.6 Ανάλυση Κόστους Ωφελειών

Η Ανάλυση Κόστους Ωφελειών (Cost Benefit Analysis) αποτελεί ένα αναλυτικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση μιας επενδυτικής απόφασης, έτσι

ώστε να διερευνηθεί η αλλαγή ευημερίας (welfare change) που προκύπτει χάρη στο έργο. Σκοπός της CBA είναι να διευκολύνει την αποτελεσματικότερη κατανομή των πόρων, αποδεικνύοντας την ευκολία για την κοινωνία μιας συγκεκριμένης παρέμβασης και όχι μόνο δυνατών θεωρητικά εναλλακτικών (Thiedig, 2018).

Απαιτείται ρητά, μεταξύ άλλων στοιχείων, ως βάση για τη λήψη αποφάσεων σε επιχειρήσεις, κυβερνήσεις και στη συγχρηματοδότηση μεγάλων έργων. Συνήθως, οι επιχειρήσεις εξετάζουν κυρίως το κόστος και τα οφέλη τους, ενώ για ζητήματα κυβερνητικών αποφάσεων μπορεί να εξετάσει θετικές και αρνητικές επιπτώσεις για πολλούς (ή όλους) ανθρώπους και επιχειρήσεις στη δική τους δικαιοδοσία (Koorpmans et al. 2020). Μέσα από την συγκεκριμένη συστηματική διαδικασία, ο αναλυτής κόστους-οφέλους είναι αναγκαίο να αθροίσει όλες τις πιθανές ανταμοιβές που αναμένονται από μια κατάσταση ή ενέργεια και στη συνέχεια να αφαιρέσει το συνολικό κόστος που σχετίζεται με τη λήψη αυτής της ενέργειας. Η CBA μπορεί επίσης να περιλαμβάνει άυλα οφέλη και κόστη ή αποτελέσματα από μια απόφαση, όπως τον ηθικό των εργαζομένων και την ικανοποίηση των πελατών (Adam Hayes, August 2021).

Ουσιαστικά, με την ανάλυση κόστους-οφέλους (CBA), μπορεί κανείς να υπολογίζει την **κοινωνική αξία ενός έργου** με την ποσοτικοποίηση των κοινωνικών επιπτώσεων του έργου και ανάγοντας το κόστος και τα οφέλη συγκρίσιμα σε χρηματικούς όρους (Carl Koorpmans & Niek Mouter, September 2020).

2.6.1 Ιστορικό της CBA

Μια συστηματική διαδικασία για τη λήψη αποφάσεων περιγράφηκε τον 18ο αιώνα από τον Benjamin Φραγκλίνος (1772). Έκανε μια λίστα με τα πλεονεκτήματα και μια λίστα με τα μειονεκτήματα, και στη συνέχεια ξεχώρισε τα υπέρ και τα κατά ίσης σημασίας. Μερικές φορές αυτό θα σήμαινε τον διαχωρισμό δύο ή τριών πλεονεκτημάτων έναντι ενός μειονεκτήματος (ή αντιστρόφως). Στο τέλος, μένουν μόνο τα υπέρ ή τα κατά και η καλύτερη επιλογή είναι ξεκάθαρη.

Σε μια τέτοια ορθολογιστική διαδικασία λήψης αποφάσεων, ο καθορισμός της σχετικής σημασίας των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων είναι καθοριστικής σημασίας. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να γίνει αυτό, οι περισσότεροι από τους οποίους εμπίπτουν σε δύο βασικούς τύπους: ανάλυση πολλαπλών κριτηρίων (MCA) και CBA. Και οι δύο μέθοδοι λειτουργούν με την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων και την επιλογή βάρη («Αλγεβρικές ποσότητες» του Franklin) για κάθε κρούση. Στο MCA επιλέγονται τα βάρη από τον αναλυτή, πολιτικούς, δημόσιους υπαλλήλους ή άλλους. Στο CBA, προτιμήσεις μεμονωμένων πολιτών αποτελούν τη βάση της αξιολόγησης (Sen, 1979). Ο Franklin εφαρμόζει απλοποιημένο MCA προσδιορίζοντας τη σημασία των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων ο ίδιος, χωρίς αριθμούς. Στο CBA, η σημασία των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων ενός έργου καθορίζονται από τον αριθμό των ευρώ της κοινωνίας (άνθρωποι και επιχειρήσεις μιας χώρας ή του κόσμου) που προθυμοποιείται να πληρώσει για αυτές τις επιπτώσεις.

2.6.2 CBA στον τομέα των Μεταφορών

Ο χρόνος διαδρομής, οι ελαφρά, σοβαροί τραυματισμοί και θάνατοι, οι εκπομπές CO₂, NO_x, PM και ο κυκλοφοριακός θόρυβος είναι μερικοί από τους παράγοντες που χρησιμοποιούνται συχνότερα στην πρακτική της CBA για τη δημιουργία εσόδων από **το κόστος και τα οφέλη που συναντώνται συχνά σε CBA έργων μεταφορών**.

Η CBA μεταφορών είναι ικανή να αναγνωρίσει ήδη τη σημασία του πλαισίου χρησιμοποιώντας διαφορετικά πρότυπα-αριθμούς για την αποτίμηση της εξοικονόμησης χρόνου ταξιδιού σε διαφορετικά πλαίσια (Mouter, 2015). Για παράδειγμα, στην Ολλανδία η αξία της εξοικονόμησης χρόνου ταξιδιού για επαγγελματικά ταξίδια διαφέρει από την αξία του χρόνου για μετακινήσεις και ταξίδια αναψυχής (KiM, 2013).

Ωστόσο, ίσως η πιο σχετικά συμφραζόμενη μεταβλητή που αγνοείται στο τυπικό CBA είναι το γεγονός ότι τα έργα αξιολογούνται σε μη αντιπροσωπευτικό πλαίσιο (π.χ. Ackerman και Heinzerling, 2004·Sen, 1995, 2000). Για παράδειγμα, η αξία που αποδίδουν οι μετακινούμενοι στον χρόνο ταξιδιού συνάγεται από την αξία που αποδίδουν σε αυτόν. Ως εκ τούτου, η εξοικονόμηση χρόνου ταξιδιού αξιολογείται σε άλλο πλαίσιο από αυτό στο οποίο συμβαίνουν πραγματικά αυτά τα οφέλη (Mouter and Chorus, 2016).

Οι επιπτώσεις ενός κυβερνητικού έργου μέσω της παρατήρησης των καταναλωτικών επιλογών τους αγνοούν ότι οι άνθρωποι μπορούν να δώσουν μια αξία στον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται οι συλλογικές αποφάσεις (Weimer, 2017, Mouter et al. 2019) υποστηρίζουν ότι αυτή η κριτική μπορεί να αμβλυθεί μέσω της διεξαγωγής πειραμάτων αποτίμησης στο οποίο οι ερωτηθέντες λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με το πλαίσιο στο οποίο θα πραγματοποιηθούν πραγματικά οι επιπτώσεις. Εμπειρική έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε μεταφορικό έργο δείχνει πράγματι ότι τα άτομα κάνουν ουσιαστικά διαφορετικές επιλογές όταν το κάνουν στα πλαίσια κυβερνητικής απόφασης, εφόσον ενημερώνονται για τις συνολικές επιπτώσεις σε σύγκριση με ένα πλαίσιο στο οποίο κάνουν μια επιλογή ιδιωτικού καταναλωτή (Mouter et al., 2017).

2.7 Σύνοψη αποτελεσμάτων βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Όπως γίνεται αντιληπτό η εφαρμογή ενός νέου ορίου ταχύτητας προκαλεί επιπτώσεις σε διαφορετικούς τομείς. Τα παραπάνω αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης θα αξιοποιηθούν για την ανάλυση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 1 που ακολουθεί (Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός βιβλιογραφικός πίνακας). Κατά αυτό τον τρόπο προκύπτει στον τομέα της οδικής ασφάλειας, η μέση μείωση των ελαφρών ατυχημάτων στο 8% (μέγιστη μείωση που έχει καταγραφεί 10% και ελάχιστη 6%), των σοβαρών ατυχημάτων στο 29% (μέγιστη μείωση 42% και ελάχιστη 21%) και των νεκρών η μείωση ανέρχεται στο 29% (μέγιστη 44%, ελάχιστη 21%).

Οι επιπτώσεις στον κυκλοφοριακό τομέα σχετίζονται με την αύξηση του χρόνου διαδρομής και την μείωση της κατανάλωσης καυσίμου. Η μέση αύξηση που υπολογίζεται για τον χρόνο διαδρομής ανέρχεται στο 3% του χρόνου, καθώς η μέγιστη που έχει καταγραφεί είναι 5%, ενώ η ελάχιστη 1%. Σχετικά, με την κατανάλωση καυσίμου η μέση μείωση ισούται με την τιμή 11%, όταν η μέγιστη που έχει σημειωθεί είναι 12% (Γερμανία, Ουαλία) και η ελάχιστη 10% (Βέλγιο).

Τέλος, η επίδραση του νέου μέτρου προκαλεί αλλαγές στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα συμβάλλει στην μείωση του φαινομένου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, και συγκεκριμένα των εκπομπών NOx και PM όπου σημειώνεται μείωση 8,3% και 8,2% αντίστοιχα. Ταυτόχρονα όπως παρουσιάστηκε εκτενέστερα, επιδρά κατασταλτικά στην κλιματική αλλαγή μειώνοντας τις εκπομπές CO2 με μια μέση μείωση 6% και όπως προαναφέρθηκε μειώνει τον κυκλοφοριακό θόρυβο κατά 2,85 decibel.

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός Βιβλιογραφικός Πίνακας

α/α	Αναφορά	Επίπτωση %	Παράμετρος	Πόλη
Κυκλοφορία				
Χρόνος Διαδρομής		Ετήσια Αύξηση		
1	Alan Rehfish,2019	3%	Χρόνος ταξιδιού	Μπρίστολ,Καλντερντέιλ,Εδιμβούργο, Πόρτσμουθ,Γουόρινγκτον (σε κατοικημένες περιοχές)
	Alan Rehfish,2019	5%	Χρόνος ταξιδιού	Μπρίστολ,Καλντερντέιλ,Εδιμβούργο, Πόρτσμουθ,Γουόρινγκτον (στο κέντρο)
2	Brian Fildes et al, 2017	1%	Μέση ταχύτητα (μείωση)	Γιάρρα
	Av	3%		
	Min	1%		
	Max	5%		
Κατανάλωση Καυσίμου		Ετήσια Μείωση		
1	European Federation for Transport and Environment,2001	12%	Καύσιμο	Γερμανία
2	J Van Mierlo et al,2004	10%	Καύσιμο	Βέλγιο(Φλαμανδική Περιοχή)
3	Alan Rehfish,2019	12%	Καύσιμο	Ουαλία
	Av	11%		
	Min	10%		
	Max	12%		
Οδική Ασφάλεια				
Ελαφρά Τραυματίες		Ετήσια Μείωση		
1	Karen Milton et al,2021	6%	Τραυματίες	Μπέλφαστ
2	Claire L.Cleland et al,2020	10%	Ελαφρά τραυματίες	234 treated zones and 2844 potential control zones
	Av	8%		
	Min	6%		
	Max	10%		
Σοβαρά Τραυματίες		Ετήσια Μείωση		
1	Rebecca Steinbach et al,2012	42%	Θάνατοι και Σοβαρά Τραυματίες	400 ζώνες Λονδίνο
2	Claire L.Cleland et al,2020	42%	Θάνατοι και Σοβαρά Τραυματίες	400 ζώνες Λονδίνο
3	Brussels Regional Public Service,2018	30%	Θάνατοι και Σοβαρά Τραυματίες	Βρυξέλλες
4	Claire L.Cleland et al,2020	21%	Θάνατοι και Σοβαρά Τραυματίες	6 πόλεις στην Γερμανία
5	Claire L.Cleland et al,2020	24%	Θάνατοι και Σοβαρά Τραυματίες	234 περιοχές εφαρμογής και 2844 πιθανές ζώνες ελέγχου
	Av	29%		
	Min	21%		
	Max	42%		
Νεκροί		Ετήσια Μείωση		
1	Karen Milton et al,2021	23%	Νεκροί	Εδιμβούργο
2	Karen Milton et al,2021	44%	Νεκροί	Μπέλφαστ
3	Rospa,2020	21%	Νεκροί	Πόρτσμουθ
4	Rebecca Steinbach et al,2012	42%	Θάνατοι και Σοβαρά Τραυματίες	400 ζώνες Λονδίνο
5	Brussels Regional Public Service,2018	30%	Θάνατοι και Σοβαρά Τραυματίες	Βρυξέλλες
6	Claire L.Cleland et al,2020	21%	Θάνατοι και Σοβαρά Τραυματίες	6 πόλεις στην Γερμανία
7	Claire L.Cleland et al,2020	24%	Θάνατοι και Σοβαρά Τραυματίες	234 περιοχές εφαρμογής και 2844 πιθανές ζώνες ελέγχου
	Av	29%		
	Min	21%		
	Max	44%		

Περιβάλλον**Ατμοσφαιρική Ρύπανση PM****Ετήσια Μείωση**

1	Rospa,2020	8%	PM & NOx	Λονδίνο
2	Alan Rehfisch,2019	8,30%	PM	Μπρίστολ,Καλντερντέιλ,Εδιμβούργο, Πόρτσμουθ,Γουόρινγκτον

PM**Av** 8,2%**Min** 8,0%**Max** 8,3%**Ατμοσφαιρική Ρύπανση NO_x****Ετήσια Μείωση**

1	European Federation for Transport and Environment,2001	0%	Nox	Γερμανία
2	Berlin.de,2021	10%	NO2	Βερολίνο
3	Berlin.de,2021	15%	NO2	Βερολίνο
4	Rospa,2020	8%	PM & NOx	Λονδίνο

Av 8,3%**Min** 0,0%**Max** 15,0%**Κλιματική Αλλαγή (CO₂)****Ετήσια Μείωση**

1	Alan Rehfisch,2019	12%	CO2	Ουαλία
2	Luc LR Int Panis et al, 2006	0%	CO2	Βέλγιο

Av 6,0%**Min** 0,0%**Max** 12,0%**Κυκλοφοριακός Θόρυβος****Ετήσια Μείωση (db)**

1	European Federation for Transport and Environment,2001	3	Θόρυβος	Γερμανία
2	Brussels Regional Public Service,2018	2,5	Θόρυβος	Βρυξέλλες
3		3,9		
4	Victor Desarnaulds et al, 2004	2	Θόρυβος	Σουηδία
5		4		

Av 2,85**Min** 2,00**Max** 4,00

Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο στηρίχθηκε η παρούσα Διπλωματική Εργασία. Συγκεκριμένα, θα γίνει αναφορά σε ορισμένες θεμελιώδεις στατιστικές έννοιες και στις δύο βασικές μεθόδους ανάλυσης που αξιοποιήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων, δηλαδή στην πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση (multinomial logistic regression) και στην διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση (binary logistic regression). Τέλος, θα γίνει ανάλυση της μεθόδου με την οποία έγινε η συλλογή των δεδομένων και των κριτηρίων αποδοχής των παραπάνω μεθόδων στατιστικής ανάλυσης.

3.2 Βασικές έννοιες στατιστικής

Το σύνολο του οποίου τα στοιχεία μελετώνται στη στατιστική έρευνα ως προς ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά ονομάζεται πληθυσμός (population). Ένας πληθυσμός είναι ένα σύνολο στοιχείων που είναι τελείως καθορισμένα και μπορεί να είναι πραγματικός ή θεωρητικός. Λόγω αδυναμίας εξέτασης του συνόλου του πληθυσμού, εξετάζεται ένα υποσύνολο το αποκαλούμενο δείγμα και αυτή η διαδικασία ονομάζεται δειγματοληψία ή δημοσκοπήση.

Τα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν να μετρηθούν και να καταγραφούν σε ένα σύνολο ατόμων ορίζονται ως **μεταβλητές (variables)**. Οι μεταβλητές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Οι **ποιοτικές μεταβλητές (qualitative variables)** όπου λαμβάνουν τιμές που κατηγοριοποιούν τον πληθυσμό σε κατηγορίες μη μετρήσιμες, όπως για παράδειγμα το φύλο και στις ποσοτικές μεταβλητές (**quantitative variables**) όπου λαμβάνουν αυστηρά αριθμητικές τιμές και χωρίζονται σε διακριτές όπως ο αριθμός τέκνων σε μια οικογένεια και συνεχείς, όπως ο μισθός. Σε μια διακριτή μεταβλητή η μικρότερη μη μηδενική διαφορά όπου μπορούν να έχουν δύο τιμές είναι σταθερή ποσότητα, ενώ σε μια συνεχή μεταβλητή δύο τιμές μπορούν να διαφέρουν κατά οποιαδήποτε μικρή ποσότητα. Ουσιαστικά, εάν μια μεταβλητή μπορεί να πάρει όλες τις τιμές σε ένα διάστημα θεωρείται συνεχής, διαφορετικά είναι διακριτή.

Για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν δύο αντιστρόφως ανάλογα μέτρα αξιοπιστίας. Το **επίπεδο εμπιστοσύνης** υποδηλώνει το ποσοστό της πιθανότητας να είναι αληθής η εκτίμηση σε ένα καθορισμένο διάστημα εμπιστοσύνης. Η πιο διαδεδομένη χρήση επιπέδου εμπιστοσύνης είναι στο 95 τοις εκατό, κατά το οποίο υπάρχουν 95 τοις εκατό πιθανότητες η εκτίμηση που προέκυψε από την ανάλυση του δείγματος να είναι αξιόπιστη. Το **επίπεδο σημαντικότητας** υποδηλώνει το ποσοστό της πιθανότητας να είναι εσφαλμένη η εκτίμηση, οπότε για επίπεδο σημαντικότητας 5 τοις εκατό, η εκτίμηση μακροπρόθεσμα θα είναι λανθασμένη 5 τοις εκατό των φορές.

Ο **συντελεστής συσχέτισης (correlation coefficient)** ρ εκφράζει τον βαθμό και τον τρόπο που δύο τυχαίες μεταβλητές συσχετίζονται. Οι τιμές που λαμβάνει είναι στο διάστημα $[-1,1]$. Τιμές κοντά στο «1» δηλώνουν ισχυρή θετική συσχέτιση, ενώ τιμές κοντά στο «-1» δηλώνουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση και τιμές κοντά στο 0 δηλώνουν γραμμική ανεξαρτησία μεταξύ των δύο μεταβλητών. Στο μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης που εφαρμόζεται, είναι αναγκαίο οι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές να μην εμφανίζουν συσχέτιση μεταξύ τους (correlation), καθώς αν δύο μεταβλητές είναι

μεταξύ τους συσχετισμένες, έχουν δηλαδή correlation μεγαλύτερο από 0,5 ή -0,5 (στην παρούσα Διπλωματική Εργασία), δυσκολεύει την εύρεση ακρίβειας της επιρροής τους στο μοντέλο.

3.3 Μέθοδοι δεδηλωμένης και αποκαλυπτόμενης προτίμησης

Στα πλαίσια της καταγραφής των απόψεων του κοινού χρησιμοποιούνται ουσιαστικά δύο τεχνικές: η **μέθοδος δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference)** και η **μέθοδος αποκαλυπτόμενης προτίμησης (revealed preference)**.

Η **μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης** χρησιμεύει για την καταγραφή των προτιμήσεων ενός τμήματος του πληθυσμού αναφορικά με κάποιο ζήτημα και την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου για την περιγραφή αυτών των προτιμήσεων. Λειτουργεί βέλτιστα για μια μελλοντική υποθετική κατάσταση, η οποία δεν έχει εφαρμοστεί ακόμη. Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται ευρέως σε συγκοινωνιακές εφαρμογές και συγκεκριμένα σε τομείς αξιολόγησης προτιμήσεων, ανάλυσης ζήτησης, και μελλοντικής πρόβλεψης.

Η πιο διαδεδομένη και εύκολη μέθοδος πλέον για τη συλλογή των στοιχείων είναι το **ερωτηματολόγιο** (Bates,1988). Η διατύπωση, η έκταση και η μορφή του ερωτηματολογίου στηρίζονται στον ερευνητή και πρέπει να συνάδουν με το αντικείμενο και τους στόχους της έρευνας.

Η συγκεκριμένη μέθοδος παρουσιάζει αρκετά **πλεονεκτήματα**. Αρχικά, είναι εύκολο να ελεγχθεί αφού ο ερευνητής είναι εκείνος που ορίζει τις συνθήκες που αξιολογούν οι ερωτηθέντες. Επίσης, είναι αρκετά ευέλικτη, καθώς δίνει την δυνατότητα αντιμετώπισης ενός μεγάλου εύρος μεταβλητών. Τέλος, η εφαρμογή της δεν απαιτεί μεγάλο κόστος, καθώς κάθε άτομο προσφέρει πολλαπλές παρατηρήσεις για παραλλαγές στις επεξηγηματικές μεταβλητές που ενδιαφέρουν τον ερευνητή.

Βέβαια, η μέθοδος δεδηλωμένης προτίμησης χαρακτηρίζεται από ένα σημαντικό **μειονέκτημα**, καθώς είναι πιθανό οι ερωτηθέντες να μην πράξουν αυτό το οποίο δήλωσαν. Για αυτό τον λόγο, τα αποτελέσματα σε έρευνες που στηρίζονται αποκλειστικά στη μέθοδο αυτή πρέπει να αξιολογούνται προσεκτικά. Ωστόσο, οι περισσότερες εφαρμογές της μεθόδου στη συγκοινωνιακή έρευνα έχουν σκοπό την εκτίμηση της σχετικής χρησιμότητας, αντί του υπολογισμού συγκεκριμένων τιμών (Roberts et al,1896). Σε αυτό το πλαίσιο οι μέθοδοι δεδηλωμένες προτίμησης έχουν αποδειχτεί ιδιαίτερα χρήσιμες και υπό αυτές τις συνθήκες, η όποια πιθανότητα για υπό ή υπερεκτιμήσεις δεν είναι σχετική.

Η δεύτερη μέθοδος, η **μέθοδος της αποκαλυπτόμενης προτίμησης** καταγράφει τη συμπεριφορά και την άποψη του κοινού πάνω σε εναλλακτικές επιλογές που εφαρμόζονται ήδη και συνεπώς αποτελεί το καταλληλότερο εργαλείο για την εξαγωγή μοντέλων σχετικά με τη ζήτηση. Η συγκεκριμένη μέθοδος παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα (Kroes & Sheldon,1998). Αρχικά, δεν διαθέτει επαρκή ευελιξία των δεδομένων, κάτι που οδηγεί σε δυσκολία εξέτασης όλων των μεταβλητών που ενδιαφέρουν την έρευνα. Επιπλέον, εμφανίζει συχνά συσχέτιση μεταξύ επεξηγηματικών μεταβλητών, όπως είναι ο χρόνος ταξιδιού και το κόστος, κάτι που καθιστά δύσκολο τον υπολογισμό των συντελεστών του μαθηματικού μοντέλου. Κυρίως όμως, το γεγονός αδυναμίας εφαρμογής της για την εκτίμηση της ζήτησης σε καταστάσεις που δεν υφίστανται, την καθιστά αρκετά δυσπρόσιτη σε μελέτες στον τομέα της συγκοινωνιακής έρευνας.

Για τους παραπάνω λόγους και συγκριτικά με την μέθοδο της αποκαλυπτόμενης προτίμησης, η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης αξιοποιείται κατά κύριο λόγο σε συγκοινωνιακές μελέτες και συγκεκριμένα επιλέχθηκε η χρήση της στα πλαίσια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

3.4 Βασικές Μέθοδοι Στατιστικής Ανάλυσης

Ο κλάδος της στατιστικής που εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να καθίσταται δυνατή η πρόβλεψη της μιας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis). Υπάρχουν δύο τύποι μεταβλητών, η εξαρτημένη και η ανεξάρτητη. Ο όρος εξαρτημένη μεταβλητή αφορά εκείνη την μεταβλητή της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί. Ο όρος ανεξάρτητη μεταβλητή αποδίδεται στην μεταβλητή η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία αλλά «καθοδηγείται» από την εξαρτημένη μεταβλητή. Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μια στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων για την περιγραφή της σχέσης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης.

Οι στατιστικές μέθοδοι που αξιοποιούνται και είναι κατάλληλες για την επεξεργασία στοιχείων που έχουν συλλεχθεί με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Οι μέθοδοι αυτές (Pindyck, Rubinfeld, 1991) είναι η Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression), Πιθανοτική ανάλυση (Probit Analysis), Ανάλυση διακριτότητας (Discriminant Analysis), Λογιστική Παλινδρόμηση (Logistic Regression).

Το αποτέλεσμα της στατιστικής ανάλυσης, μέσω των παραπάνω μεθόδων, είναι η εξαγωγή μαθηματικού προτύπου, η μορφή και το περιεχόμενο του οποίου εξαρτάται από την επιλεγμένη μέθοδο.

3.4.1 Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression)

Στην περίπτωση που η **εξαρτημένη μεταβλητή** είναι **συνεχής** και ακολουθεί **κανονική κατανομή**, τότε γίνεται χρήση της μεθόδου της **γραμμικής παλινδρόμησης**.

Κατά την συγκεκριμένη μέθοδο γίνεται ο υπολογισμός της συνάρτησης χρησιμότητας κάποιου γεγονότος σε σχέση με παράγοντες που το επηρεάζουν καταλήγοντας σε ένα γραμμικό μαθηματικό πρότυπο (Pindyck, Rubinfeld, 1991). Με βάση αυτό το μαθηματικό πρότυπο υπολογίζεται η πιθανότητα πραγματοποίησης του γεγονότος (πρότυπο πρόβλεψης πιθανότητας).

Η **μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων** χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των παραμέτρων στην γραμμική παλινδρόμηση, κατά την οποία το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών των τιμών που έχουν παρατηρηθεί από αυτές που έχουν υπολογιστεί να είναι το ελάχιστο.

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει σε ένα τμήμα διακριτές τιμές Ναι ή Όχι και για αυτό το λόγο δεν μπορεί να χρησιμεύσει το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης στην ανάλυση.

3.4.2 Πιθανοτική Ανάλυση (Probit Analysis)

Το μοντέλο της **πιθανοτικής ανάλυσης** (probit analysis) χρησιμοποιείται όταν η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει **διακριτές** ή **συνεχείς** τιμές. Ο υπολογισμός της συνάρτησης χρησιμότητας, η οποία διέπεται από μια γραμμική σχέση, αλλά και της πιθανότητας πραγματοποιείται με ανάλογο τρόπο όπως στη γραμμική παλινδρόμηση. Για την υλοποίηση της πιθανοτικής ανάλυσης πρέπει να γίνει **ο μετασχηματισμός των ανεξάρτητων μεταβλητών** σε πιθανότητες, με τιμές από 0 έως 1. Ωστόσο, πρέπει να ελεγχθεί η διατήρηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την εξαρτημένη ακόμη και μετά τον μετασχηματισμό.

Λόγω της πολυπλοκότητας της μεθόδου στα πλαίσια της στατιστικής ανάλυσης της έρευνας, δεν αξιοποιείται για την παρούσα Διπλωματική Εργασία.

3.4.3 Ανάλυση Διακριτότητας (Discriminant Analysis)

Η μέθοδος της **ανάλυσης διακριτότητας** είναι μια στατιστική μέθοδος που έχει χρησιμοποιηθεί κατά την εκπόνηση πολλών συγκοινωνιακών μελετών και μπορεί να αξιοποιήσει τα στοιχεία της δεδηλωμένης προτίμησης. Η μέθοδος αυτή κατηγοριοποιεί το δείγμα ανάλογα με κάποια βασικά χαρακτηριστικά του, τα οποία ο ερευνητής έχει καθορίσει. Το αποτέλεσμα της δεν είναι μαθηματικό πρότυπο πρόβλεψης της πιθανότητας να συμβεί ή όχι ένα συγκεκριμένο γεγονός. Αυτό που κάνει είναι να συγκροτεί μαθηματικό πρότυπο πρόβλεψης των καθορισμένων κατηγοριών που ανήκει ένα άτομο με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Παρόμοιοι τύπου αποτελεσμάτων εξάγονται με τη χρήση των ομοειδών μεθόδων, όπως η **ανάλυση παραγόντων** (factor analysis) και η **ανάλυση ομαδοποίησης** (cluster analysis).

Η ο σκοπός της συγκεκριμένης μεθόδου δεν εντάσσεται στον σκοπό της Διπλωματικής Εργασίας και για αυτό το λόγο κρίνεται ακατάλληλη προς χρήση.

3.4.4 Λογιστική Παλινδρόμηση (Logistic Regression)

Σε αντίθεση με το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης, όπου η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής, το μοντέλο **λογιστικής παλινδρόμησης** (logistic regression) χρησιμοποιείται στην περίπτωση που η **εξαρτημένη μεταβλητή** είναι **διακριτή** (όπως για παράδειγμα η επιλογή της μείωσης της ταχύτητας στα 30χλμ/ώρα στο αστικό οδικό δίκτυο της Αθήνας). Με τη λογιστική παλινδρόμηση αναπτύσσεται ένα μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης της πιθανότητας επιλογής ενός εναλλακτικού σεναρίου και εκφράζεται ο τρόπος και το μέγεθος της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην επιλογή αυτή. Η χρήση της μεθόδου είναι αρκετά διαδεδομένη σε συγκοινωνιακές έρευνες, στις οποίες ζητείται η πρόβλεψη της επιρροής ορισμένων χαρακτηριστικών στην επιλογή ενός γεγονότος.

Για αυτό το λόγο και σε σύγκριση με τις προηγούμενες μεθόδους, στην συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία γίνεται χρήση της μεθόδου της λογιστικής παλινδρόμησης για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, με σκοπό την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης της επιλογής του κοινού.

3.5 Λογιστική Παλινδρόμηση

Το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στην ανάπτυξη του διωνυμικού μοντέλου πρόβλεψης (binary model), όπου τα πιθανά

ενδεχόμενα είναι δύο, όσο και για την ανάπτυξη προτύπου με περισσότερες εναλλακτικές επιλογές- πολυωνυμικού μοντέλου πρόβλεψης (multinomial model). Η λειτουργία της μεθόδου είναι ίδια και για τις δύο περιπτώσεις.

Στη συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία με το διωνυμικό μοντέλο αναλύονται οι ερωτήσεις:

«Συμφωνείτε με τη μείωση του ορίου ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας, εκτός από κεντρικούς δρόμους;» και «Συμφωνείτε με τη μείωση του ορίου ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας;», με απαντήσεις «Ναι» ή «Όχι» και με το πολυωνυμικό πρότυπο αναλύονται τα σενάρια, όπου οι επιλογές είναι : «Μείωση σε 30 χλμ/ώρα με εξαιρέσεις», «Μείωση σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο», «Καμία Μείωση».

Με βάση το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης αναπτύσσεται ένα μαθηματικό πρότυπο που δίνει μια γραμμική συνάρτηση χρησιμότητας του εν λόγω γεγονότος σε σχέση με τα χαρακτηριστικά που το επηρεάζουν. Έπειτα, μέσω κατάλληλου μετασχηματισμού υπολογίζεται η πιθανότητα πραγματοποίησης αυτού του γεγονότος.

Η συνάρτηση χρησιμότητας της λογιστικής παλινδρόμησης δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$U_i = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n$$

Όπου:

- U_i , η συνάρτηση χρησιμότητας του γεγονότος i
- $x_1 \dots x_n$, οι μεταβλητές του προβλήματος
- α_0 , ο σταθερός όρος ο οποίος δείχνει την επίδραση όλων εκείνων των παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή και δεν έχουν συμπεριληφθεί ως μεταβλητές στο μαθηματικό πρότυπο.
- $\alpha_1 \dots \alpha_n$, οι συντελεστές των μεταβλητών

Η πιθανότητα να πραγματοποιηθεί το γεγονός i δίνεται από τη σχέση:

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{1 + e^{U_i}}$$

Εύκολα προκύπτει ότι η πιθανότητα να μην πραγματοποιηθεί το γεγονός i δίνεται από τη σχέση $1 - P_i$.

Μια άλλη έννοια που αξίζει να αναλυθεί είναι αυτή του **λόγου πιθανοτήτων (odds ratio)**. Πρόκειται για ένα κλάσμα στον αριθμητή του οποίου βρίσκεται η πιθανότητα να συμβεί το γεγονός και στον παρονομαστή η πιθανότητα να μην συμβεί. Αν, λοιπόν, P ορίσουμε την πιθανότητα να συμβεί το γεγονός και $1 - P$ την πιθανότητα να μην συμβεί, τότε η αναλογία είναι $P/(1 - P)$. Αυτός ο λόγος χρησιμοποιείται κυρίως στη λογαριθμική της μορφή ως εξής:

$$\text{logit}(P) = \log_e \frac{P}{1 - P} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n$$

Για παράδειγμα, τα odds να προκύψει 'κορώνα' στο ρίξιμο ενός νομίσματος είναι $0.5/0.5=1$, αφού η πιθανότητα να έρθει 'κορώνα' είναι 50 τοις εκατό και η πιθανότητα να μην έρθει 'κορώνα' είναι 50 τοις εκατό. Γενικά ισχύει πως όταν $\text{odds} > 1$ οι πιθανότητες αυξάνονται, ενώ όταν $\text{odds} < 1$ οι πιθανότητες μειώνονται.

3.6 Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου

Για την αξιολόγηση ενός μαθηματικού προτύπου υπάρχουν ορισμένα κριτήρια όπως τα πρόσημα, οι τιμές των συντελεστών βί της εκάστοτε εξίσωσης, η στατιστική σημαντικότητα, η ποιότητα του μοντέλου, καθώς και το σφάλμα της εξίσωσης.

3.6.1 Συντελεστές Εξίσωσης

Σχετικά με τους **συντελεστές της εξίσωσης** της λογιστικής παλινδρόμησης ως κριτήριο αποδοχής του μοντέλου απαιτείται λογική ερμηνεία των **προσήμων** τους. Αρχικά, εξετάζεται το πρόσημο. Θετικό πρόσημο του συντελεστή βί συνεπάγεται αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντιθέτως, αρνητικό πρόσημο δηλώνει μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Στη συνέχεια, θα πρέπει να ερμηνεύεται λογικά και **η τιμή του συντελεστή**, καθώς αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής (x_i) κατά μία μονάδα οδηγεί σε αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής κατά βί μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά τότε αναφερόμαστε στην ελαστικότητα (elasticity).

3.6.2 Ελαστικότητα

Η ελαστικότητα αποτελεί δείκτη ο οποίος υποδεικνύει την ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής Y στη μεταβολή μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Θεωρείται πιο σωστό να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί 1% μεταβολή της ανεξάρτητης. Για γραμμικά μοντέλα και **συνεχείς μεταβλητές** η ελαστικότητα εκφράζεται ως εξής:

$$ei = (\Delta Yi / \Delta Xi) * (Xi / Yi) = \beta i * (Xi / Yi)$$

$$ei = \frac{\Delta Yi}{\Delta Xi} * \frac{Xi}{Y} i = \beta i * \frac{Xi}{Y} i$$

Για **διακριτές μεταβλητές** χρησιμοποιείται η έννοια της ψευδοελαστικότητας, η οποία περιγράφει τη μεταβολή στην τιμή της πιθανότητας επιλογής κατά τη μετάβαση από τη μία τιμή της διακριτής μεταβλητής στην άλλη. Η ψευδοελαστικότητα υπολογίζεται μέσω της παρακάτω μαθηματικής σχέσης:

$$E_{x_{i}^{(k)}}^{P(i)} = e^{\beta_{ik}} \frac{\sum_{l=1}^I e^{\beta_{il}x_{i}^{(k)}}}{\sum_{l=1}^I e^{\Delta(\beta_{il}x_{i}^{(k)})}} - 1$$

Όπου:

- I, το πλήθος των πιθανών επιλογών
- x_i^(k), η τιμή της μεταβλητής k, για την εναλλακτική i, του ατόμου ν
- Δ(β_{il}x_i^(k)), η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της x_i^(k) έχει μεταβληθεί από 0 σε 1
- β_{il}x_i^(k), η αντίστοιχη τιμή όταν η x_i^(k) έχει τιμή 0
- β_{ik}, η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_i^(k)

3.6.3 Στατιστική Σημαντικότητα

Ένας από τους σημαντικότερους ελέγχους για την αξιολόγηση του προτύπου είναι ο έλεγχος **t-test/ratio/stat** (κριτήριο t κατανομής Student). Μέσω του δείκτη t-stat προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών, δηλαδή η επιλογή των μεταβλητών που θα συμπεριληφθούν στο τελικό πρότυπο. Ο t-ratio αναφέρεται σε καθεμιά από τις μεταβλητές ξεχωριστά. Ο δείκτης αυτός είναι στην ουσία το αποτέλεσμα της διαίρεσης της εκτιμώμενης για το συντελεστή τιμής δια της τυπικής απόκλισής της. Η τυπική απόκλιση είναι ένα μέγεθος που παρουσιάζει τη συνέπεια με την οποία έχει υπολογιστεί η τιμή του συγκεκριμένου συντελεστή. Ο συντελεστής t-stat εκφράζεται με την παρακάτω σχέση:

$$tstat = \beta / s.e$$

Όπου s.e το τυπικό σφάλμα (standard error).

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι η μείωση του τυπικού σφάλματος επιφέρει αύξηση του συντελεστή t-stat και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t-stat κατά απόλυτη τιμή, τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Αν η επιρροή αυτή είναι σημαντική τότε η συγκεκριμένη μεταβλητή πρέπει να συμπεριληφθεί στην ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να αποκλειστεί. Οι τιμές που μπορεί να πάρει κυμαίνονται από $-\infty$ έως $+\infty$. Στον πίνακα που παρατίθεται στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι κρίσιμες τιμές του συντελεστή t-stat για το εκάστοτε επίπεδο εμπιστοσύνης.

Πίνακας 3.1 : Τιμές του t-ratio ανάλογα με το βαθμό εμπιστοσύνης

Επίπεδο εμπιστοσύνης	Τιμές t-ratio
90%	1.282
95%	1.645
97.5%	1.960
99%	2.326
99.5%	2.576

Όπως φαίνεται και στον πίνακα, για **επίπεδο εμπιστοσύνης 95%**, οποιαδήποτε μεταβλητή έχει t-ratio πάνω από 1.645 μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει σημαντική επιρροή στο μοντέλο.

3.6.4 Συσχέτιση Παραμέτρων

Για να πραγματοποιηθεί με επιτυχία η μέθοδος της λογιστικής παλινδρόμησης (logistic regression) οι ανεξάρτητες μεταβλητές του προβλήματος οφείλουν να είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, δηλαδή να μην υπάρχει μεταξύ τους **συσχέτιση (correlation)**. Αν δεν είναι ασυσχέτιστες, στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, η διαδικασία οδηγείται σε αποτυχία με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου.

Αν τουλάχιστον ένας από τους συντελεστές αυτούς είναι ίσος με 1 ή -1 τότε οι αντίστοιχες μεταβλητές είναι απόλυτα συσχετισμένες μεταξύ τους, οπότε η διαδικασία ανάπτυξης μαθηματικού προτύπου καταλήγει σε αδιέξοδο, επειδή οι τιμές των μεταβλητών αυτών δεν παρέχουν ξεχωριστά στοιχεία για την ανάλυση. Αν δύο

μεταβλητές, είναι μεταξύ τους συσχετισμένες δηλαδή έχουν correlation μεγαλύτερο από 0.5, δεν μπορεί να βρεθεί με ακρίβεια η επιρροή τους στο μοντέλο.

3.6.5 Συντελεστής Προσαρμογής R²

Ο συντελεστής R² χρησιμοποιείται ως δείκτης αξιολόγησης της ποιότητας του προτύπου καθώς αποτελεί **κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων** στο γραμμικό μοντέλο και ορίζεται από τη σχέση:

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

Όπου:

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

Ο συντελεστής R² εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από την μεταβλητή X, ενώ λαμβάνει τιμές από 0 έως και 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R² στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή είναι η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X. Στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων στην πράξη η τιμή αυτή δεν ξεπερνά το 0,45. Θα μπορούσε λοιπόν να θεωρήσει κανείς ως ικανοποιητική τιμή για το R², οποιαδήποτε βρίσκεται από 0,20 και πάνω.

Για την αξιολόγηση των μοντέλων λογιστικής παλινδρόμησης εφαρμόζεται και ο στατιστικός έλεγχος **Hosmer-Lemeshow test / Pearson chi² (Hosmer & Lemeshow, 2000)**, ο οποίος θεωρείται πιο αξιόπιστος από το συντελεστή R² λόγω της πιθανής μη γραμμικότητας των αναλύσεων. Πολλές φορές εισάγεται ως σημαντικότητα του ελέγχου μία συγκεκριμένη τιμή την οποία ο έλεγχος πρέπει να υπερβεί, και για το επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η τιμή ορίζεται στο 0,05.

3.6.6 Μέγιστη Πιθανοφάνεια

Η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας (**Likelihood Ratio Test - LRT**) αποτελεί ένα κριτήριο για την εκτίμηση της στατιστικής εμπιστοσύνης των μεταβλητών ενός μοντέλου. Σκοπός είναι να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια και αυτό μπορεί να συμβεί όταν ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας L είναι όσο το δυνατόν μικρότερος. Μοντέλα με πολλές μεταβλητές αποδεικνύονται πιο σύνθετα και απαιτείται ένα κριτήριο, με το οποίο να αποφασίζεται εάν η μείωση του λογαρίθμου πιθανοφάνειας αντισταθμίζεται από την αύξηση της πολυπλοκότητας του μοντέλου.

Αυτό το κριτήριο είναι το **κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας (LRT)**, το οποίο δίνεται από τη σχέση:

$$LRT = -2(L_{(b)} - L_{(0)}) > x_{b,0,05}^2$$

Όπου:

- $L(0)$, το μέγεθος αυτό αποτελεί έναν απλό υπολογισμό της πιθανοφάνειας ενός προτύπου στο οποίο για κάθε παρατήρηση (στοιχείο της έρευνας πεδίου), όλες οι εναλλακτικές επιλογές έχουν την ίδια πιθανότητα να επιλεγούν.
- $L(b)$, το μέγεθος αυτό αποτελεί μια προσέγγιση της πιθανοφάνειας που θα προκύπτει από ένα πρότυπο στο οποίο όλες οι εναλλακτικές επιλογές εκτός από μία έχουν έναν εναλλακτικό καθορισμένο συντελεστή (alternative specific constant).
- Η τιμή του κριτηρίου χ^2 για b βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Αν ισχύει η παραπάνω ανισότητα, τότε το μοντέλο με τις μεταβλητές είναι στατιστικά προτιμότερο από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές.

Οι τιμές των παραπάνω μεγεθών εξεταζόμενες μεμονωμένα δεν δίνουν καμία ουσιαστική πληροφορία. Απεναντίας όμως συγκρινόμενες μεταξύ του και με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δοκιμών, δίνουν μια γενική εικόνα για την ποιότητα του συγκεκριμένου προτύπου.

3.6.7 Τα κριτήρια πληροφοριών AIC και BIC

Το **Akaike Information Criterion (AIC)** είναι ένας εκτιμητής της σχετικής ποιότητας των στατιστικών μοντέλων για ένα συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων. Με δεδομένο ένα σύνολο μοντέλων που ερμηνεύουν κάποια δεδομένα, το AIC υπολογίζει την ποιότητα του κάθε μοντέλου σε σχέση με τα υπόλοιπα μοντέλα. Έτσι το AIC παρέχει ένα μέσο για την επιλογή του μοντέλου που ερμηνεύει καλύτερα τα εκάστοτε δεδομένα.

Το **Bayesian Information Criterion (BIC)** είναι ένα κριτήριο για την επιλογή μοντέλου μεταξύ ενός πεπερασμένου συνόλου μοντέλων. Κατά κανόνα, προτιμάται το μοντέλο με το χαμηλότερο BIC. Βασίζεται, εν μέρει, στη συνάρτηση πιθανοφάνειας και σχετίζεται στενά με το κριτήριο πληροφόρησης Akaike (AIC). Κατά την τοποθέτηση μοντέλων, είναι δυνατό να αυξηθεί η πιθανοφάνεια με την προσθήκη παραμέτρων, αλλά κάτι τέτοιο μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική ποσότητα παραμέτρων.

Τόσο η BIC όσο και η AIC προσπαθούν να επιλύσουν αυτό το πρόβλημα εισάγοντας μια ποινή για τον αριθμό των παραμέτρων στο μοντέλο. Η ποινή αυτή είναι μεγαλύτερη σε BIC από ό, τι στο AIC.

3.7 Θεωρία Στοχαστικής Χρησιμότητας- Συνάρτηση Χρησιμότητας

Στο πλαίσιο μιας έρευνας δεδηλωμένης προτίμησης τα πρότυπα των διακριτών επιλογών είναι εξατομικευμένα πρότυπα (disaggregate models), αφού εξετάζονται οι προτιμήσεις μεμονωμένων ατόμων και όχι πληθυσμού, σε σχέση με τα χαρακτηριστικά των ατόμων και των εναλλακτικών επιλογών. Το σύνολο στο οποίο περιλαμβάνονται όλες οι δυνατές διακριτές επιλογές ονομάζεται **σύνολο επιλογών (choice set)** και αποτελείται από πεπερασμένο αριθμό εναλλακτικών. Τα σύνολα επιλογών διαχωρίζονται σε καθολικά (universal choice set), τα οποία περιέχουν όλες τις δυνατές εναλλακτικές, και τα μειωμένα σύνολα (reduced choice set) που έχουν μόνο τις εναλλακτικές που είναι διαθέσιμες για κάθε άτομο.

Ως **συνάρτηση χρησιμότητας** ορίζεται ένα μαθηματικό μοντέλο που περιγράφει την ικανοποίηση του κάθε ατόμου από τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε εναλλακτικής

επιλογής. Για κάθε εναλλακτική i του συνόλου επιλογών C_n , ορίζεται μια συνάρτηση χρησιμότητα του ατόμου n ως εξής:

$$U_{in} = V_{in} + \epsilon_{in}$$

Όπου:

- $V_{in} = \beta_i X_{in}$, β_i το διάνυσμα των συντελεστών και X_{in} το διάνυσμα των τιμών των μεταβλητών.
- ϵ_{in} , το στοχαστικό μέρος της χρησιμότητας της εναλλακτικής.

Η πιθανότητα επιλογής της κάθε εναλλακτικής υπολογίζεται ως εξής:

$$P(\text{Choice1}) = \exp(U_{\text{choice1}}) / [1 + \exp(U_{\text{choice1}}) + \exp(U_{\text{choice2}})]$$

Βασική προϋπόθεση της θεωρίας της στοχαστικής χρησιμότητας αφορά στο γεγονός ότι τα σφάλματα ϵ_{in} του συνόλου των επιλογών είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και ακολουθούν μία κοινή κατανομή. Ανάλογα με τη μορφή της κατανομής προκύπτουν και διάφορες μορφές της εξίσωσης της πιθανότητας. Η πιο συνηθισμένη παραδοχή είναι ότι τα σφάλματα ακολουθούν την κανονική κατανομή ή την κατανομή Gumbel, οπότε προκύπτουν και τα δύο πιο διαδεδομένα πρότυπα διακριτών επιλογών: τα πιθανοτικά (probit) και τα λογιστικά (logit) πρότυπα, αντίστοιχα.

Κεφάλαιο 4

Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

4.1 Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1.2, για την υλοποίηση της ανάλυσης κόστους ωφελειών και των στατιστικών αναλύσεων του μέτρου της μείωσης της ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα στο κέντρο της Αθήνας, είναι **απαραίτητη η συλλογή στοιχείων** για την ανάλυση του θέματος.

Κατά τη συλλογή των στοιχείων επιλέχθηκε να μοιραστεί ένα κατάλληλα σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο σε ευρύ κοινό. Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου αποτελούν τα δεδομένα που υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση με σκοπό την εξέταση της σημαντικότητάς τους.

4.2 Συλλογή στοιχείων

4.2.1 Το ερωτηματολόγιο

Όπως προαναφέρθηκε η συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων της Διπλωματικής Εργασίας πραγματοποιήθηκε μέσω **ερωτηματολογίου**, το οποίο παρατίθεται στο τέλος του τεύχους στο **Παράρτημα Α**.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από **τέσσερα μέρη**. Ο χρόνος συμπλήρωσής του κυμαίνεται μεταξύ 7-10 λεπτών, χρόνος αποδεκτός για έρευνες πεδίου. Η συλλογή των ερωτηματολογίων έγινε αποκλειστικά υπό μορφή διαδικτυακής έρευνας μέσω Google Forms. Συνολικά συλλέχθηκαν **408 ερωτηματολόγια**, αριθμός αρκετά ικανοποιητικός για αυτούς τους είδους έρευνες ώστε τα αποτελέσματα από τη στατιστική ανάλυση να θεωρούνται αξιόπιστα.

Στο εξώφυλλο του ερωτηματολογίου φαίνονται ο τίτλος της έρευνας, το όνομα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και η Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, καθώς και ένα σύντομο κείμενο, στο οποίο αναφέρεται ξεκάθαρα ότι η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου είναι ανώνυμη.

Καθ' όλη την έκταση του ερωτηματολογίου έγινε προσπάθεια να διατηρηθεί υψηλό το επίπεδο ευκολίας και σαφήνειας στην κατανόηση και συμπλήρωση των ερωτήσεων. Χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα τύπου Likert (Likert, 1932) με διαβάθμιση τεσσάρων σημείων 'Καθόλου', 'Λίγο', 'Αρκετά', 'Πάρα Πολύ' και απλών ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής.

4.2.2 Τα μέρη του Ερωτηματολογίου

Το **πρώτο μέρος** του ερωτηματολογίου αποτελείται από ερωτήσεις που αφορούν στην οδηγική εμπειρία, στις συνήθειες των ερωτηθέντων, στον αριθμό των ατυχημάτων που έχουν εμπλακεί και των κλήσεων για παραβάσεις του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας. Με αυτόν τον τρόπο οι ερωτηθέντες εισάγονται σταδιακά στο κλίμα και στην φιλοσοφία

της έρευνας απαντώντας σε ερωτήσεις, οι οποίες αργότερα θα φανούν ιδιαίτερα χρήσιμες στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στο **δεύτερο μέρος** οι συμμετέχοντες καλούνται να απαντήσουν σε ερωτήσεις που αφορούν στον ρόλο της ταχύτητας στην πρόκληση οδικών ατυχημάτων με παθόντες και νεκρούς καθώς και στην επιλογή των πιο σημαντικών παραγόντων επιλογής της οδηγικής τους ταχύτητας. Το είδος των ερωτήσεων αυτών στοχεύει στην απόσπαση πληροφοριών σχετικά με την αντίληψη και συνείδηση των ερωτώμενων για τα ισχύοντα όρια ταχύτητας.

Στο **τρίτο μέρος** συγκεντρώνονται τα σημαντικότερα στοιχεία για τις αναλύσεις στο πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας και περιλαμβάνει τρεις ερωτήσεις. Στην πρώτη ερώτηση ο χρήστης ερωτάται εάν συμφωνεί με τη μείωση των ορίων ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο εκτός των κυρίων αρτηριών (50 χλμ/ώρα) και μπορεί να απαντήσει με Ναι ή Όχι.

Στη δεύτερη ερώτηση κατά πόσο συμφωνεί με τη μείωση των ορίων ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο και αντίστοιχα απαντάει με Ναι ή Όχι.

Στην τρίτη ερώτηση εισάγονται 10 διαφορετικά σενάρια για μια υπόθεση τυπικής διαδρομής στο κέντρο της Αθήνας όπου η αύξηση του χρόνου διαδρομής, η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και η μείωση πιθανότητας ατυχήματος τροποποιούνται διαφορετικά σε κάθε σενάριο. Ζητείται η επιλογή μεταξύ τριών εναλλακτικών προτάσεων, της μερικής μείωσης, της ολικής μείωσης ή της καμίας μείωσης της ταχύτητας με βάση τις τρεις παραμέτρους που αναφέρθηκαν (χρόνος, καύσιμο και ατύχημα).

Στο **τέταρτο** και τελευταίο μέρος της έρευνας περιλαμβάνονται οκτώ ερωτήσεις σχετικά με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτώμενων. Συγκεκριμένα, ζητούνται το φύλο, η ηλικία, η οικογενειακή κατάσταση, το ετήσιο οικογενειακό εισόδημα, το μορφωτικό επίπεδο, το επάγγελμα και ο τόπος διαμονής. Η καταγραφή των παραπάνω κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών χρησιμεύει στον έλεγχο της αντιπροσωπευτικότητας του δείγματος, στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων συνδυαζόμενα με τις απαντήσεις της τρίτης ενότητας και στην χρήση κάποιων χαρακτηριστικών, στο μαθηματικό μοντέλο που θα αναπτυχθεί αργότερα.

4.2.3 Τα σενάρια

Όπως αναφέρθηκε στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου περιλαμβάνονται τα σενάρια μιας υποθετικής διαδρομής. Ζητείται από τους ερωτηθέντες η επιλογή μεταξύ τριών εναλλακτικών προτάσεων (Μείωση σε 30 χλμ/ώρα με εξαιρέσεις, Μείωση σε 30 χλμ/ώρα παντού, Καμία Μείωση). Συνολικά παρουσιάζονται δέκα διαφορετικά σενάρια που αφορούν μια υποθετική τυπική διαδρομή 45 λεπτών στο κέντρο της Αθήνας.

Η επιλογή των σεναρίων και των τιμών των παραμέτρων σχεδιάστηκε με στόχο τον προβληματισμό των συμμετεχόντων στο ερωτηματολόγιο, ώστε ο ερωτώμενος να σκεφτεί πριν συμπληρώσει την απάντησή του. Με τον τρόπο αυτό, κανένα σενάριο δεν είχε προφανή απάντηση και σαν αποτέλεσμα προέκυψαν σε κάθε ερωτηματολόγιο διαφορετικές μεταξύ τους απαντήσεις, οι οποίες δίνουν περισσότερες πληροφορίες κατά τη στατιστική ανάλυση.

Για την οπτική παρουσίαση των σεναρίων αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί η μορφή που παρουσιάζεται στην εικόνα 4.1, ενώ δεν παρουσιάστηκαν προβλήματα στην

ανάγνωση ή την κατανόησή τους. Το σύνολο των σεναρίων παρατίθεται στο Παράρτημα Α στο τέλος αυτού του τεύχους.

Εικόνα 4.1: Το πρώτο σενάριο που παρουσιάστηκε στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου

Σενάριο 1	Μείωση σε 30km/h με εξαίρεσεις	Μείωση σε 30km/h παντού	Καμία Μείωση (50km/h παντού)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+0min	+10min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-5%	-5%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-20%	-50%	-

4.2.4 Συλλογή ερωτηματολογίων

Για τη συλλογή των ερωτηματολογίων εξαιτίας των περιορισμών στις επαφές λόγω πανδημίας, αποφασίστηκε η πραγματοποίηση έρευνας αποκλειστικά διαδικτυακής μορφής, αξιοποιώντας την υπηρεσία Google Forms. Η επιλογή της συγκεκριμένης πλατφόρμας έγινε λόγω της ευκολίας χρήσης της και της εξασφάλισης ανωνυμίας και προστασίας δεδομένων που εξασφαλίζει στους χρήστες η Google.

Κατά τον διαμοιρασμό και έπειτα την συλλογή των ερωτηματολογίων είναι απαραίτητο να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, όπου σύμφωνα με τον P.Kotler οι βασικότερες είναι οι παρακάτω:

1. Το δείγμα πρέπει να επιλέγεται κάθε φορά από τον κατάλληλο **πληθυσμό**. Για παράδειγμα, σε μια έρευνα γύρω από την αποδοχή ενός νέου μέτρου ταχύτητας στην Ελλάδα θα πρέπει να επιλεγθεί πληθυσμός επιβατών, οδηγών και μόνιμων κατοίκων σε αστικά κέντρα της Ελλάδας.
2. Το **μέγεθος** του δείγματος έχει μεγάλη σημασία και πιο συγκεκριμένα όσο πιο μεγάλο είναι, τόσο πιο αξιόπιστα είναι τα αποτελέσματα της έρευνας. Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας συλλέχθηκαν 408 απαντημένα ερωτηματολόγια, αρκετά ικανοποιητικός αριθμός για τη φύση της συγκεκριμένης έρευνας.
3. Η επιλογή του δείγματος πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε αυτό να είναι **αντιπροσωπευτικό** του πληθυσμού ως προς τα χαρακτηριστικά του. Για αυτό το λόγο στο τέταρτο μέρος του ερωτηματολογίου που περιέχονται τα δημογραφικά χαρακτηριστικά, δόθηκε προσοχή ώστε το δείγμα να διαθέτει άτομα από όσο το δυνατόν περισσότερες από τις αναφερόμενες κατηγορίες.

Η έρευνα διήρκεσε περίπου ενάμιση μήνα (Νοέμβριος 2021- Δεκέμβριος 2021) και οδήγησε στην ανάπτυξη της απαραίτητης βάσης δεδομένων για την περαιτέρω στατιστική ανάλυση και την εξαγωγή των μαθηματικών προτύπων.

Στην εικόνα 4.2 παρουσιάζεται ένα απόσπασμα της μορφής του διαδικτυακού ερωτηματολογίου που δημιουργήθηκε μέσω του Google Forms.

Εικόνα 4.2: Τμήμα του ερωτηματολογίου

B1. Πόσο ανήσυχοι είστε για το ενδεχόμενο να εμπλακείτε σε οδικό ατύχημα με παθόντες;

- Καθόλου
- Λίγο
- Αρκετά
- Πάρα πολύ

4.3 Επεξεργασία Στοιχείων

4.3.1 Κωδικοποίηση Δεδομένων

Αφότου ολοκληρώθηκε η συλλογή των απαντήσεων των ερωτηματολογίων ξεκίνησε η προετοιμασία για τη στατιστική τους επεξεργασία. Αρχικά, όλες οι απαντήσεις **κωδικοποιήθηκαν** και συγκεντρώθηκαν χρησιμοποιώντας το λογισμικό Microsoft Excel. Έπειτα, ακολούθησε η κωδικοποίηση των δεδομένων με τη **μορφή αριθμών**, προκειμένου να είναι αντιληπτά από το πρόγραμμα **Python Jupyter** που χρησιμοποιήθηκε ώστε να υλοποιηθεί η στατιστική ανάλυση με πολυωνυμική και διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση αντίστοιχα.

Επομένως, δημιουργήθηκε ένας πίνακας Excel, το αποκαλούμενο **Master Table**, στο οποίο ήταν συμπληρωμένα όλα τα “κελιά”, καθώς όλες οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου ήταν υποχρεωτικές προς απάντηση, αλλά ορισμένες στήλες με πληροφορίες δεν χρησιμοποιήθηκαν εν τέλει στην παρούσα έρευνα.

Στην εικόνα 4.3 παρουσιάζεται ένα μέρος του αρχείου excel που χρησιμοποιήθηκε στο πρόγραμμα Python Jupyter. Όπως εμφανίζεται παρακάτω, η πρώτη στήλη είναι η “Number” στην οποία φαίνεται ο αύξων αριθμός του κάθε ερωτηθέντα. Όπως έχει προαναφερθεί στην Τρίτη ενότητα του ερωτηματολογίου υπήρχαν δέκα σενάρια, οπότε σε κάθε “Number” αντιστοιχούνται δέκα σειρές. Αυτές οι σειρές είχαν τα ίδια στοιχεία ανά στήλη για κάθε σειρά, με μόνες διαφορές στις στήλες που αφορούσαν τις απαντήσεις των ερωτώμενων στο κάθε σενάριο.

Εικόνα 4.3: Μέρος του γενικού Master Table του ερωτηματολογίου.

Number	ID	Choice	Time1	Time2	Time3	Fuel1	Fuel2	Fuel3	Accident1	Accident2	Accident3	S2	S1	EXP	MEANS_TYF	FREQ	PROPERTY	ACJURY	ACC/IOLATION	WORRIED	STAT	INJURES
1	1	1	0	10	0	5	5	0	20	50	0	1	0	2	5	3	1	1	1	1	3	3
1	2	3	10	15	0	5	10	0	10	20	0	1	0	2	5	3	1	1	1	1	3	3
1	3	3	15	15	0	10	10	0	20	50	0	1	0	2	5	3	1	1	1	1	3	3
1	4	2	10	10	0	10	10	0	10	50	0	1	0	2	5	3	1	1	1	1	3	3
1	5	1	0	10	0	20	20	0	10	20	0	1	0	2	5	3	1	1	1	1	3	3
1	6	1	0	15	0	10	20	0	10	20	0	1	0	2	5	3	1	1	1	1	3	3
1	7	2	10	10	0	5	10	0	20	20	0	1	0	2	5	3	1	1	1	1	3	3
1	8	1	0	10	0	5	20	0	10	50	0	1	0	2	5	3	1	1	1	1	3	3
1	9	1	10	15	0	20	20	0	20	50	0	1	0	2	5	3	1	1	1	1	3	3
1	10	1	10	15	0	5	10	0	20	50	0	1	0	2	5	3	1	1	1	1	3	3
2	1	1	0	10	0	5	5	0	20	50	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2
2	2	1	10	15	0	5	10	0	10	20	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2
2	3	1	15	15	0	10	10	0	20	50	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2
2	4	2	10	10	0	10	10	0	10	50	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2
2	5	2	0	10	0	20	20	0	10	20	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2
2	6	1	0	15	0	10	20	0	10	20	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2
2	7	1	10	10	0	5	10	0	20	20	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2
2	8	3	0	10	0	5	20	0	10	50	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2
2	9	1	10	15	0	20	20	0	20	50	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2
2	10	3	10	15	0	5	10	0	20	50	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2
3	1	2	0	10	0	5	5	0	20	50	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
3	2	3	10	15	0	5	10	0	10	20	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
3	3	1	15	15	0	10	10	0	20	50	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
3	4	2	10	10	0	10	10	0	10	20	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
3	5	1	0	10	0	20	20	0	10	20	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
3	6	1	0	15	0	10	20	0	10	20	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
3	7	3	10	10	0	5	10	0	20	20	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
3	8	1	0	10	0	5	20	0	10	50	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
3	9	3	10	15	0	20	20	0	20	50	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
3	10	3	10	15	0	5	10	0	20	50	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
4	1	2	0	10	0	5	5	0	20	50	0	0	1	1	4	4	1	1	1	1	2	2
4	2	2	10	15	0	5	10	0	10	20	0	0	1	1	4	4	1	1	1	1	2	2
4	3	2	15	15	0	10	10	0	20	50	0	0	1	1	4	4	1	1	1	1	2	2
4	4	2	10	10	0	10	10	0	10	50	0	0	1	1	4	4	1	1	1	1	2	2
4	5	1	0	10	0	20	20	0	10	20	0	0	1	1	4	4	1	1	1	1	2	2
4	6	2	0	15	0	10	20	0	10	20	0	0	1	1	4	4	1	1	1	1	2	2
4	7	2	10	10	0	5	10	0	20	20	0	0	1	1	4	4	1	1	1	1	2	2
4	8	2	0	10	0	5	20	0	10	50	0	0	1	1	4	4	1	1	1	1	2	2
4	9	2	10	15	0	20	20	0	20	50	0	0	1	1	4	4	1	1	1	1	2	2
4	10	2	10	15	0	5	10	0	20	50	0	0	1	1	4	4	1	1	1	1	2	2

Η πρώτη γραμμή περιέχει τις στήλες:

1. Number, ο αύξων αριθμός των ερωτώμενων.
2. ID, ο αριθμός του εκάστοτε σεναρίου της τρίτης ενότητας.
3. Choice, η επιλογή μιας εκ των τριών εναλλακτικών σεναρίων με 1 = Μείωση σε 30 χλμ/ώρα με εξαιρέσεις, 2 = Μείωση σε 30 χλμ/ώρα, 3 = Καμία Μείωση.
4. Time1, Time2, Time3, η τιμή της μεταβλητής της αλλαγής του χρόνου μετακίνησης για την μείωση με εξαιρέσεις, την ολική μείωση και την εναλλακτική της καμίας μείωσης αντίστοιχα.
5. Fuel1, Fuel2, Fuel3 η τιμή της μεταβλητής της μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου για την μείωση με εξαιρέσεις, την ολική μείωση και την εναλλακτική της καμίας μείωσης αντίστοιχα.
6. Accident1, Accident2, Accident3 η τιμή της μεταβλητής της μείωσης της πιθανότητας ατυχήματος για την μείωση με εξαιρέσεις, την ολική μείωση και την εναλλακτική της καμίας μείωσης αντίστοιχα.
7. S2, η απάντηση στην ερώτηση της μείωσης από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε μερικούς δρόμους του αστικού δικτύου της Αθήνας.
8. S1, η απάντηση στην ερώτηση της μείωσης από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλους τους δρόμους του αστικού δικτύου της Αθήνας.
9. EXP, MEANS_TYPE, FREQ, ..., η κωδικοποίηση των ερωτήσεων έγινε σύμφωνα με το ερωτηματολόγιο του Παραρτήματος Α.
10. Να σημειωθεί ότι στις στήλες Time3, Fuel3, Accident3 υπάρχει η τιμή μηδέν, καθώς στην τρίτη εναλλακτική που αναφέρεται σε καμία μείωση δεν πραγματοποιείται καμία μεταβολή στις τιμές των τριών μεταβλητών και ουσιαστικά παραμένει η υπάρχουσα κατάσταση.

Μερικές παρατηρήσεις σχετικά με τη διαδικασία της κωδικοποίησης παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

1. Σε ερωτήσεις, στις οποίες οι απαντήσεις ήταν δύο, για παράδειγμα μεταξύ Ναι ή Όχι, η κωδικοποίηση στο Excel αντιστοιχεί σε Ναι=0 και Όχι=1.
2. Σε ερωτήσεις, στις οποίες οι απαντήσεις ήταν άνω των δύο, η πρώτη απάντηση αντιστοιχεί στο 1, η δεύτερη απάντηση στο 2, και ούτω καθεξής.
3. Με το συνδυασμό των προγραμμάτων Excel και Python πραγματοποιήθηκε ένας έλεγχος συσχέτισης (correlation) των μεταβλητών μέσω της εντολής `df = df.corr()`. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε εξαγωγή του πίνακα συσχέτισης

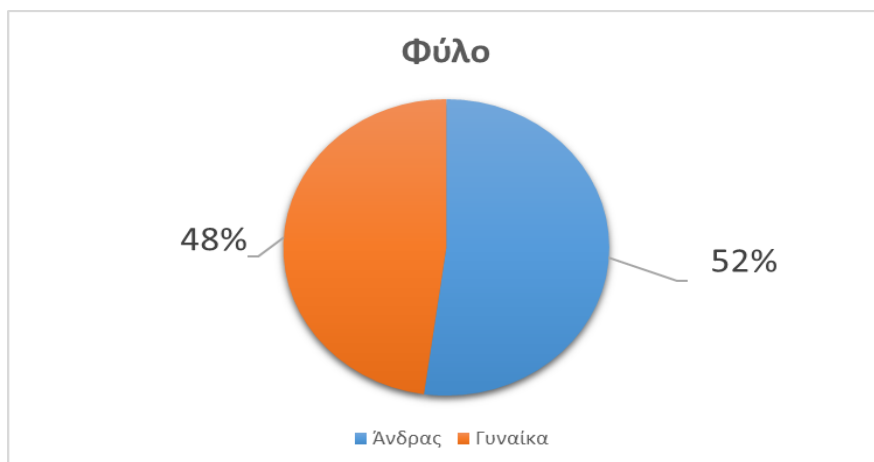
μεταβλητών στο Excel μέσω της εντολής: `df.to_excel ('όνομα αρχείου.xlsx', index = False, header=True)`. Μέσω του Excel πραγματοποιήθηκε ένα απλό φιλτράρισμα των μεταβλητών ανά ζεύγη, με κριτήριο η συσχέτιση να είναι μικρότερη του απόλυτου 0.5. Εντοπίστηκε συσχέτιση μεταξύ κάποιων μεταβλητών, όπως το EXP&AGE, EXP&RLTNSHIP, MEANS_TYPE&FREQ κ.ά. Στη περίπτωση αυτή αφαιρείται μία από τις δύο υψηλά συσχετιζόμενες μεταβλητές από την τελική επεξεργασία του κάθε μοντέλου.

4. Κατά αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν τρεις (3) διαφορετικοί Βασικοί Πίνακες (Master Tables) ένας για το κάθε μοντέλο, καθώς δεν μπορούσαν να συμπεριληφθούν όλες οι μεταβλητές σε κάθε μοντέλο, λόγω πολύ υψηλών συσχετίσεων που θα επηρέαζαν και τα υπόλοιπα αποτελέσματα του μοντέλου.

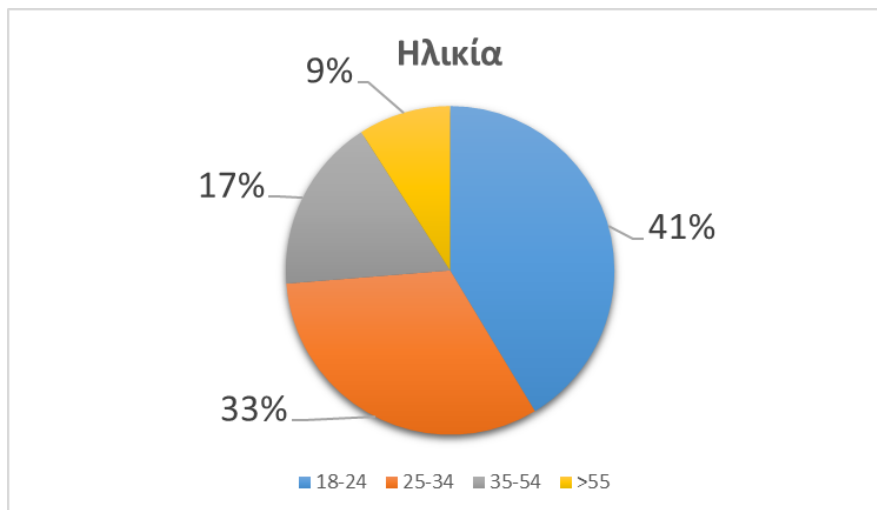
4.4 Συγκεντρωτικά Στοιχεία

Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθενται συγκεντρωτικά τα **σημαντικότερα** και πιο **ενδιαφέροντα στατιστικά στοιχεία** με τη μορφή διαγραμμάτων σχετικά με το δείγμα της έρευνας και την απόκρισή τους στις διάφορες ερωτήσεις που τέθηκαν. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η **ποσοστιαία κατανομή του δείγματος** της έρευνας:

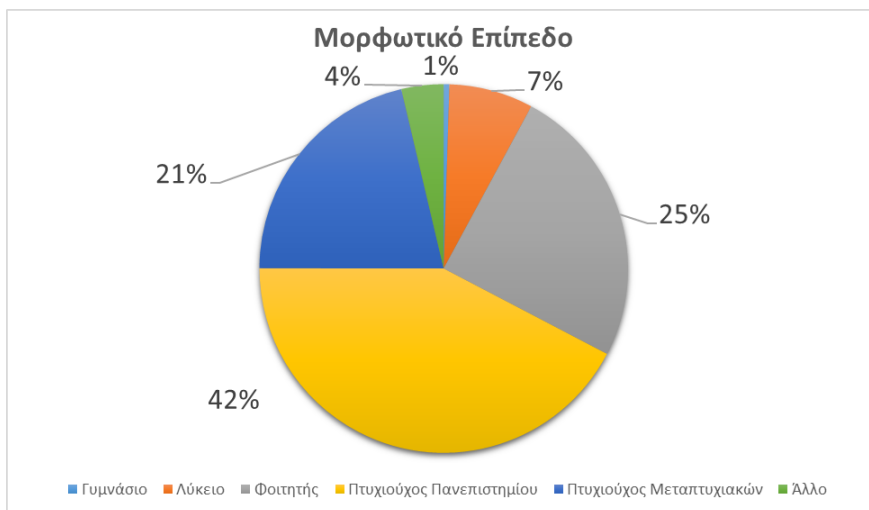
Διάγραμμα 4.1: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος με βάση το φύλο



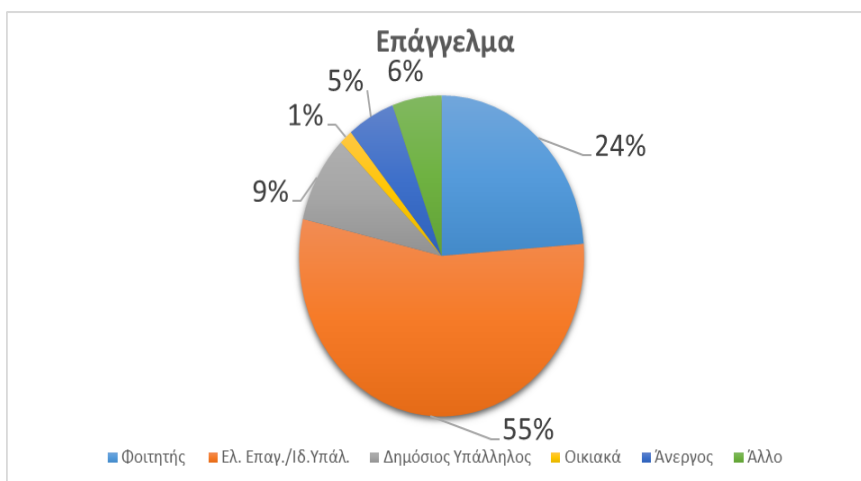
Διάγραμμα 4.2: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος με βάση την ηλικία



Διάγραμμα 4.3: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος με βάση το μορφωτικό επίπεδο



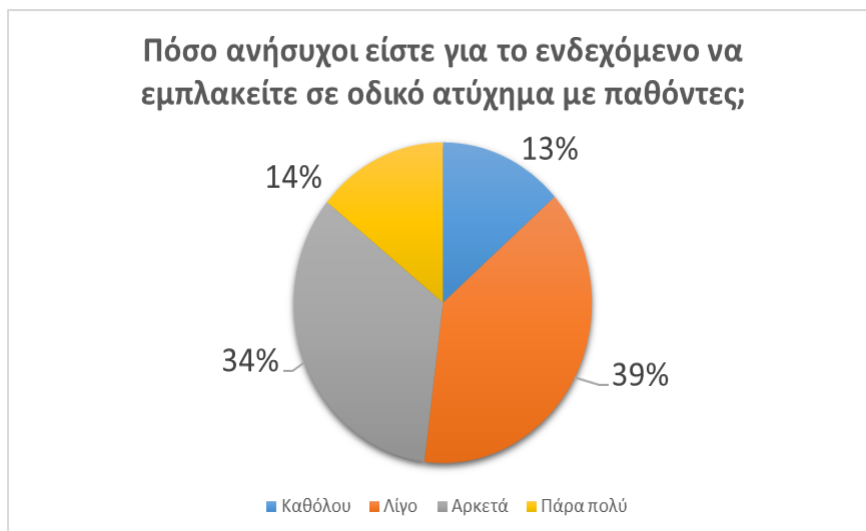
Διάγραμμα 4.4: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος με βάση το επάγγελμα



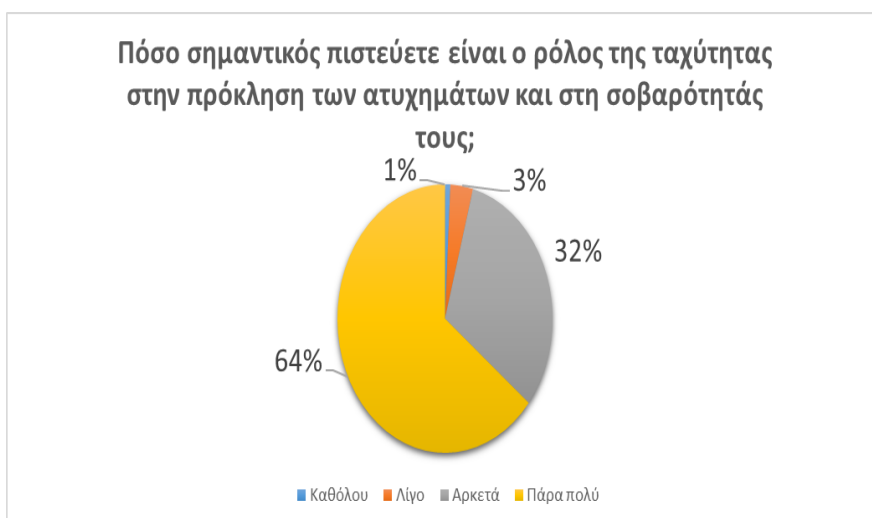
Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι οι ερωτηθέντες ήταν στην πλειοψηφία τους νέοι έως 35 ετών, με και η κατανομή του φύλου είναι ισομοιρασμένη.

Στη συνέχεια παρατίθενται μερικά εξίσου σημαντικά περιγραφικά στατιστικά στοιχεία που προέκυψαν από τις απαντήσεις του ερωτηματολογίου.

Διάγραμμα 4.5: Ποσοστιαία κατανομή ενδεχομένου εμπλοκής σε οδικό ατύχημα με παθόντες

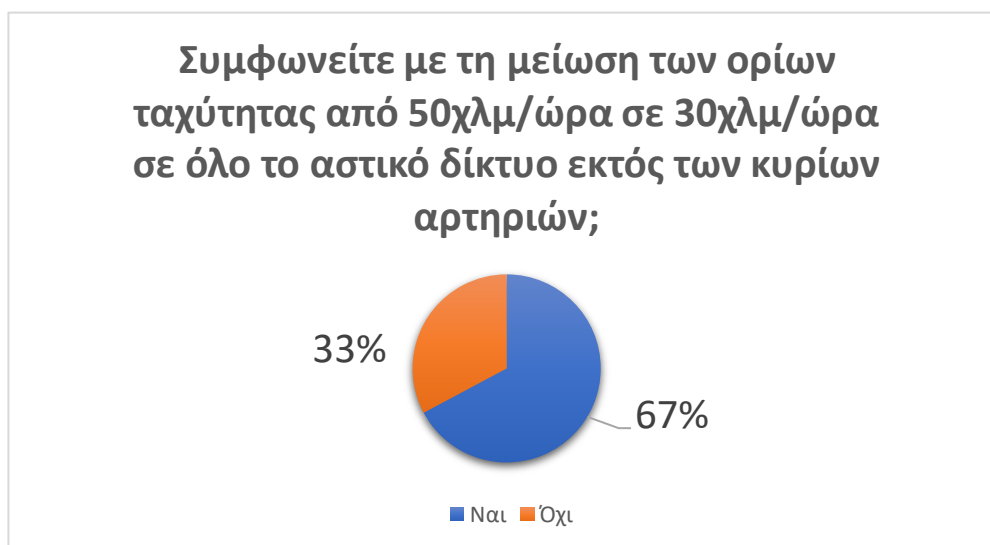


Διάγραμμα 4.6: Ποσοστιαία κατανομή του ρόλου ταχύτητας στα ατυχήματα

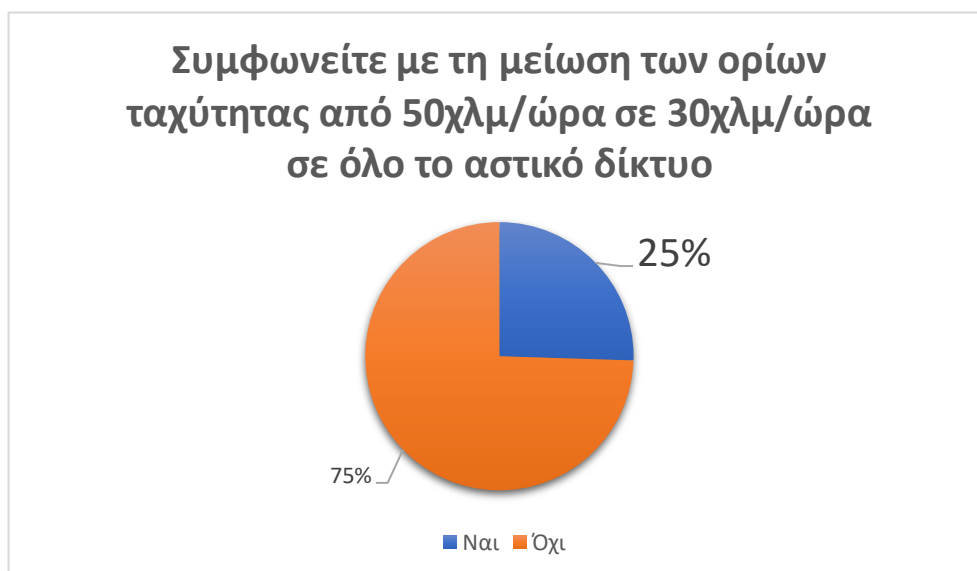


Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι οι συμμετέχοντες στην έρευνα είναι ως επί τω πλείστων ανήσυχοι για το ενδεχόμενο να εμπλακούν σε οδικό ατύχημα, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό αντιλαμβάνεται πως ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση των ατυχημάτων είναι αρκετά σημαντικός.

Διάγραμμα 4.7: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος για την μείωση της ταχύτητας σε όλο το αστικό δίκτυο εκτός των κυρίων αρτηριών



Διάγραμμα 4.8: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος για την μείωση της ταχύτητας σε όλο το αστικό δίκτυο



Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι σχεδόν τα $\frac{3}{4}$ του πληθυσμού που συμμετείχε στην έρευνα συμφωνεί με την μείωση των ορίων ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο εκτός των κυρίων αρτηριών, ενώ στην εφαρμογή της μείωσης σε όλο το αστικό δίκτυο διαφωνεί το 75%.

Κεφάλαιο 5: Στατιστική Ανάλυση Αποδοχής Ορίου Ταχύτητας 30χλμ/ώρα

5.1 Εισαγωγή

Σε συνέχεια του 4^{ου} Κεφαλαίου, μετά τη συλλογή των στοιχείων, την επεξεργασία και οργάνωσή τους στους πίνακες (master tables) ακολουθεί η **στατιστική τους επεξεργασία**, με σκοπό να απαντηθούν τα ερωτήματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Συγκεκριμένα, τέθηκε το ερώτημα της προτίμησης της εναλλακτικής της μείωσης του ορίου της ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο εκτός των κυρίων αρτηριών όπου επικρατούν 50 χλμ/ώρα και το ερώτημα της προτίμησης της εναλλακτικής της μείωσης σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο.

Η ανάλυση βασίζεται στην ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων με σκοπό την περιγραφή των επιλογών των ερωτηθέντων ως μια συνάρτηση ανεξάρτητων μεταβλητών. Λόγω της φύσης των εξαρτημένων μεταβλητών, που αντιστοιχούν στις επιλογές των ερωτηθέντων, κρίθηκε κατάλληλη η **χρήση μοντέλων πολυωνυμικής και διωνυμικής** λογιστικής παλινδρόμησης, όπως περιγράφεται παρακάτω.

Η χρήση της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης (multinomial logistic regression) γίνεται με βάση το Γ μέρος του ερωτηματολογίου. Εκεί παρουσιάζονται τα σενάρια όπου οι ερωτηθέντες καλούνται να επιλέξουν μεταξύ τριών επιλογών: (1) μείωση του ορίου ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο εκτός των κύριων αρτηριών, (2) ολική μείωση του ορίου ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα, είτε (3) καμία μείωση του ορίου ταχύτητας. Τα σενάρια περιλαμβάνουν διάφορους συνδυασμούς των τριών ανεξάρτητων μεταβλητών: (α) την αύξηση του χρόνου διαδρομής σε λεπτά, (β) τη μείωση καυσίμου σε ποσοστό και (γ) τη μείωση της πιθανότητας οδικού ατυχήματος με τραυματισμό σε ποσοστό.

Η χρήση της **πολυωνυμικής** λογιστικής παλινδρόμησης έγινε για τη ανάπτυξη τριών μοντέλων:

-Το **πρώτο μοντέλο** περιλαμβάνει τις απαντήσεις όλων των ερωτηθέντων, **χωρίς να τους διαχωρίζει** ως προς το **κύριο μέσο μετακίνησης** τους.

-Το **δεύτερο μοντέλο** περιλαμβάνει τις απαντήσεις των ερωτηθέντων που χρησιμοποιούν το **αυτοκίνητο** ως κύριο μέσο μετακίνησης.

-Το **τρίτο μοντέλο** περιλαμβάνει τις απαντήσεις των ερωτηθέντων που χρησιμοποιούν τη **μοτοσυκλέτα** ως κύριο μέσο μετακίνησης.

Τα δύο τελευταία μοντέλα χρησιμοποιούν ως ανεξάρτητες μεταβλητές την αύξηση του χρόνου διαδρομής (σε λεπτά) και τη μείωση κατανάλωσης καυσίμου (σε ποσοστό). Τα αποτελέσματα από τα δύο τελευταία μοντέλα αξιοποιούνται για την κοινωνικοοικονομική ανάλυση (Cost Benefit Analysis (CBA)) που παρουσιάζεται στο 6^ο κεφάλαιο.

Η **διωνυμική** λογιστική παλινδρόμηση (binomial logistic regression) χρησιμοποιήθηκε σε δύο περιπτώσεις που σχετίζονται με το τρίτο τμήμα του ερωτηματολογίου.

Διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση χρησιμοποιήθηκε **πρώτον** για να **προσδιοριστούν οι ανεξάρτητες μεταβλητές** που επηρεάζουν την επιλογή (Ναι ή

Όχι) **μερικής μείωσης** του ορίου ταχύτητας, δηλαδή από τα 50 χλμ/ώρα στα 30 χλμ/ώρα, σε όλο το αστικό δίκτυο εκτός των κύριων αρτηριών και **δεύτερον** για να προσδιοριστούν οι μεταβλητές που επηρεάζουν την επιλογή (Ναι ή Όχι) για **ολική μείωση** του ορίου ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο.

5.2 Στατιστικά πρότυπα πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

5.2.1 Βήματα για την ανάπτυξη πολυωνυμικού μοντέλου για όλα τα μέσα μεταφοράς

Με το συγκεκριμένο μοντέλο μέσω της γλώσσας Python (3.9) και συγκεκριμένα μέσω της διαδικτυακής εφαρμογής ανοικτού κώδικα του **Jupyter Notebook** πραγματοποιείται η δημιουργία στατιστικών μοντέλων, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του ερωτηματολογίου.

Είναι αναγκαία η εγκατάσταση ορισμένων πακέτων εντολών. Οπότε, στο command window πληκτρολογείται η εντολή «`pip install xlrd`» ώστε να είναι δυνατή η ανάγνωση των αρχείων excel από το Jupyter Notebook. Με την εισαγωγή των εντολών «`pandas`» και «`numpy`» είναι δυνατή η επεξεργασία όλων των δεδομένων των αρχείων και η στατιστική τους ανάλυση. Όμοια για την επεξεργασία δεδομένων όπως την δημιουργία διαγραμμάτων, την δημιουργία στατιστικών μοντέλων και την αναβάθμιση της έκδοσης του ίδιου του λογισμικού έγινε χρήση των αντίστοιχων εντολών «`pip install seaborn`» και «`pip install statsmodels`».

Στη συνέχεια, ακολουθεί η **συγγραφή του κώδικα** όπου εισάγεται το τελικό αρχείο Excel με το Βασικό Πίνακα του πολυωνυμικού μοντέλου που περιέχει τα κωδικοποιημένα δεδομένα και τις μεταβλητές του ερωτηματολογίου μέσω της εντολής «`pd.read_excel('MasterTable-sr.xlsx')`». Στο αρχείο .xlsx δόθηκε το όνομα "sd", μία συντόμευση του speed data. Να σημειωθεί πως οτιδήποτε ακολουθεί το σύμβολο '#' στην ίδια γραμμή, αποτελεί σχολιασμό και δεν μεταφράζεται από το πρόγραμμα.

Έπειτα, ακολούθησε η **αλλαγή στα δεδομένα του Master Table**, καθώς απαιτείται μια στήλη για τον Χρόνο, το Καύσιμο και τα Ατυχήματα και όχι τρεις όπως είχε αρχικά. Μέσω της εντολής `sd.loc` οι στήλες έγιναν συγκεκριμένες και οι τιμές του χρόνου, του καυσίμου και των ατυχημάτων διατηρήθηκαν. Η εντολή `loc` στηρίζεται σε ακέραιους αριθμούς για αυτό στην επόμενη εντολή μετατρέπονται οι τρεις μεταβλητές (χρόνος, καύσιμο, ατυχήματα) από float σε integer αριθμούς.

Αξίζει να σημειωθεί ότι επειδή οι μεταβλητές του καυσίμου και των ατυχημάτων αντιστοιχίζονται σε μειώσεις πρέπει οι στήλες των μεταβλητών αυτών να είναι αρνητικές. Αυτό υλοποιείται με τον πολλαπλασιασμό των στηλών με πλην ένα. Τέλος, είναι ιδιαίτερα σημαντική η **μετατροπή των μεταβλητών σε «normalize values»**, ώστε οι τιμές τους να κυμαίνονται από μηδέν έως ένα και για αυτό δημιουργούνται οι αντίστοιχες μεταβλητές «`Time_norm`», «`Fuel_norm`» και «`Accident_norm`». Οι παραπάνω εντολές παρουσιάζονται στην εικόνα 5.1.

Εικόνα 5.1 Συγγραφή κώδικα στο Jupyter Notebook

```
In [1]: #Import packages
import pandas as pd #dataframe
import numpy as np #arithmetic functions

from matplotlib import pyplot as plt #for plotting
import seaborn as sns #for plotting
import scipy as scp
from patsy import dmatrices
%matplotlib inline
from matplotlib import colors as mcolors

#Statistical model
import statsmodels.formula.api as smf
import statsmodels.api as sm

In [2]: # import DATA from Master Table
sd = pd.read_excel('MasterTable.xlsx')

In [3]: sd.shape
Out[3]: (4080, 38)

In [4]: # Change the format of the Master Table - We need one column for Time, Fuel, and Accident instead of 3
# When Choice = 1, the new columns Time Fuel Accident need to take the respective values from the columns Time1 Fuel1 Accident1
sd.loc[sd['Choice'] == 1, 'Time'] = sd['Time1']
sd.loc[sd['Choice'] == 2, 'Time'] = sd['Time2']
sd.loc[sd['Choice'] == 0, 'Time'] = sd['Time3']

sd.loc[sd['Choice'] == 1, 'Fuel'] = sd['Fuel1']
sd.loc[sd['Choice'] == 2, 'Fuel'] = sd['Fuel2']
sd.loc[sd['Choice'] == 0, 'Fuel'] = sd['Fuel3']

sd.loc[sd['Choice'] == 1, 'Accident'] = sd['Accident1']
sd.loc[sd['Choice'] == 2, 'Accident'] = sd['Accident2']
sd.loc[sd['Choice'] == 0, 'Accident'] = sd['Accident3']

# Convert from Float to Integer
cols = ['Time', 'Fuel', 'Accident']
sd[cols] = sd[cols].applymap(np.int64)

# Changes in Fuel and Accident always correspond to REDUCTIONS. We need to make these two columns negative:
sd['Accident'] = sd['Accident'] * (-1)
sd['Fuel'] = sd['Fuel'] * (-1)

In [5]: # Normalize values for time, fuel, accident ---> values between 0-1
sd['Time_norm']=(sd['Time']-sd['Time'].min())/(sd['Time'].max()-sd['Time'].min())
sd['Fuel_norm']=(sd['Fuel']-sd['Fuel'].min())/(sd['Fuel'].max()-sd['Fuel'].min())
sd['Accident_norm']=(sd['Accident']-sd['Accident'].min())/(sd['Accident'].max()-sd['Accident'].min())
```

Είναι αναγκαίο μέσω της Python να πραγματοποιηθεί **έλεγχος συσχέτισης** (Correlation) `sd.to_excel('Correlation Matrix.xlsx', index=False, header=True)`, όπου μέσω του πίνακα excel γίνεται φιλτράρισμα των μεταβλητών, έχοντας ως κριτήριο η συσχέτιση να είναι μικρότερη του απόλυτου 0.5.

Με βάση τον πίνακα 5.2 η εμπειρία και η ηλικία (EXP-AGE), η ηλικία και η οικογενειακή κατάσταση (AGE-RLTNSHIP), η εμπειρία και η οικογενειακή κατάσταση (EXP-RLTNSHIP), συχνότητα οδήγησης και το μέσο (FREQ-MEANS_TYPE), τα στατιστικά των ατυχημάτων και των νεκρών (STAT_INJURIES-STAT_DEATHS), η ύπαρξη κίνησης και ο τύπος του δρόμου (IF_TRAFFIC-IF_ROAD_TYPE) είναι **υψηλά συσχετιζόμενες μεταβλητές** και για αυτό είναι αναγκαία η **αφαίρεση μία εκ των δύο**. Η επιλογή της αφαίρεσης μιας εκ των δύο μεταβλητών έγινε εφόσον υλοποιήθηκαν αρκετές δοκιμές, καθώς έπρεπε να εξεταστεί ποια μεταβλητή θα είναι πιο χρήσιμη στην ανάπτυξη των μοντέλων.

Για την εφαρμογή της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης χωρίζεται η εξαρτημένη μεταβλητή 'Choice' που αντιπροσωπεύει την επιλογή των ερωτώμενων, από τις ανεξάρτητες μεταβλητές μέσω της εντολής `x=drop(['Choice'],axis=1)`. Από τον άξονα x γίνεται `drop` και στις υψηλά συσχετιζόμενες μεταβλητές, κρατώντας μόνο μία από τις 2. Το «axis=1» χρησιμοποιείται γιατί έτσι το πρόγραμμα υλοποιεί τους υπολογισμούς κατά μήκος των στηλών όλων των μεταβλητών.

Εικόνα 5.2 Συσχέτισης μεταβλητών στο excel

	Number	ID	Choice	Time1	Time2	Fuel1	Fuel2	Accident1	Accident2	S2	S1	EXP	HEANS_TYR	FREQ	PERTY_ADJURY	ACCIDENTIOLATION	
Number	1	-8E-07	-0,0167	5,7E-06	6,2E-06	-7E-06	-8E-06	7,9E-06	7,6E-06	0,06443	-0,0183	0,35672	-0,0915	-0,0664	0,13598	-0,0194	0,04825
ID	-8E-07	1	0,04466	0,04748	0,17408	0,16859	0,52223	0,17408	0,14213	0,00064	0,00022	-0,0003	-0,0003	-0,0015	-1E-16	0,00232	0,00133
Choice	-0,0167	0,04466	1	0,16053	0,05353	-0,0414	-0,059	0,06593	0,08062	-0,297	-0,068	-0,0083	-0,0793	-0,072	0,05141	-0,012	0,01874
Time1	5,7E-06	0,04748	0,16053	1	0,45455	-0,056	-0,4215	0,45455	0,22268	-0,0004	9,1E-05	-0,0002	-0,0002	-0,0011	-6E-17	0,00175	0,00101
Time2	6,2E-06	0,17408	0,05353	0,45455	1	0,08805	0,09091	0,2	-6E-18	0,00088	0,00014	-0,0002	-0,0002	-0,0009	-9E-16	0,00148	0,00085
Fuel1	-7E-06	0,16859	-0,0414	-0,056	0,08805	1	0,61632	-0,088	-0,0719	-0,0002	-0,0001	-0,0002	-0,0001	-0,0007	4,7E-16	0,00117	0,00067
Fuel2	-8E-06	0,52223	-0,059	-0,4215	0,09091	0,61632	1	-0,4545	-0,2227	0,00039	-9E-05	-0,0003	-0,0003	-0,0014	-5E-16	0,00229	0,00132
Accident1	7,9E-06	0,17408	0,06593	0,45455	0,2	-0,088	-0,4545	1	0,40825	-0,0002	0,00014	0,0002	0,00018	0,00094	-5E-17	-0,0015	-0,0009
Accident2	7,6E-06	0,14213	0,08062	0,22268	-6E-18	-0,0719	-0,2227	0,40825	1	-0,0004	0,00012	0,00016	0,00014	0,00076	6,3E-16	-0,0012	-0,0007
S2	0,06443	0,00064	-0,297	-0,0004	0,00088	-0,0002	0,00039	-0,0002	-0,0004	1	0,24727	0,0026	0,4787	0,09534	-0,0511	-0,0789	-0,0683
S1	-0,0183	0,00022	-0,068	9,1E-05	0,00014	-0,0001	-9E-05	0,00014	0,00012	0,24727	1	-0,0252	0,04211	0,10979	-0,0922	0,10668	-0,0991
EXP	0,35672	-0,0003	-0,0083	-0,0002	-0,0002	-0,0002	-0,0003	0,0002	0,00016	0,0026	-0,0252	1	-0,2802	-0,3232	0,40439	0,10702	0,10335
HEANS_TYR	-0,0915	-0,0003	-0,0793	-0,0002	-0,0002	-0,0001	-0,0003	0,00018	0,00018	0,00014	0,04787	0,04211	1	0,66878	-0,2196	-0,0221	-0,2495
FREQ	-0,0664	-0,0015	-0,072	-0,0011	-0,0009	-0,0007	-0,0014	0,00094	0,00076	0,09534	0,10979	-0,3232	0,66878	1	-0,3039	-0,0628	-0,2359
PERTY_ADJURY	0,13598	-1E-16	0,05141	-6E-17	-9E-16	4,7E-16	-5E-16	-5E-17	6,3E-16	-0,0511	-0,0922	0,40439	-0,2196	-0,3039	1	0,2245	0,18074
ACCIDENTIOLATION	-0,0194	0,00232	-0,012	0,00175	0,00148	0,00117	0,00229	-0,0015	-0,0012	-0,0789	0,10668	0,10702	-0,0221	-0,0628	0,2245	1	0,07056
WORRIED	0,04825	0,00133	0,01874	0,00101	0,00085	0,00067	0,00132	-0,0009	-0,0007	-0,0683	-0,0991	0,10335	-0,2495	-0,2359	0,18074	0,07056	1
AT_INJURY	-0,0201	-4E-17	0,0324	1,4E-16	8,2E-17	-2E-17	8,4E-17	-7E-17	-3E-16	0,01661	0,08643	-0,2064	0,00959	0,08969	-0,1847	-0,1126	-0,1038
AT_DEATH	0,03876	6,8E-17	0,01186	-2E-17	-4E-17	2,4E-16	-1E-16	1,8E-17	5,4E-17	-0,0351	-0,0765	-0,0401	0,02589	-0,0213	0,08112	0,07358	0,07383
PEED_ROL	0,08718	-1E-16	0,00887	1,1E-16	-4E-16	2,2E-16	-3E-16	-6E-17	1,5E-16	0,04492	0,05174	0,02347	-0,0092	-0,0765	0,02564	0,05399	0,01593
ROAD_TYR	-0,008	-1E-16	-1,403	-1E-17	-1E-16	-3E-16	-4E-17	-2E-17	2E-16	0,18248	0,12249	-0,0476	-0,0013	0,04228	-0,0399	-0,0404	0,06637
IF_TRAFFIC	-0,1098	2,1E-16	0,18084	-5E-17	5,8E-16	-3E-16	3E-16	4,9E-17	-9E-17	-0,2539	-0,1416	-0,037	0,05054	-0,007	0,02606	-0,0833	0,05958
IF_FREQ	-0,0544	-1E-17	0,06649	3,4E-17	3E-16	-4E-17	1,5E-16	-7E-17	-4E-16	-0,0467	-0,1348	-0,0645	-0,0536	-0,0445	-0,0177	-0,062	-0,0325
OTHERS_SP	-0,0209	-6E-17	0,03272	7,7E-17	4E-17	-8E-17	8,5E-17	-2E-17	-2E-16	-0,0268	-0,1619	-0,0238	-0,0029	-0,0292	-0,082	-0,068	0,00419
IF_PEDE	-0,011	-1E-17	-0,0591	2,9E-17	2,1E-17	-4E-17	2,6E-17	2,8E-17	-8E-18	-0,0128	-0,0598	-0,1046	0,09073	0,06369	-0,1005	0,0234	0,06882
IF_POLICE	0,11485	-1E-16	-0,0485	5,6E-17	-7E-16	3,1E-16	-3E-16	-4E-17	2,8E-16	0,05602	0,01611	-0,013	0,03111	0,13166	-0,0824	-0,0407	-0,1003
AGE	-0,0153	-2E-16	0,0215	5,7E-17	1,2E-16	-6E-17	-3E-18	-4E-17	-7E-17	-0,0499	-0,1513	-0,044	-0,0417	-0,0082	-0,1263	-0,1425	-0,0243
RLTNSHIP	-0,0342	9,1E-17	0,08209	-3E-17	2,1E-16	-8E-17	8,1E-17	3,1E-17	-2E-16	-0,0572	-0,0385	-0,1067	-0,0013	0,02604	-0,0756	-0,0779	0,03116
INCOME	0,00615	1E-16	-0,0362	-6E-17	3,6E-17	3,9E-17	3,9E-17	1,8E-16	2,3E-16	0,04368	0,05028	-0,1329	0,10003	0,14181	-0,1917	-0,0963	-0,0443
EDUCATION	0,33006	-2E-16	-0,0491	-6E-17	-2E-15	9,3E-16	-1E-15	1,1E-16	1,2E-15	0,03047	0,04372	0,77921	-0,2369	-0,223	0,32884	0,0787	0,01434
PROF	0,31145	-2E-16	-0,0335	-1E-17	-2E-15	8,8E-16	-9E-16	4,8E-17	9,5E-16	0,02297	-0,1011	0,63519	-0,1791	-0,1775	0,28291	0,08275	0,0926
CITY	0,17634	-2E-16	0,04305	9E-18	-1E-15	5,2E-16	-6E-16	-1E-16	2,5E-16	-0,0498	-0,0482	0,26894	-0,0941	-0,1206	0,1558	-0,0665	0,09289
Time	-0,0263	1,5E-17	0,0259	-6E-17	7E-17	-9E-17	4,9E-17	3E-17	1,5E-16	-0,0218	-0,0038	0,1337	-0,0813	-0,049	0,10591	-0,0072	0,05309
Fuel	0,02567	-6E-17	-0,0205	-2E-17	-4E-17	1,1E-16	-9E-17	3,1E-17	2,9E-16	-0,0059	0,01743	0,23078	-0,0364	-0,0322	0,02923	0,08397	-0,0758
Accident	-0,0793	2,2E-16	-0,112	-8E-17	3,6E-16	-3E-16	3,3E-16	1,4E-16	0,04484	0,11864	0,04104	-0,0813	-0,004	-0,1335	-0,0524	0,02351	
Time_norm	-0,0228	0,11118	-0,122	0,5285	0,30506	-0,0365	-0,1701	0,25194	0,20538	0,28437	0,21133	-0,0577	0,04631	0,09092	-0,0603	-0,0305	-0,062
Fuel_norm	0,01942	-0,2438	0,37272	0,18203	0,01246	-0,5546	-0,5442	0,18084	0,03379	-0,2928	-0,1667	0,06168	-0,0591	-0,0829	0,05796	0,02174	0,04308
Accident_norm	0,0451	-0,1092	0,05436	-0,161	-0,0007	0,032	0,10653	-0,2222	-0,4477	-0,304	-0,1881	0,10577	-0,0407	-0,0886	0,06011	0,04238	0,05644
Fuel_norm	-0,0228	0,11118	-0,122	0,5285	0,30506	-0,0365	-0,1701	0,25194	0,20538	0,28437	0,21133	-0,0577	0,04631	0,09092	-0,0603	-0,0305	-0,062
Accident_norm	0,01942	-0,2438	0,37272	0,18203	0,01246	-0,5546	-0,5442	0,18084	0,03379	-0,2928	-0,1667	0,06168	-0,0591	-0,0829	0,05796	0,02174	0,04308
Accident_norm	0,0451	-0,1092	0,05436	-0,161	-0,0007	0,032	0,10653	-0,2222	-0,4477	-0,304	-0,1881	0,10577	-0,0407	-0,0886	0,06011	0,04238	0,05644

Στη συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία, υπάρχουν ορισμένες μεταβλητές που λαμβάνουν διακριτές τιμές. Κάθε μεταβλητή πρέπει να ανατεθεί στο είδος της είτε δηλαδή είναι συνεχής (numeric/continuous) είτε διακριτή/κατηγορική (factorial) και για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται η εντολή `pd.get_dummies` όπου μετατρέπει τις διακριτές/κατηγορικές σε δυαδικές μεταβλητές. Ουσιαστικά, προκύπτουν νέες μεταβλητές που τις ονομάζουμε εικονικές. Η εικονική μεταβλητή είναι μια δυαδική μεταβλητή που δείχνει εάν μια ξεχωριστή κατηγορική μεταβλητή λαμβάνει μια συγκεκριμένη τιμή.

Τέλος, μέσω της εντολής `print(col)` ελέγχουμε όλες τις μεταβλητές μας. Οι παραπάνω εντολές παρουσιάζονται στην εικόνα 5.3.

Εικόνα 5.3 Συνέχεια κώδικα στο Jupyter

```
In [6]: #Correlation
sdcor = sd.corr()
#sdcor.to_excel('CorrelationMatrix_ALLMeans.xlsx', index = False, header=True)

In [7]: #remove the correlated columns based on the correlation matrix
# drop columns command
#some of the correlated variables : ID-Fuel2, Time-Time1, Time_norm-Time1, Fuel2-ID, Fuel_norm-Fuel1,
#AGE-EXP, RLTNSHIP-EXP, MEANS_TYPE-FREQ, STAT_INJURIES-STAT_DEATHS, IF_ROAD_TYPE-IF_FREQ, Time-Time1etc
sd = sd.drop(['ID',
             'AGE', 'RLTNSHIP', 'MEANS_TYPE', 'STAT_DEATHS', 'IF_ROAD_TYPE'],axis=1)
# 'Time1', 'Time2', 'Time3', 'Fuel1', 'Fuel2', 'Fuel3', 'Accident1', 'Accident2', 'Accident3', 'Time_norm', 'Fuel_norm', 'Accident_norm',

In [8]: # get_dummies command
sd = pd.get_dummies(sd,columns=["INJURY_ACCID", "VIOLATIONS", "SPEED_ROLE", "VULN_PROT", "IF_PEDE", "IF_OTHERS_SPEED", "IF_POLICE", "IN

In [9]: # iterating the columns, so that we can see all the new columns.
for col in sd.columns:
    print(col)

Number
Choice
Time1
Time2
Time3
Fuel1
Fuel2
Fuel3
Accident1
Accident2
Accident3
S2
S1
EXP
FREQ
PROPERTY_ACCID
HORRID
STAT_INJURIES
IF_TRAFFIC
IF_FREQ
GENDER
Time
Fuel
Accident
Time_norm
Fuel_norm
Accident_norm
INJURY_ACCID_1
INJURY_ACCID_2
INJURY_ACCID_3
VIOLATIONS_1
VIOLATIONS_2
VIOLATIONS_3
VIOLATIONS_4
```

Με την εντολή «MNLogit.fit()» πραγματοποιείται η πολυωνυμική παλινδρόμηση όπου έπειτα από μεγάλο αριθμό δοκιμών και με τις μεθόδους «newton», «lbfgs», «bfgs», η προτιμότερη μέθοδος για αριθμητική βελτιστοποίηση ήταν η «rowell». Στο σύνολο δεδομένων αντί για (x), υπάρχει η εντολή «sm.add_constant(x)», γιατί το μοντέλο βελτιώνεται με την προσθήκη ενός σταθερού όρου στην εξίσωση χρησιμότητας. Στην εικόνα 5.4 παρουσιάζεται ο βασικός κώδικας για τη δημιουργία του πολυωνυμικού μοντέλου όλων των μέσων μεταφοράς της Python.

Εικόνα 5.4 Βασικός κώδικας πολυωνυμικού μοντέλου για όλα τα μέσα μεταφοράς

```
x = sd[['Time', 'FREQ', 'PROPERTY_ACCID', 'SPEED_ROLE_2', 'SPEED_ROLE_3', 'IF_PEDE_3',
      'IF_PEDE_2', 'VULN_PROT_1',
      'VULN_PROT_2', 'VIOLATIONS_1', 'VIOLATIONS_2',
      'CITY_1', 'PROF_3']]
y = sd['Choice']

logit_model = sm.MNLogit(y, sm.add_constant(x))
logit_model
result3 = logit_model.fit(method='powell', maxiter=10000) # if answer has nan try bfgs, newton, powell, nm instead of lbfgs
result3.summary()
```

Optimization terminated successfully.
 Current function value: 0.603373
 Iterations: 29
 Function evaluations: 8226

MNLogit Regression Results

Dep. Variable:	Choice	No. Observations:	4080
Model:	MNLogit	Df Residuals:	4052
Method:	MLE	Df Model:	28
Date:	Fri, 28 Jan 2022	Pseudo R-squ:	0.4176
Time:	10:33:53	Log-Likelihood:	-2461.8
converged:	True	LL-Null:	-4227.0
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	0.000

Choice=1	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	2.9572	0.441	6.711	0.000	2.094	3.821
Time	0.4858	0.043	11.219	0.000	0.401	0.571
FREQ	0.1662	0.061	2.740	0.006	0.047	0.285
PROPERTY_ACCID	-0.2204	0.055	-3.991	0.000	-0.329	-0.112
SPEED_ROLE_2	-1.7419	0.255	-6.832	0.000	-2.242	-1.242
SPEED_ROLE_3	-0.2902	0.116	-2.506	0.012	-0.517	-0.063
IF_PEDE_3	-0.2409	0.121	-1.990	0.047	-0.478	-0.004

5.2.2 Αποτελέσματα

Όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 5.4, στον τελικό κώδικα του πολυωνυμικού μοντέλου «logit_model» η εξαρτημένη μεταβλητή υπολογίζεται συναρτήσει των μεταβλητών του χρόνου (Time) και καυσίμου (Fuel), οι οποίες λαμβάνουν διάφορες τιμές αναλόγως την εναλλακτική, και των ανεξάρτητων μεταβλητών «PROPERTY_ACCID», «SPEED_ROLE_2», «SPEED_ROLE_3», «IF_PEDE_2», «IF_PEDE_3», «VULN_PROT_1», «VULN_PROT_2», «VIOLATIONS_1», «VIOLATIONS_2», «CITY_1», «PROF_3». Ο παραπάνω συνδυασμός προέκυψε ύστερα από αρκετές δοκιμές και διαφορετικούς συνδυασμούς και κρίθηκε ως ο καλύτερος.

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3, χρησιμοποιούνται οι εντολές **AIC** και **BIC** στα κριτήρια επιλογής μοντέλων. Το Akaike Information Criterion (Κριτήρια Πληροφοριών του Akaike) (AIC) είναι ένα μέτρο της καλής προσαρμογής οποιουδήποτε εκτιμώμενου στατιστικού μοντέλου. Με δεδομένο ένα σύνολο μοντέλων που ερμηνεύουν κάποια δεδομένα, το AIC υπολογίζει την ποιότητα του κάθε μοντέλου σε σχέση με τα υπόλοιπα μοντέλα, συμβάλλοντας έτσι στην επιλογή του μοντέλου που ερμηνεύει καλύτερα τα εκάστοτε δεδομένα. Το Bayesian Information Criterion (BIC) είναι ένα κριτήριο για την επιλογή μοντέλου μεταξύ ενός πεπερασμένου συνόλου μοντέλων. Κατά κανόνα, **προτιμάται το μοντέλο με το χαμηλότερο BIC**. Στην εικόνα 5.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του AIC και του BIC.

Εικόνα 5.5 AIC και BIC τελικού μοντέλου

```
# AIC and BIC  
print('AIC =', result.aic)  
print('BIC =', result.bic)
```

```
AIC = 4979.521143202222  
BIC = 5156.309006689372
```

Επομένως, το τελικό μοντέλο της πολυωνυμικής παλινδρόμησης για όλα τα μέσα που παρουσιάζει την επιλογή 1- choice 1 , δηλαδή την επιλογή της μείωσης της ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας εκτός των κύριων αρτηριών και της επιλογής 2- choice 2, δηλαδή της εφαρμογής της μείωσης της ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας είναι το παρακάτω (Εικόνα 5.6 Τελικό μοντέλο για όλα τα μέσα).

Εικόνα 5.6 Τελικό μοντέλο για όλα τα μέσα.

Multinomial Model for all means						
Dep. Variable:	Choice	No. Observations:	4080			
Model:	MNLogit	Df Residuals:	4052			
Method:	MLE	Df Model:	26			
Date:	Fri, 28 Jan 2022	Pseudo R-squ.:	0.4176			
Time:	10:33:53	Log-Likelihood:	-2461.8			
converged:	TRUE	LL-Null:	-4227.0			
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	0.000			
Choice=1	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	2.957	0.441	6.711	0.000	2.094	3.821
Time	0.4858	0.043	11.219	0.000	0.401	0.571
FREQ	0.1662	0.061	2.740	0.006	0.047	0.285
PROPERTY_ACCID	-0.2204	0.055	-3.991	0.000	-0.329	-0.112
SPEED_ROLE_2	-17.419	0.255	-6.832	0.000	-2.242	-1.242
SPEED_ROLE_3	-0.2902	0.116	-2.506	0.012	-0.517	-0.063
IF_PEDE_3	-0.2409	0.121	-1.990	0.047	-0.478	-0.004
IF_PEDE_2	0.4922	0.241	2.046	0.041	0.021	0.964
VULN_PROT_1	13.864	0.221	6.272	0.000	0.953	1.820
VULN_PROT_2	12.568	0.116	10.807	0.000	1.029	1.485
VIOLATIONS_1	-25.702	0.399	-6.435	0.000	-3.353	-1.787
VIOLATIONS_2	-27.674	0.408	-6.786	0.000	-3.567	-1.968
CITY_1	-0.4569	0.142	-3.208	0.001	-0.736	-0.178
PROF_3	-0.6033	0.192	-3.140	0.002	-0.980	-0.227

Choice=2	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	-0.6146	0.550	-1.117	0.264	-1.693	0.464
Time	0.8834	0.046	19.074	0.000	0.793	0.974
FREQ	0.1696	0.076	2.242	0.025	0.021	0.318
PROPERTY_ACCID	-0.3417	0.074	-4.637	0.000	-0.486	-0.197
SPEED_ROLE_2	-23.259	0.446	-5.214	0.000	-3.200	-1.452
SPEED_ROLE_3	-0.1065	0.152	-0.700	0.484	-0.405	0.192
IF_PEDE_3	-0.7738	0.158	-4.883	0.000	-1.084	-0.463
IF_PEDE_2	0.3462	0.293	1.181	0.237	-0.228	0.921
VULN_PROT_1	18.737	0.269	6.965	0.000	1.346	2.401
VULN_PROT_2	11.183	0.153	7.327	0.000	0.819	1.418
VIOLATIONS_1	-30.990	0.467	-6.636	0.000	-4.014	-2.184
VIOLATIONS_2	-33.700	0.481	-6.999	0.000	-4.314	-2.426
CITY_1	-0.0021	0.178	-0.012	0.990	-0.351	0.347
PROF_3	-0.9138	0.253	-3.607	0.000	-1.410	-0.417

5.2.3 Βήματα για την ανάπτυξη πολυωνυμικού μοντέλου μόνο για τα αυτοκίνητα

Στο πλαίσιο της κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης – CBA που παρουσιάζεται εκτενώς στο 6^ο κεφάλαιο κρίθηκε αναγκαία η δημιουργία ενός στατιστικού μοντέλου αποκλειστικά για τους ερωτηθέντες που **μετακινούνται με αυτοκίνητο**. Αυτό προέκυψε, καθώς από την ανάλυση των αποτελεσμάτων του μοντέλου και τη συνάρτηση χρησιμότητας καθορίζεται το ποσοστό αποδοχής των ερωτηθέντων στο σενάριο της μείωσης των 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας, σε σχέση με το σενάριο της μηδενικής μείωσης.

Το συγκεκριμένο μοντέλο **δεν διαφοροποιείται πουθενά στον κώδικα**, σε σχέση με το μοντέλο που παρουσιάστηκε παραπάνω στο οποίο η βάση δεδομένων συμπεριλάμβανε όλα τα μέσα μεταφοράς. Υπάρχουν ορισμένες προσθήκες σε γραμμές κώδικα που θα παρουσιαστούν παρακάτω.

Αρχικά, εισάγεται η εντολή «`sd['MEANS_TYPE']==1`», ώστε να επιλεγθούν από τη βάση δεδομένων οι απαντήσεις μόνο όσων οδηγούν αυτοκίνητο. Στη συνέχεια, έγινε μια γραφική αναπαράσταση των απαντήσεων για το κάθε σενάριο ώστε να υπάρχει μια οπτική κατανομή των απαντήσεων. Στην παρακάτω εικόνα τις πρόσθετες εντολές σε σχέση με το αρχικό πολυωνυμικό μοντέλο αποτελούν τα `input[3]` και `input[5]` στο οποίο το γράφημα για το choice 0 αντιστοιχίζεται σε όσους απάντησαν ότι επιθυμούν την μηδενική μείωση, το choice 1 την μείωση στα 30 χλμ/ώρα σε μερικό τμήμα του οδικού δικτύου της Αθήνας και το choice 2 την μείωση στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας.

Εικόνα 5.7 Κώδικας για το πολυωνυμικό μοντέλο που αφορά μόνο τα αυτοκίνητα.

```
In [1]: #Import packages
import pandas as pd #dataframe
import numpy as np #arithmetic functions

from matplotlib import pyplot as plt #for plotting
import seaborn as sns #for plotting
import scipy as scp
from patsy import matrices
%matplotlib inline
from matplotlib import colors as mcolors

#Statistical Model
import statsmodels.formula.api as smf
import statsmodels.api as sm

In [2]: #Import Data from Master Table
sd = pd.read_excel('MasterTable.xlsx')

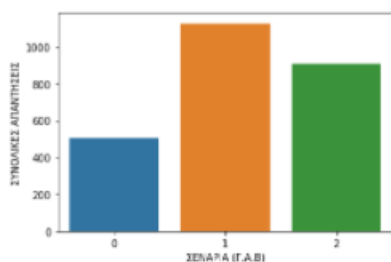
In [3]: sd = sd[sd['MEANS_TYPE'] == 1] #1 for keeping only cars

In [4]: sd.shape

Out[4]: (2541, 38)

In [5]: #Plot the data to see the distributions
#x is the column that is plotted
#y is automatically frequency
ax = sns.countplot(x="Choice", data=sd)
ax.set(xlabel='ΣΕΝΑΡΙΑ (Γ,Α,Β)', ylabel='ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ')

Out[5]: [Text(0.5, 0, 'ΣΕΝΑΡΙΑ (Γ,Α,Β)'), Text(0, 0.5, 'ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ')]
```



Με βάση το παραπάνω γράφημα, σενάριο Γ αποτελεί η εναλλακτική του να μην γίνει καμία μείωση στο όριο της ταχύτητας εντός του οδικού δικτύου της Αθήνας, σενάριο Α είναι η πρώτη εναλλακτική της μείωσης της ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο εκτός των κύριων αρτηριών και το σενάριο Β είναι η μείωση του ορίου ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το οδικό δίκτυο της Αθήνας.

Το υπόλοιπο τμήμα του κώδικα δεν διαφοροποιείται πουθενά σε σχέση με τον κώδικα για όλα τα μέσα. Η μόνη προσθήκη είναι η εντολή `head()` που έγινε για την επιβεβαίωση της σωστής εισαγωγής των δεδομένων.

Εικόνα 5.8 Συνέχεια κώδικα για το πολυωνυμικό μοντέλο που αφορά μόνο στα αυτοκίνητα

```
#Changing the format of the Master Table - We need one column for Time,Fuel and Accident instead of 3
#When Choice = 1,the new columns Time Fuel Accident need to take the respective values from the columns Time1 Fuel1 Accident1
sd.loc[sd['Choice'] == 1, 'Time'] = sd['Time1']
sd.loc[sd['Choice'] == 2, 'Time'] = sd['Time2']
sd.loc[sd['Choice'] == 0, 'Time'] = sd['Time3']

sd.loc[sd['Choice'] == 1, 'Fuel'] = sd['Fuel1']
sd.loc[sd['Choice'] == 2, 'Fuel'] = sd['Fuel2']
sd.loc[sd['Choice'] == 0, 'Fuel'] = sd['Fuel3']

sd.loc[sd['Choice'] == 1, 'Accident'] = sd['Accident1']
sd.loc[sd['Choice'] == 2, 'Accident'] = sd['Accident2']
sd.loc[sd['Choice'] == 0, 'Accident'] = sd['Accident3']

#Convert from Float to Integer
cols = ['Time', 'Fuel', 'Accident']
sd[cols] = sd[cols].applymap(np.int64)

#Changes in Fuel and Accident always correspond to REDUCTIONS that's why we need to make these columns negative:
sd['Accident'] = sd['Accident']*(-1)
sd['Fuel'] = sd['Fuel']*(-1)

sd.head()

Number ID Choice Time1 Time2 Time3 Fuel1 Fuel2 Fuel3 Accident1 ... GENDER AGE RLTNSHIP INCOME EDUCATION PROF CITY Time Fuel
10 2.0 1 1 0 10 0 5 5 0 20 ... 0 1 1 1 5 5 3 0 -5
11 2.0 2 1 10 15 0 5 10 0 10 ... 0 1 1 1 5 5 3 10 -5
12 2.0 3 1 15 15 0 10 10 0 20 ... 0 1 1 1 5 5 3 15 -10
13 2.0 4 2 10 10 0 10 10 0 10 ... 0 1 1 1 5 5 3 10 -10
14 2.0 5 2 0 10 0 20 20 0 10 ... 0 1 1 1 5 5 3 10 -20

5 rows x 41 columns

sdcorr = sd.corr()
#sdcorr.to_excel('CorrelationMatrix_Only_Cars.xlsx', index = False, header = True)

# Normalize values for time, fuel, accident ---> values between 0-1
sd['Time_norm']=(sd['Time']-sd['Time'].min())/(sd['Time'].max()-sd['Time'].min())
sd['Fuel_norm']=(sd['Fuel']-sd['Fuel'].min())/(sd['Fuel'].max()-sd['Fuel'].min())
sd['Accident_norm']=(sd['Accident']-sd['Accident'].min())/(sd['Accident'].max()-sd['Accident'].min())
```

5.2.4 Αποτελέσματα πολυωνυμικού μοντέλου για τα αυτοκίνητα.

Ο κώδικας για την πολυωνυμική παλινδρόμηση υλοποιείται αντίστοιχα μέσω της εντολής «`MNLogit.fit()`», μόνο που εδώ η μέθοδος αριθμητικής βελτιστοποίησης που χρησιμοποιήθηκε είναι η `newton` και οι μόνες **μεταβλητές** που προέκυψαν μετά από αρκετές δοκιμές είναι αυτές του **χρόνου** και του **καυσίμου** («`Time_norm`», «`Fuel_norm`») όπως παρουσιάζονται και στην παρακάτω εικόνα.

Εικόνα 5.9 Βασικός κώδικας για το πολυωνυμικό μοντέλο που αφορά μόνο στα αυτοκίνητα.

```
x2 = sd[['Time_norm', 'Fuel_norm']] #'Accident'
y2 = sd['Choice']

logit_model = sm.MNLogit(y2,sm.add_constant(x2))
logit_model
result = logit_model.fit(method='nm', maxiter=10000)
result.summary()
```

Optimization terminated successfully.
Current function value: 0.354970
Iterations: 832
Function evaluations: 1295

MNLogit Regression Results

Dep. Variable:	Choice	No. Observations:	2541			
Model:	MNLogit	Df Residuals:	2535			
Method:	MLE	Df Model:	4			
Date:	Thu, 27 Jan 2022	Pseudo R-squ.:	0.6617			
Time:	15:01:38	Log-Likelihood:	-901.98			
converged:	True	LL-Null:	-2666.0			
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	0.000			
Choice=1						
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	16.7904	1.022	16.422	0.000	14.766	18.794
Time_norm	4.4461	0.898	4.951	0.000	2.686	6.206
Fuel_norm	-20.2890	1.233	-16.461	0.000	-22.705	-17.873
Choice=2						
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	11.5065	1.097	10.492	0.000	9.357	13.656
Time_norm	13.4881	1.052	12.820	0.000	11.426	15.550
Fuel_norm	-22.7248	1.253	-18.133	0.000	-25.181	-20.268

5.2.5 Βήματα για την ανάπτυξη πολυωνυμικού μοντέλου για τις μοτοσυκλέτες

Στο πλαίσιο της κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης – CBA που παρουσιάζεται εκτενώς στο 6^ο κεφάλαιο κρίθηκε αναγκαία η δημιουργία ενός στατιστικού μοντέλου αποκλειστικά για τους ερωτηθέντες που μετακινούνται με **ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΕΣ**. Αυτό προέκυψε, καθώς από την ανάλυση των αποτελεσμάτων του μοντέλου και τη συνάρτηση χρησιμότητας καθορίζεται το ποσοστό αποδοχής των ερωτηθέντων στο σενάριο της μείωσης των 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας, σε σχέση με το σενάριο της μηδενικής μείωσης.

Το συγκεκριμένο μοντέλο δεν διαφοροποιείται πουθενά στον κώδικα, σε σχέση με το μοντέλο που παρουσιάστηκε παραπάνω στο οποίο η βάση δεδομένων συμπεριλάμβανε όλα τα μέσα μεταφοράς. Υπάρχουν ορισμένες προσθήκες σε γραμμές κώδικα που θα παρουσιαστούν παρακάτω.

Αρχικά, εισάγεται η εντολή «sd[‘MEANS_TYPE’]==2», ώστε να επιλεγθούν από τη βάση δεδομένων οι απαντήσεις μόνο όσων οδηγούν μοτοσυκλέτα. Στη συνέχεια, έγινε μια γραφική αναπαράσταση των απαντήσεων για το κάθε σενάριο ώστε να υπάρχει μια οπτική κατανομή των απαντήσεων. Στην παρακάτω εικόνα τις πρόσθετες εντολές σε σχέση με το αρχικό πολυωνυμικό μοντέλο αποτελούν τα `inrut[3]` και `inrut[5]` στο οποίο το γράφημα για το choice 0 αντιστοιχίζεται σε όσους απάντησαν ότι επιθυμούν την μηδενική μείωση, το choice 1 την μείωση στα 30χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας εκτός των κύριων αρτηριών και το choice 2 την μείωση στα 30χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας.

Εικόνα 5.10 Κώδικας για το πολυωνυμικό μοντέλο που αφορά μόνο τις μοτοσυκλέτες.

```
In [1]: #Import packages
import pandas as pd #dataframe
import numpy as np #arithmetic functions

from matplotlib import pyplot as plt #for plotting
import seaborn as sns #for plotting
import scipy as scp
from patsy import dmatrices
%matplotlib inline
from matplotlib import colors as mcolors

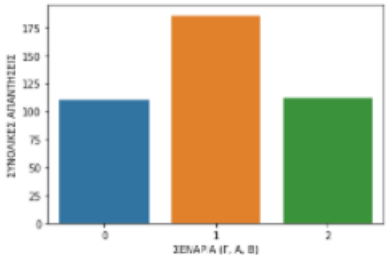
#Statistical model
import statsmodels.formula.api as smf
import statsmodels.api as sm

In [2]: # Import DATA from Master Table
sd = pd.read_excel('MasterTable.xlsx')

In [3]: sd = sd[sd['MEANS_TYPE'] == 2] #2 for keeping only motorcycles

In [4]: sd.shape
Out[4]: (488, 38)

In [5]: #Plot the data to see the distributions
#x is the column that is plotted
#y is automatically frequency
ax = sns.countplot(x="Choice",data=sd)
ax.set(xlabel='ΣΕΝΑΡΙΑ (Γ, Α, Β)', ylabel='ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ')
Out[5]: [Text(0.5, 0, 'ΣΕΝΑΡΙΑ (Γ, Α, Β)'), Text(0, 0.5, 'ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ')]


```

Το υπόλοιπο τμήμα του κώδικα δεν διαφοροποιείται πουθενά σε σχέση με τον κώδικα για όλα τα μέσα και για μόνο αυτοκίνητα.

Εικόνα 5.11 Συνέχεια κώδικα για το πολυωνυμικό μοντέλο που αφορά μόνο τις μοτοσυκλέτες.

```
In [6]: # Change the format of the Master Table - We need one column for Time, Fuels and Accident instead of 3

# When Choice = 1, the new columns Time Fuel Accident need to take the respective values from the columns Time1 Fuel1 Accident1
sd.loc[sd['Choice'] == 1, 'Time'] = sd['Time1']
sd.loc[sd['Choice'] == 2, 'Time'] = sd['Time2']
sd.loc[sd['Choice'] == 0, 'Time'] = sd['Time3']

sd.loc[sd['Choice'] == 1, 'Fuel'] = sd['Fuel1']
sd.loc[sd['Choice'] == 2, 'Fuel'] = sd['Fuel2']
sd.loc[sd['Choice'] == 0, 'Fuel'] = sd['Fuel3']

sd.loc[sd['Choice'] == 1, 'Accident'] = sd['Accident1']
sd.loc[sd['Choice'] == 2, 'Accident'] = sd['Accident2']
sd.loc[sd['Choice'] == 0, 'Accident'] = sd['Accident3']

# Convert from Float to Integer
cols = ['Time', 'Fuel', 'Accident']
sd[cols] = sd[cols].applymap(np.int64)

# Changes in Fuel and Accident always correspond to REDUCTIONS. We need to make these two columns negative:
sd['Accident'] = sd['Accident'] * (-1)
sd['Fuel'] = sd['Fuel'] * (-1)

sd['Time_norm']=(sd['Time']-sd['Time'].min())/(sd['Time'].max()-sd['Time'].min())
sd['Fuel_norm']=(sd['Fuel']-sd['Fuel'].min())/(sd['Fuel'].max()-sd['Fuel'].min())
sd['Accident_norm']=(sd['Accident']-sd['Accident'].min())/(sd['Accident'].max()-sd['Accident'].min())

In [7]: sdcorr = sd.corr()
#sdcorr.to_excel('CorrelationMatrix_Motorcycles.xlsx', index = False, header=True)
```

5.2.6 Αποτελέσματα πολυωνυμικού μοντέλου για τις μοτοσυκλέτες

Έπειτα, ο κώδικας για την πολυωνυμική παλινδρόμηση υλοποιείται αντίστοιχα μέσω της εντολής «MNLLogit.fit()», μόνο που εδώ η μέθοδος αριθμητικής βελτιστοποίησης που χρησιμοποιήθηκε είναι η «cg» και οι μόνες μεταβλητές που προέκυψαν μετά από αρκετές

δοκιμές είναι αυτές του **χρόνου** και του **καυσίμου**. («Time_norm», «Fuel_norm») όπως παρουσιάζονται και στην παρακάτω εικόνα.

Εικόνα 5.12 Βασικός κώδικας για το πολυωνυμικό μοντέλο που αφορά μόνο τις μοτοσυκλέτες.

```
x = sd[['Time_norm', 'Fuel_norm']] # 'Accident'
y = sd['Choice']

logit_model = sm.MNLogit(y, sm.add_constant(x))
logit_model
result = logit_model.fit(method='cg', maxiter=10000) # if answer has nan try bfgs, newton, powell, nm instead of lbfgs
result.summary()
```

Optimization terminated successfully.
 Current function value: 0.293331
 Iterations: 158
 Function evaluations: 505
 Gradient evaluations: 505

MNLogit Regression Results

Dep. Variable:	Choice	No. Observations:	408				
Model:	MNLogit	Df Residuals:	402				
Method:	MLE	Df Model:	4				
Date:	Fri, 28 Jan 2022	Pseudo R-squ.:	0.7249				
Time:	11:41:31	Log-Likelihood:	-119.68				
converged:	True	LL-Null:	-435.08				
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	3.326e-135				
Choice=1	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]	
	const	59.8791	44.772	1.337	0.181	-27.873	147.632
	Time_norm	8.8566	249.431	0.036	0.972	-480.018	497.732
	Fuel_norm	-69.0977	51.415	-1.344	0.179	-169.870	31.674
Choice=2	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]	
	const	56.8780	44.776	1.270	0.204	-30.882	144.638
	Time_norm	14.4661	249.432	0.058	0.954	-474.411	503.343
	Fuel_norm	-71.5359	51.418	-1.391	0.164	-172.314	29.242

5.3 Συναρτήσεις Χρησιμότητας

Από τα πολυωνυμικά μοντέλα «logit_model» που δημιουργήθηκαν για τα επιβατικά και τις μοτοσυκλέτες προκύπτουν από το κάθε μοντέλο δύο συναρτήσεις χρησιμότητας. Η **πρώτη συνάρτηση** αφορά στην επιλογή του σεναρίου της **μείωσης του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας εκτός των κύριων αρτηριών** και η **δεύτερη συνάρτηση** χρησιμότητας αφορά την επιλογή του σεναρίου της **μείωσης της ταχύτητας σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας**.

Οι συναρτήσεις προκύπτουν από τη μαθηματική σχέση που δημιουργείται με βάση τις **σταθερές τιμές (const)** και **τους συντελεστές (coefficients)** των μεταβλητών για κάθε συνάρτηση που έχουν επιλεγεί στο κάθε μοντέλο. Η διαδικασία επιλογής των μεταβλητών στηρίχθηκε σε μεγάλο αριθμό δοκιμών με όσο το δυνατόν περισσότερους συνδυασμούς, των οποίων η σημαντικότητα προέκυπτε με βάση την τιμή P>|z|. Εάν η τιμή ήταν σε απόλυτη τιμή μεγαλύτερη του 0,05, τότε η μεταβλητή δεν κρινόταν σημαντική για το κάθε μοντέλο.

Αρχικά, για το μοντέλο που δημιουργήθηκε με βάση δεδομένων μόνο τους οδηγούς που χρησιμοποιούν αυτοκίνητο προέκυψε το παρακάτω μοντέλο και με βάση, όπως προαναφέρθηκε την σταθερή τιμή και τους συντελεστές των μεταβλητών δημιουργήθηκαν οι παρακάτω συναρτήσεις χρησιμότητας.

Εικόνα 5.13 Τελικό μοντέλο για τα επιβατικά και οι αντίστοιχες συναρτήσεις χρησιμότητας της κάθε εναλλακτικής.

Multinomial Regression Results for Car Drivers			
Dep. Variable:	Choice	No. Observations:	2541
Model:	MNLogit	Df Residuals:	2535
Method:	MLE	Df Model:	4
Date:	Fri, 28 Jan 2022	Pseudo R-squ.:	0,6617
Time:	11:19:10	Log-Likelihood:	-901,98
converged:	TRUE	LL-Null:	-2666.0
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	0.000

Choice1	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	16,7904	1,022	16,422	0,000	14.786	18.794
Time_norm	4,4461	0,898	4,951	0,000	2.686	6.206
Fuel_norm	-20,289	1,233	-16,461	0,000	-22.705	-17.873
Choice 2	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	11,5065	1,097	10,492	0,000	9.357	13.656
Time_norm	13,4881	1,052	12,820	0,000	11.426	15.550
Fuel_norm	-22,725	1,253	-18,133	0,000	-25.181	-20.268

Συνάρτηση Χρησιμότητας:

$$U(\text{Choice1}) = 16,7904 + 4,4461 * \text{Time_norm} - 20,289 * \text{Fuel_norm} \quad (1)$$

$$U(\text{Choice2}) = 11,5065 + 13,4881 * \text{Time_norm} - 22,725 * \text{Fuel_norm} \quad (2)$$

Συγκεκριμένα:

1. Οι όροι 16,7904 και 11,5065 στην συνάρτηση χρησιμότητας για τις μοτοσυκλέτες αποτελούν τους σταθερούς όρους (constant) των συναρτήσεων.
2. Ο όρος Time_norm αποτελεί την μεταβλητή του χρόνου και
3. Ο όρος Fuel_norm αποτελεί την μεταβλητή του καυσίμου
4. Οι όροι 4,4461 και 13,4881 είναι οι συντελεστές του Time_norm για το choice 1 και 2 αντίστοιχα.
5. Οι όροι -20,289 και -22,725 είναι οι συντελεστές του Fuel_norm για το choice 1 και 2 αντίστοιχα.
6. Η επιλογή 1 - **choice 1** αποτελεί το σενάριο της επιλογής της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας εκτός των κύριων αρτηριών, σε σχέση με την επιλογή της καμίας αλλαγής
7. Η επιλογή 2 - **choice 2** αποτελεί αντίστοιχα το σενάριο της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας, σε σχέση με το σενάριο της καμίας μεταβολής.

Με βάση τη **συνάρτηση χρησιμότητας για το choice 1**, δηλαδή την επιλογή της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε μερικό τμήμα του αστικού δικτύου της

Αθήνας προκύπτει η πιθανότητα επιλογής της μείωσης της ταχύτητας σε μερικό τμήμα του αστικού δικτύου από τον παρακάτω τύπο.

$$P(\text{Choice 1}) = \frac{e^{U(\text{Choice 1})}}{1 + e^{U(\text{Choice 1})} + e^{U(\text{Choice 2})}}$$

Όμοια, με βάση τη **συνάρτηση χρησιμότητας για το choice 2**, προκύπτει η πιθανότητα επιλογής της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας, όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω τύπο.

$$P(\text{Choice 2}) = \frac{e^{U(\text{Choice 2})}}{1 + e^{U(\text{Choice 1})} + e^{U(\text{Choice 2})}}$$

Αντίστοιχα, για το μοντέλο που δημιουργήθηκε με βάση δεδομένων μόνο τους οδηγούς που χρησιμοποιούν μοτοσυκλέτα προέκυψε το παρακάτω μοντέλο και με βάση, όπως προαναφέρθηκε την σταθερή τιμή και τους συντελεστές των μεταβλητών δημιουργήθηκαν οι παρακάτω συναρτήσεις χρησιμότητας.

Εικόνα 5.14 Τελικό μοντέλο για τις μοτοσυκλέτες και οι αντίστοιχες συναρτήσεις χρησιμότητας της κάθε εναλλακτικής.

Multinomial Regression Results for Motorcycle Drivers			
Dep. Variable:	Choice	No. Observations:	408
Model:	MNLogit	Df Residuals:	402
Method:	MLE	Df Model:	4
Date:	Fri, 11 Feb 2022	Pseudo R-squ.:	0,7249
Time:	12:38:53	Log-Likelihood:	-119,71
converged:	TRUE	LL-Null:	-435,08
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	3,43E-135

Choice1	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	54,1802	29,824	1,817	0,069	-4,274	112,635
Time_norm	9,2201	189,095	0,049	0,961	-361,399	379,839
Fuel_norm	-62,56	34,143	-1,832	0,067	-129,479	4,359
Choice 2	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	51,1794	29,83	1,716	0,086	-7,286	109,645
Time_norm	14,8292	189,096	0,078	0,937	-355,793	385,451
Fuel_norm	-65,00	34,148	-1,903	0,057	-131,927	1,93

Συνάρτηση Χρησιμότητας:

$$U(\text{Choice1}) = 54,1802 + 9,2201 * \text{Time_norm} - 62,56 * \text{Fuel_norm} \quad (1)$$

$$U(\text{Choice 2}) = 51,1794 + 14,8292 * \text{Time_norm} - 65,00 * \text{Fuel_norm} \quad (2)$$

Συγκεκριμένα:

1. Οι όροι 54,1802 και 51,1794 στην συνάρτηση χρησιμότητας για τις μοτοσυκλέτες αποτελούν τους σταθερούς όρους (constant) των συναρτήσεων.

2. Ο όρος $Time_norm$ αποτελεί την μεταβλητή του χρόνου και
3. Ο όρος $Fuel_norm$ αποτελεί την μεταβλητή του καυσίμου
4. Οι όροι 9,2201 και 14,8292 είναι οι συντελεστές του $Time_norm$ για το choice 1 και 2 αντίστοιχα.
5. Οι όροι -62,56 και -65,00 είναι οι συντελεστές του $Fuel_norm$ για το choice 1 και 2 αντίστοιχα.
6. Η επιλογή 1- **choice 1** αποτελεί το σενάριο της επιλογής της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας εκτός των κύριων αρτηριών, σε σχέση με την επιλογή της καμίας αλλαγής.
7. Η επιλογή 2- **choice 2** αποτελεί αντίστοιχα το σενάριο της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας, σε σχέση με το σενάριο της καμίας μεταβολής.

Με βάση τη **συνάρτηση χρησιμότητας για το choice 1**, δηλαδή την επιλογή της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε μερικό τμήμα του αστικού δικτύου της Αθήνας προκύπτει η πιθανότητα επιλογής της μείωσης της ταχύτητας σε μερικό τμήμα του αστικού δικτύου από τον παρακάτω τύπο.

$$P(\text{Choice 1}) = \frac{e^{U(\text{Choice 1})}}{1 + e^{U(\text{Choice 1})} + e^{U(\text{Choice 2})}}$$

Όμοια, με βάση τη **συνάρτηση χρησιμότητας για το choice 2**, προκύπτει η πιθανότητα επιλογής της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας, όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω τύπο.

$$P(\text{Choice 2}) = \frac{e^{U(\text{Choice 2})}}{1 + e^{U(\text{Choice 1})} + e^{U(\text{Choice 2})}}$$

Από τα παραπάνω δύο τελικά μοντέλα, χρησιμοποιήθηκε τελικά η συνάρτηση χρησιμότητας του choice 2 των επιβατικών, δηλαδή εκείνη που αφορά το σενάριο επιλογής της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο. Με βάση τις τιμές των δέκα σεναρίων που είχαν δοθεί στους ερωτηθέντες του ερωτηματολογίου και την συνάρτηση χρησιμότητας (2) έγινε ο υπολογισμός του **ποσοστού αποδοχής του μέτρου**, το οποίο ανέρχεται στο **82%**.

5.4 Στατιστικό μοντέλο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

5.4.1 Βήματα για την ανάπτυξη διωνυμικού μοντέλου πρώτης εναλλακτικής

Με το πρότυπο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης και με τη χρήση του Jupyter Notebook πραγματοποιείται η στατιστική ανάλυση της ερώτησης «**Συμφωνείτε με την μείωση των ορίων ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο εντός των κυρίων αρτηριών**» και «**Συμφωνείτε με τη μείωση των ορίων ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο**». Η διαδικασία είναι παρόμοια με αυτή της πολυωνυμικής παλινδρόμησης. Η μόνη διαφορά είναι πως στη βάση δεδομένων της λογιστικής παλινδρόμησης δεν υπάρχουν οι μεταβλητές «Choice», «Time1», «Time2», «Time3», «Fuel1», «Fuel2», «Fuel3», «Accident1», «Accident2», «Accident3». Το script με όλα τα packages είναι το ίδιο με των προηγούμενων μοντέλων της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης. Αρχικά,

εισάγεται το τελικό αρχείο excel με το βασικό πίνακα του μοντέλου που περιέχει τα κωδικοποιημένα δεδομένα των μεταβλητών του ερωτηματολογίου μέσω της εντολής «pd.read_excel('Master Table-BinomialS2.xlsx)». Στη συνέχεια, μέσω της εντολής «sd.head(10)», ελέγχεται η σωστή εισαγωγή δεδομένων.

Εικόνα 5.15 Κώδικας Διωνυμικής Παλινδρόμησης για την πρώτη εναλλακτική

```
In [1]: import pandas as pd
import numpy as np
import seaborn as sns
from matplotlib import pyplot as plt
import scipy as scp
from patsy import dmatrices
import sklearn
import seaborn as sns

%matplotlib inline
from matplotlib import colors as mcolors
import statsmodels.formula.api as smf
import statsmodels.api as sm

import pylab as pl
from sklearn.metrics import roc_auc_score
from sklearn.metrics import roc_curve
from sklearn.metrics import mean_squared_error
from math import sqrt

In [2]: #read the dataset
sd = pd.read_excel('Master Table-BinomialS2.xlsx')

In [3]: #show the first 10 rows
sd.head(10)
```

Number	ID	S2	EXP	MEANS_TYPE	FREQ	PROPERTY_ACCID	INJURY_ACCID	VIOLATIONS	WORRIED	...	IF_OTHERS_SPEED	IF_PEDE	IF_POLICE	GE
0	1.0	1	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
1	1.0	2	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
2	1.0	3	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
3	1.0	4	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
4	1.0	5	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
5	1.0	6	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
6	1.0	7	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
7	1.0	8	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
8	1.0	9	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
9	1.0	10	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	

10 rows x 27 columns

Στη συνέχεια, γίνεται μια απεικόνιση των δεδομένων, όπου όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω γράφημα δείχνει τις απαντήσεις των ερωτηθέντων (Ναι/ Όχι) στην ερώτηση «Συμφωνείτε με τη μείωση της ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε μερικό τμήμα του οδικού δικτύου της Αθήνας». Έπειτα, μέσω της εντολής «sd_cor=sd.cor()» πραγματοποιήθηκε έλεγχος συσχέτισης των μεταβλητών και γίνεται η εξαγωγή του πίνακα συσχέτισης μεταβλητών σε ένα κενό αρχείο excel με όνομα «CorrelationS2b.xlsx», «sd_cor.to_excel('CorrelationS2b.xlsx',index=False,header=True)», όπου index θεωρείται False για να μη συμπεριληφθεί και η αρίθμηση των σειρών στο αρχείο excel, ενώ ως header= True ,γιατί είναι επιθυμητό να εμφανίζονται στο αρχείο excel τα ονόματα των στηλών, δηλαδή τα ονόματα των μεταβλητών.

Ο έλεγχος του πίνακα συσχέτισης και το φιλτράρισμα των τιμών με τιμή μεγαλύτερη του απόλυτου 0,5 πραγματοποιήθηκε στο excel με το όνομα «Correlation» και αποκλείστηκαν οι μεταβλητές «FREQ», «STAT_DEATHS», «IF_ROAD_TYPE», «RLTNSHIP», «AGE» μετά από κατάλληλες δοκιμές.

Στη συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία, υπάρχουν ορισμένες μεταβλητές που λαμβάνουν διακριτές τιμές. Κάθε μεταβλητή πρέπει να ανατεθεί στο είδος της είτε δηλαδή είναι συνεχής (numeric/continuous) είτε διακριτή/κατηγορική (factorial) και για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται η εντολή pd.get_dummies όπου μετατρέπει τις διακριτές/κατηγορικές σε εικονικές μεταβλητές. Ουσιαστικά, η εικονική μεταβλητή είναι μια δυαδική μεταβλητή που δείχνει εάν μια ξεχωριστή κατηγορική μεταβλητή λαμβάνει μια συγκεκριμένη τιμή.

Τέλος, μέσω της εντολής «print(col)» ελέγχουμε όλες τις μεταβλητές μας και μέσω του «dtypes» όλους τους τύπους των μεταβλητών. Για αυτό γίνεται και μετατροπή των μεταβλητών που είναι float σε integers.

Οι παραπάνω εντολές παρουσιάζονται στην εικόνα 5.16

Εικόνα 5.16 Συνέχεια κώδικα διωνυμικής παλινδρόμησης για την 1^η Εναλλακτική

```
Plot the data

In [4]: # Plot data
ax = sns.countplot(x="S2", data=sd)
ax.set(xlabel="Απαντήσεις (Ναι/Όχι)", ylabel='Συνολικές Απαντήσεις')

Out[4]: [Text(0.5, 0, 'Απαντήσεις (Ναι/Όχι)'), Text(0, 0.5, 'Συνολικές Απαντήσεις')]

Correlation Matrix

In [5]: #Correlation
sd_cor = sd.corr()

In [6]: sd_cor.to_excel('Correlation52b.xlsx', index=False, header=True)

In [7]: # It is needed to remove the correlated columns bases on the correlation matrix

In [8]: # drop columns command
sd = sd.drop(['FREQ', 'STAT_DEATHS', 'IF_ROAD_TYPE', 'AGE', 'RLTNSHIP'], axis=1)

In [9]: sd = pd.get_dummies(sd, columns=["INJURY_ACCID", "MEANS_TYPE", "VIOLATIONS", "SPEED_ROLE", "VULN_PROT", "IF_PEDA", "IF_OTHERS_SPEE"])

In [10]: # The "pd.get_dummies" command changes the form of the database.
# Every column with numerical values e.g., three different numerical values such as 1-2-3 will become 3 different columns.
# This is why from 28 columns we have 70 after running the "pd.get_dummies" command.
# Iterating the columns, so that we can see all the new columns.
for col in sd.columns:
    print(col)

In [11]: sd.shape

Out[11]: (4880, 60)

In [12]: sd.dtypes

Out[12]: Number          float64
ID                   int64
S2                   int64
EXP                  int64
PROPERTY_ACCID      int64
WORRIED              int64
STAT_INJURIES       int64
IF_TRAFFIC          int64

In [13]: #convert floats to integers
sd['S2'] = sd['S2'].astype(int)
```

Στο επόμενο input δημιουργούνται τα σύνολα δεδομένων και χωρίζεται η εξαρτημένη μεταβλητή «S2» (που αντιπροσωπεύει τη θέληση των ερωτώμενων να δεχθούν την μείωση από 50 χλμ/ώρα στα 30 χλμ/ώρα σε ένα τμήμα του αστικού δικτύου της Αθήνας). Αρχικά, όπως αναφέρθηκε έχουν αφαιρεθεί μόνο οι μεταβλητές που έχουν υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους-μία από τις 2- και έπειτα όσο προχωράει το μοντέλο και μετά από πολλές δοκιμές και συνδυασμούς, απορρίπτονται και οι μεταβλητές που θεωρούνται στατιστικά ασήμαντες, με αποτέλεσμα να αφαιρούνται από την 'ισότητα-formula' και έτσι να δημιουργείται το παρακάτω τελικό μοντέλο.

Εικόνα 5.17 Κώδικας Μοντέλου για την 1^η Εναλλακτική

Model 6

```
X6 = sd[['EXP', 'WORRIED', 'EDUCATION_5',
        'VULN_PROT_1', 'VULN_PROT_2',
        'SPEED_ROLE_1', 'SPEED_ROLE_2', 'SPEED_ROLE_3',
        'INJURY_ACCID_1', 'INJURY_ACCID_2',
        'MEANS_TYPE_1', 'PROPERTY_ACCID',
        'VIOLATIONS_2',
        'IF_PEDE_1', 'IF_PEDE_2' ]]
# 'PROF_6', 'GENDER', 'IF_FREQ', 'MEANS_TYPE_3',
# 'IF_OTHERS_SPEED_1', 'IF_OTHERS_SPEED_2' 'EDUCATION_6',
Y6 = sd['S2']

X6 = sm.add_constant(X6)

model_6 = sm.Logit(Y6, X6).fit()
pred_6 = model_6.predict(X6)

print(model_6.summary())
```

Optimization terminated successfully.
Current function value: 0.560030
Iterations 6

Logit Regression Results						
=====						
Dep. Variable:	S2	No. Observations:	4080			
Model:	Logit	Df Residuals:	4064			
Method:	MLE	Df Model:	15			
Date:	Fri, 21 Jan 2022	Pseudo R-squ.:	0.1126			
Time:	02:18:53	Log-Likelihood:	-2284.9			
converged:	True	LL-Null:	-2575.0			
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	6.055e-114			
=====						
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	-1.1646	0.329	-3.536	0.000	-1.810	-0.519
EXP	0.1119	0.035	3.241	0.001	0.044	0.180
WORRIED	-0.0928	0.043	-2.172	0.030	-0.176	-0.009
EDUCATION_5	-0.4396	0.089	-4.965	0.000	-0.613	-0.266
VULN_PROT_1	1.8242	0.163	11.189	0.000	1.505	2.144
VULN_PROT_2	1.0169	0.076	13.381	0.000	0.868	1.166
SPEED_ROLE_1	-2.0024	0.447	-4.484	0.000	-2.878	-1.127
SPEED_ROLE_2	-2.0692	0.207	-9.993	0.000	-2.475	-1.663
SPEED_ROLE_3	-0.4363	0.078	-5.624	0.000	-0.588	-0.284
INJURY_ACCID_1	1.9655	0.303	6.487	0.000	1.372	2.559
INJURY_ACCID_2	1.5667	0.344	4.553	0.000	0.892	2.241
MEANS_TYPE_1	-0.1899	0.080	-2.363	0.018	-0.347	-0.032
PROPERTY_ACCID	-0.0938	0.040	-2.341	0.019	-0.172	-0.015
VIOLATIONS_2	-0.4282	0.087	-4.936	0.000	-0.598	-0.258
IF_PEDE_1	1.3835	0.406	3.406	0.001	0.587	2.180
IF_PEDE_2	0.6588	0.157	4.204	0.000	0.352	0.966
=====						

5.4.2 Αποτελέσματα της ανάπτυξης του διωνυμικού μοντέλου της πρώτης εναλλακτικής

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3, χρησιμοποιούνται οι εντολές AIC και BIC στα κριτήρια επιλογής μοντέλων. Το Akaike Information Criterion (Κριτήρια Πληροφοριών του Akaike) (AIC) υπολογίζει την ποιότητα του κάθε μοντέλου σε σχέση με τα υπόλοιπα μοντέλα και το Bayesian Information Criterion (BIC) είναι ένα κριτήριο για την επιλογή μοντέλου μεταξύ ενός πεπερασμένου συνόλου μοντέλων. Κατά κανόνα, προτιμάται το μοντέλο με **το χαμηλότερο BIC**. Ταυτόχρονα, έγινε η γραφική απεικόνιση της καμπύλης ROC που χρησιμεύει στην οπτικοποίηση του μοντέλου, παρουσιάζοντας δυο παραμέτρους γνωστές ως True Positive Rate και False Positive Rate. Στην εικόνα 5.16 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του AIC και του BIC και η καμπύλη ROC.

Εικόνα 5.18 AIC, BIC, ROC

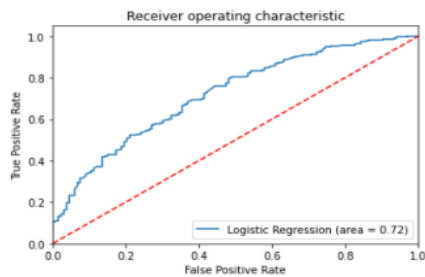
```
# AIC and BIC
print('AIC =', model_6.aic)
print('BIC =', model_6.bic)
```

```
AIC = 4601.842384914664
BIC = 4702.864021193035
```

```
rms6 = sqrt(mean_squared_error(sd['S2'].values, pred_6))
print('RMSE for model 6:', rms6)
```

```
RMSE for model 6: 0.43595655957823415
```

```
# ROC
logit_roc_auc = roc_auc_score(sd['S2'].values, pred_6)
fpr, tpr, thresholds = roc_curve(sd['S2'].values, pred_6)
plt.figure()
plt.plot(fpr, tpr, label='Logistic Regression (area = %0.2f)' % logit_roc_auc)
plt.plot([0, 1], [0, 1], 'r--')
plt.xlim([0.0, 1.0])
plt.ylim([0.0, 1.05])
plt.xlabel('False Positive Rate')
plt.ylabel('True Positive Rate')
plt.title('Receiver operating characteristic')
plt.legend(loc="lower right")
plt.savefig('Log_ROC')
plt.show()
```



Επομένως, ως βέλτιστο μοντέλο στο ερώτημα για την επιλογή της μείωσης της ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε μερικό τμήμα του αστικού δικτύου της Αθήνας προέκυψε το μοντέλο της εικόνας 5.19, τα αποτελέσματα του οποίου αναλύονται εκτενέστερα παρακάτω.

Εικόνα 5.19 Τελικό Μοντέλο για το ερώτημα της μείωσης της ταχύτητας σε μερικό τμήμα του αστικού δικτύου

Binomial Model for speed reduction at a part of urban city						
Current function value: 0.549980						
Iterations 7						
Logit Regression Results						
Dep. Variable:	S2			No. Observations	4080	
Model:	Logit			Df Residuals	4064	
Method:	MLE			Df Model	15	
Date:	Thu, 20 Jan 2022			Pseudo R-squ.:	0,1126	
Time	15:42:20			Log-Likelihood	-2284,9	
converged	True			LL-Null	-2575,00	
Covariance Type	nonrobust			LLR p-value	6,055E-114	
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	-1.1646	0.329	-3.536	0.000	-1.810	-0.519
EXP	0.1119	0.035	3.241	0.001	0.044	0.180
WORRIED	-0.0928	0.043	-2.172	0.030	-0.176	-0.009
EDUCATION_5	-0.4396	0.089	-4.965	0.000	-0.613	-0.266
VULN_PROT_1	1.8242	0.163	11.189	0.000	1.505	2.144
VULN_PROT_2	1.0169	0.076	13.381	0.000	0.868	1.166
SPEED_ROLE_1	-2.0024	0.447	-4.484	0.000	-2.878	-1.127
SPEED_ROLE_2	-2.0692	0.207	-9.993	0.000	-2.475	-1.663
SPEED_ROLE_3	-0.4363	0.078	-5.624	0.000	-0.588	-0.284
INJURY_ACCID_1	1.9655	0.303	6.487	0.000	1.372	2.559
INJURY_ACCID_2	1.5667	0.344	4.553	0.000	0.892	2.241
MEANS_TYPE_1	-0.1899	0.080	-2.363	0.018	-0.347	-0.032
PROPERTY_ACCID	-0.0938	0.040	-2.341	0.019	-0.172	-0.015
VIOLATIONS_2	-0.4282	0.087	-4.936	0.000	-0.598	-0.258
IF_PEDE_1	1.3835	0.406	3.406	0.001	0.587	2.180
IF_PEDE_2	0.6588	0.157	4.204	0.000	0.352	0.966

5.4.3 Βήματα για την ανάπτυξη διωνυμικού μοντέλου δεύτερης εναλλακτικής

Για τη δημιουργία του μοντέλου της επιλογής της μείωσης σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας **ακολουθήθηκε ακριβώς ο ίδιος κώδικας** με το μοντέλο της πρώτης εναλλακτικής. Μοναδική διαφοροποίηση αποτελεί το τελικό μοντέλο, καθώς οι στατιστικά σημαντικές μεταβλητές δεν ήταν ακριβώς οι ίδιες.

Αρχικά, εισάγεται το τελικό αρχείο excel με το βασικό πίνακα του μοντέλου που περιέχει τα κωδικοποιημένα δεδομένα των μεταβλητών του ερωτηματολογίου μέσω της εντολής «`pd.read_excel('Master Table-Binomial.xlsx')`». Στη συνέχεια, μέσω της εντολής «`sd.head(10)`», ελέγχεται η σωστή εισαγωγή δεδομένων. (Εικόνα 5.20)

Εικόνα 5.20 Κώδικας για την 2^η Εναλλακτική της μείωσης σε όλο το αστικό δίκτυο

```
In [1]: import pandas as pd
import numpy as np
import seaborn as sns
from matplotlib import pyplot as plt
import scipy as scp
from patsy import dmatrices
import sklearn
import seaborn as sns

%matplotlib inline
from matplotlib import colors as mcolors
import statsmodels.formula.api as smf
import statsmodels.api as sm

import pylab as pl
from sklearn.metrics import roc_auc_score
from sklearn.metrics import roc_curve
from sklearn.metrics import mean_squared_error
from math import sqrt

In [2]: #read the dataset
sd = pd.read_excel('Master Table-Binomial.xlsx')

In [3]: #show the first 10 rows
sd.head(10)

Out[3]:
```

	Number	ID	S1	EXP	MEANS_TYPE	FREQ	PROPERTY_ACCID	INJURY_ACCID	VIOLATIONS	WORRIED	...	IF_OTHERS_SPEED	IF_PEDE	IF_POLICE	GE
0	1.0	1	0	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
1	1.0	2	0	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
2	1.0	3	0	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
3	1.0	4	0	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
4	1.0	5	0	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
5	1.0	6	0	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
6	1.0	7	0	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
7	1.0	8	0	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
8	1.0	9	0	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	
9	1.0	10	0	2	5	3	1	1	1	3	...	2	4	3	

10 rows x 27 columns

Στη συνέχεια, γίνεται μια απεικόνιση των δεδομένων, όπου όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω γράφημα δείχνει τις απαντήσεις των ερωτηθέντων (Ναι/ Όχι) στην ερώτηση «Συμφωνείτε με τη μείωση της ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το οδικό δίκτυο της Αθήνας». Έπειτα, μέσω της εντολής «sd_cor=sd.cor()» πραγματοποιήθηκε έλεγχος συσχέτισης των μεταβλητών. Αντίστοιχα, γίνεται η εξαγωγή του πίνακα συσχέτισης μεταβλητών σε ένα κενό αρχείο excel με όνομα «Correlation.xlsx» «sd_cor.to_excel('Correlation.xlsx',index=False,header=True)». Ο έλεγχος του πίνακα συσχέτισης και το φιλτράρισμα των τιμών με τιμή μεγαλύτερη του απόλυτου 0,5 πραγματοποιήθηκε στο excel με το όνομα «Correlation» και αποκλείστηκαν οι μεταβλητές «FREQ», «MEANS_TYPE», «STAT_DEATHS», «IF_ROAD_TYPE», «RLTNSHIP», «AGE» μετά από κατάλληλες δοκιμές.

Στη συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία, υπάρχουν ορισμένες μεταβλητές που λαμβάνουν διακριτές τιμές . Κάθε μεταβλητή πρέπει να ανατεθεί στο είδος της είτε δηλαδή είναι συνεχής (numeric/continuous) είτε διακριτή/κατηγορική (factorial) και για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται η εντολή pd.get_dummies όπου μετατρέπει τις διακριτές/κατηγορικές σε εικονικές μεταβλητές. Ουσιαστικά, η εικονική μεταβλητή είναι μια δυαδική μεταβλητή που δείχνει εάν μια ξεχωριστή κατηγορική μεταβλητή λαμβάνει μια συγκεκριμένη τιμή.

Τέλος, μέσω της εντολής «print(col)» ελέγχουμε όλες τις μεταβλητές μας και μέσω του «dtypes» όλους τους τύπους των μεταβλητών. Για αυτό γίνεται και μετατροπή των μεταβλητών που είναι float σε integers.

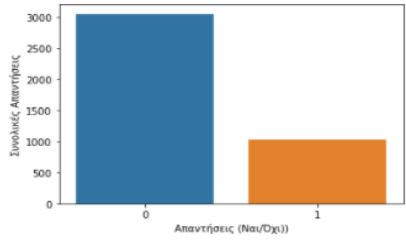
Οι παραπάνω εντολές παρουσιάζονται στην εικόνα 5.21

Εικόνα 5.21 Συνέχεια Κώδικα για την 2^η Εναλλακτική της μείωσης σε όλο το αστικό δίκτυο

Plot the data

```
In [4]: # Plot data
ax = sns.countplot(x="S1",data=sd)
ax.set(xlabel='Απαντήσεις (Ναι/Όχι)', ylabel='Συνολικές Απαντήσεις')
```

```
Out[4]: [Text(0.5, 0, 'Απαντήσεις (Ναι/Όχι)'), Text(0, 0.5, 'Συνολικές Απαντήσεις')]
```



```
Correlation Matrix
```

```
In [5]: #Correlation
sd_cor = sd.corr()
```

```
In [6]: sd_cor.to_excel('Correlation.xlsx',index=False,header=True)
```

```
In [7]: # it is needed to remove the correlated columns bases on the correlation matrix
```

```
In [8]: # drop columns command
sd = sd.drop(['FREQ', 'MEANS_TYPE', 'STAT_DEATHS', 'IF_ROAD_TYPE', 'AGE', 'RLTNSHIP'],axis=1)
```

```
In [9]: sd = pd.get_dummies(sd,columns=["INJURY_ACCID", "VIOLATIONS", "SPEED_ROLE", "VULN_PROT", "IF_PEDE", "IF_OTHERS_SPEED", "IF_POLICE", "IN"
```

```
In [10]: # The "pd.get_dummies" command changes the form of the database.
# Every column with numerical values e.g., three different numerical values such as 1-2-3 will become 3 different columns.
# This is why from 28 columns we have 70 after running the "pd.get_dummies" command.

# iterating the columns, so that we can see all the new columns.
for col in sd.columns:
    print(col)
```

```
Number
ID
S1
EXP
PROPERTY_ACCID
```

```
In [11]: sd.shape
```

```
Out[11]: (4080, 55)
```

```
In [12]: sd.dtypes
```

```
Out[12]: Number          float64
ID                int64
S1                int64
EXP              int64
PROPERTY_ACCID   int64
WORRIED          int64
STAT_INJURIES    int64
IF_TRAFFIC       int64
IF_FREQ          int64
GENDER           int64
.....
.....
```

```
In [13]: #convert floats to integers
sd['S1'] = sd['S1'].astype(int)
```

Στο επόμενο input δημιουργούνται τα σύνολα δεδομένων και χωρίζεται η εξαρτημένη μεταβλητή «S1» (που αντιπροσωπεύει τη θέληση των ερωτώμενων να δεχθούν την μείωση από 50χλμ/ώρα στα 30χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας). Αρχικά, όπως αναφέρθηκε έχουν αφαιρεθεί μόνο οι μεταβλητές που έχουν υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους-μία από τις δύο- και έπειτα όσο προχωράει το μοντέλο και μετά από πολλές δοκιμές και συνδυασμούς, απορρίπτονται και οι μεταβλητές που θεωρούνται στατιστικά ασήμαντες.

5.4.4 Αποτελέσματα της ανάπτυξης διωνυμικού μοντέλου της δεύτερης εναλλακτικής

Εικόνα 5.22 Κώδικας Μοντέλου για την 2^η Εναλλακτική

Model 6

```
X6 = sd[['EXP', 'WORRIED', 'EDUCATION_5',
        'VULN_PROT_1', 'VULN_PROT_2',
        'SPEED_ROLE_1', 'SPEED_ROLE_2', 'SPEED_ROLE_3',
        'INJURY_ACCID_1', 'INJURY_ACCID_2',
        'MEANS_TYPE_1', 'PROPERTY_ACCID',
        'VIOLATIONS_2',
        'IF_PEDE_1', 'IF_PEDE_2' ]]
# 'PROF_6', 'GENDER', 'IF_FREQ', 'MEANS_TYPE_3',
# 'IF_OTHERS_SPEED_1', 'IF_OTHERS_SPEED_2', 'EDUCATION_6',
Y6 = sd['S2']

X6 = sm.add_constant(X6)

model_6 = sm.Logit(Y6, X6).fit()
pred_6 = model_6.predict(X6)

print(model_6.summary())
```

Optimization terminated successfully.
Current function value: 0.560030
Iterations 6

```
=====
                    Logit Regression Results
=====
Dep. Variable:                S2      No. Observations:                4080
Model:                        Logit    Df Residuals:                    4064
Method:                        MLE     Df Model:                        15
Date:                          Fri, 21 Jan 2022    Pseudo R-squ.:                   0.1126
Time:                          02:18:53         Log-Likelihood:                   -2284.9
converged:                      True      LL-Null:                          -2575.0
Covariance Type:                nonrobust    LLR p-value:                      6.055e-114
=====
              coef      std err          z      P>|z|      [0.025      0.975]
-----
const          -1.1646      0.329        -3.536      0.000        -1.810        -0.519
EXP              0.1119      0.035         3.241      0.001         0.044         0.180
WORRIED         -0.0928      0.043        -2.172      0.030        -0.176        -0.009
EDUCATION_5     -0.4396      0.089        -4.965      0.000        -0.613        -0.266
VULN_PROT_1     1.8242      0.163        11.189      0.000         1.505         2.144
VULN_PROT_2     1.0169      0.076        13.381      0.000         0.868         1.166
SPEED_ROLE_1   -2.0024      0.447        -4.484      0.000        -2.878        -1.127
SPEED_ROLE_2   -2.0692      0.207        -9.993      0.000        -2.475        -1.663
SPEED_ROLE_3   -0.4363      0.078        -5.624      0.000        -0.588        -0.284
INJURY_ACCID_1  1.9655      0.303         6.487      0.000         1.372         2.559
INJURY_ACCID_2  1.5667      0.344         4.553      0.000         0.892         2.241
MEANS_TYPE_1   -0.1899      0.080        -2.363      0.018        -0.347        -0.032
PROPERTY_ACCID -0.0938      0.040        -2.341      0.019        -0.172        -0.015
VIOLATIONS_2   -0.4282      0.087        -4.936      0.000        -0.598        -0.258
IF_PEDE_1       1.3835      0.496         3.406      0.001         0.587         2.180
IF_PEDE_2       0.6588      0.157         4.204      0.000         0.352         0.966
=====
```

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3, χρησιμοποιούνται οι εντολές AIC και BIC στα κριτήρια επιλογής μοντέλων. Το Akaike Information Criterion (Κριτήρια Πληροφοριών του Akaike) (AIC) υπολογίζει την ποιότητα του κάθε μοντέλου σε σχέση με τα υπόλοιπα μοντέλα και το Bayesian Information Criterion (BIC) είναι ένα κριτήριο για την επιλογή μοντέλου μεταξύ ενός πεπερασμένου συνόλου μοντέλων. Κατά κανόνα, προτιμάται το μοντέλο με το χαμηλότερο BIC. Ταυτόχρονα, έγινε η γραφική απεικόνιση της καμπύλης ROC που χρησιμεύει στην οπτικοποίηση του μοντέλου, παρουσιάζοντας δυο παραμέτρους γνωστές ως True Positive Rate και False Positive Rate. Στην εικόνα 5.23 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του AIC και του BIC και η καμπύλη ROC.

Εικόνα 5.23 AIC, BIC, ROC

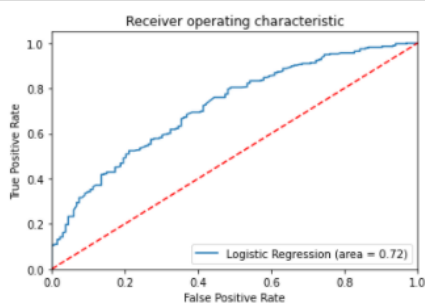
```
# AIC and BIC
print('AIC =', model_6.aic)
print('BIC =', model_6.bic)
```

```
AIC = 4601.842384914664
BIC = 4702.864021193035
```

```
rms6 = sqrt(mean_squared_error(sd['S2'].values, pred_6))
print('RMSE for model 6:', rms6)
```

```
RMSE for model 6: 0.43595655957823415
```

```
# ROC
logit_roc_auc = roc_auc_score(sd['S2'].values, pred_6)
fpr, tpr, thresholds = roc_curve(sd['S2'].values, pred_6)
plt.figure()
plt.plot(fpr, tpr, label='Logistic Regression (area = %0.2f)' % logit_roc_auc)
plt.plot([0, 1], [0, 1], 'r--')
plt.xlim([0.0, 1.0])
plt.ylim([0.0, 1.05])
plt.xlabel('False Positive Rate')
plt.ylabel('True Positive Rate')
plt.title('Receiver operating characteristic')
plt.legend(loc="lower right")
plt.savefig('Log_ROC')
plt.show()
```



Επομένως, ως βέλτιστο μοντέλο στο ερώτημα για την επιλογή της μείωσης της ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας προέκυψε το μοντέλο της εικόνας 5.24, τα αποτελέσματα του οποίου αναλύονται εκτενέστερα παρακάτω.

Εικόνα 5.24 Τελικό Μοντέλο για το ερώτημα της μείωσης της ταχύτητας σε όλο το αστικό δίκτυο

Model for speed reduction-urban city of Athens						
Current function value: 0.460498						
Iterations 7						
Logit Regression Results						
Dep. Variable:	S1	No. Observations	4080			
Model:	Logit	Df Residuals	4064			
Method:	MLE	Df Model	15			
Date:	Thu, 20 Jan 2022	Pseudo R-squ.:	0,1635			
Time	15:42:20	Log-Likelihood	-1928,3			
converged	True	LL-Null	-2305,2			
Covariance Type	nonrobust	LLR p-value	#####			
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	-0.7264	0.438	-1.660	0.097	-1.584	0.131
IF_TRAFFIC	-0.3163	0.054	-5.838	0.000	-0.422	-0.210
WORRIED	0.2026	0.047	4.355	0.000	0.111	0.294
PROPERTY_ACCID	-0.4138	0.049	-8.448	0.000	-0.510	-0.318
STAT_INJURIES	-0.1105	0.032	-3.460	0.001	-0.173	-0.048
SPEED_ROLE_2	-1.4522	0.340	-4.268	0.000	-2.119	-0.785
SPEED_ROLE_3	-0.6252	0.093	-6.744	0.000	-0.807	-0.443
PROF_2	0.8769	0.090	9.729	0.000	0.700	1.054
PROF_5	0.6296	0.172	3.659	0.000	0.292	0.967
IF_PEDE_2	1.5280	0.153	9.981	0.000	1.228	1.828
VULN_PROT_3	-0.6940	0.092	-7.551	0.000	-0.874	-0.514
INJURY_ACCID_2	2.0685	0.184	11.235	0.000	1.708	2.429
VIOLATIONS_1	1.2431	0.344	3.616	0.000	0.569	1.917
VIOLATIONS_2	0.9733	0.352	2.761	0.006	0.282	1.664
CITY_1	-0.5359	0.092	-5.826	0.000	-0.716	-0.356
INCOME_3	0.4337	0.104	4.159	0.000	0.229	0.638

5.5 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων

5.5.1 Πολυωνυμικό Μοντέλο

Αρχικά, για το πολυωνυμικό μοντέλο (βλ. ενότητα 5.2.1 & 5.2.2) που αφορά σε όλους τους ερωτηθέντες πρέπει να εξεταστεί η σημασία των μεταβλητών αποφάσεων που έχουν προκύψει. Για το choice 1 του μοντέλου, προέκυψαν οι παρακάτω μεταβλητές :

- Χρόνος (Time)
Με βάση τις τιμές των σεναρίων που δόθηκαν στους συμμετέχοντες, **όσοι οδηγοί προτιμούν την αύξηση του χρόνου**, είναι περισσότερο πιθανό να **επιλέξουν τη μείωση των ορίων ταχύτητας** σε ένα τμήμα του αστικού δικτύου. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι η προτίμηση μείωσης του καυσίμου και μείωσης της πιθανότητας του ατυχήματος σχετίζονται ευθέως με την αύξηση του χρόνου, λόγω της μείωσης των ορίων ταχύτητας.
- Συχνότητα οδήγησης (FREQ)
Παρατηρείται ότι όσο **μειώνεται** η συχνότητα οδήγησης ενός οδηγού, τόσο **αυξάνεται η πιθανότητα της θετικής ανταπόκρισης** απέναντι στην εφαρμογή του μέτρου της μείωσης του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε μερικό τμήμα του αστικού οδικού δικτύου.

- Εμπλοκή σε ατύχημα με υλικές ζημιές (PROPERTY ACCID)
Όσο αυξάνεται ο αριθμός εμπλοκής των οδηγών σε ατυχήματα με υλικές ζημιές, τόσο **μειώνεται η πιθανότητα θετικής απάντησης** στο σενάριο της πρώτης εναλλακτικής. Αυτό υποδηλώνει μια πιο «απρόσεκτη» οδηγική συμπεριφορά και μια στάση αρνητική στην βελτίωση των οδηγικών συνθηκών στο οδικό δίκτυο της Αθήνας.
- Σημασία της ταχύτητας κατά λίγο και αρκετά σημαντικό βαθμό (SPEED ROLE 2, SPEED ROLE 3)
Παρατηρείται πώς όσοι οδηγοί αναγνωρίζουν πως η αξία του ορίου της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων είναι μικρή έως αρκετά σημαντική δεν θα εκδηλώσουν **θετική ανταπόκριση στην εφαρμογή της μείωσης** σε μερικό τμήμα του αστικού δικτύου. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται, καθώς κρίνουν πως η μείωση του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα δεν θα επιφέρει τη βελτίωση που απαιτείται εντός οδικού δικτύου.
- Παρουσία πεζών και ποδηλατών (IF PEDE 2, IF PEDE 3)
Τα άτομα που επηρεάζονται κατά ένα βαθμό από την παρουσία πεζών και ποδηλατών στην επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους, είναι περισσότερο πιθανό να **απαντήσουν θετικά** στην μείωση του ορίου της ταχύτητας σε **μερικό τμήμα** του αστικού οδικού δικτύου της Αθήνας, ενώ (IF_PEDE_3) παρόλο που κάποιος μπορεί να βρίσκει σημαντικό παράγοντα επιλογής της ταχύτητάς του την παρουσία πεζών και ποδηλατών, είναι πιθανό να απαντήσει **αρνητικά στην πρώτη εναλλακτική** μείωσης ορίου ταχύτητας.
- Ευάλωτοι χρήστες (VULN PROT 1, VULN PROT 2)
Με βάση αυτές τις μεταβλητές όσα άτομα κρίνουν πως οι ευάλωτοι χρήστες προστατεύονται καθόλου έως λίγο, είναι περισσότερο **πιθανό να απαντήσουν θετικά** στη μείωση του ορίου της ταχύτητας σε ένα τμήμα του αστικού δικτύου της Αθήνας. Αυτό πιθανώς εξηγείται, καθώς αναγνωρίζεται η μείωση του ορίου της ταχύτητας στο αστικό δίκτυο ως τρόπος προστασίας των ευάλωτων χρηστών.
- Αριθμός κλήσεων (VIOLATIONS 1, VIOLATIONS 2)
Όσο αυξάνεται ο αριθμός των κλήσεων στο ιστορικό του οδηγού, τόσο **μειώνεται η πιθανότητα θετικής ανταπόκρισης** στο choice 1. Η συγκεκριμένη συμπεριφορά γίνεται αντιληπτή καθώς οδηγοί με μεγάλο αριθμό κλήσεων εκδηλώνουν οδηγική συμπεριφορά «απρόσεκτη-αδιάφορη».
- Πόλη κατοικίας (CITY 1)
Οι περισσότεροι οδηγοί που κατοικούν στην Αθήνα **δεν ανταποκρίνονται θετικά** στη μείωση του ορίου της ταχύτητας στα 30χλμ/ώρα σε μερικό τμήμα του αστικού δικτύου. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από την πεποίθηση πως η μείωση του ορίου της ταχύτητας επιφέρει μεγάλη αύξηση του χρόνου διαδρομής κάτι που δεν αποτελεί ελκυστική εναλλακτική εντός του αστικού δικτύου της Αθήνας.
- Επάγγελμα Δημοσίου Υπαλλήλου (PROF 3)
Οι χρήστες που εργάζονται ως δημόσιοι υπάλληλοι, με βάση το πρόσημο της συγκεκριμένης μεταβλητής είναι **λιγότερο πιθανό** να απαντήσουν θετικά.

Εικόνα 5.25 Τελικό Μοντέλο πολυωνυμικής παλινδρόμησης για όλα τα μέσα για Choice 1

Multinomial Model for all means						
Dep. Variable:	Choice	No. Observations:	4080			
Model:	MNLogit	Df Residuals:	4052			
Method:	MLE	Df Model:	26			
Date:	Fri, 28 Jan 2022	Pseudo R-squ.:	0.4176			
Time:	10:33:53	Log-Likelihood:	-2461.8			
converged:	TRUE	LL-Null:	-4227.0			
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	0.000			
Choice=1	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	2.957	0.441	6.711	0.000	2.094	3.821
Time	0.4858	0.043	11.219	0.000	0.401	0.571
FREQ	0.1662	0.061	2.740	0.006	0.047	0.285
PROPERTY_ACCID	-0.2204	0.055	-3.991	0.000	-0.329	-0.112
SPEED_ROLE_2	-17.419	0.255	-6.832	0.000	-2.242	-1.242
SPEED_ROLE_3	-0.2902	0.116	-2.506	0.012	-0.517	-0.063
IF_PEDE_3	-0.2409	0.121	-1.990	0.047	-0.478	-0.004
IF_PEDE_2	0.4922	0.241	2.046	0.041	0.021	0.964
VULN_PROT_1	13.864	0.221	6.272	0.000	0.953	1.820
VULN_PROT_2	12.568	0.116	10.807	0.000	1.029	1.485
VIOLATIONS_1	-25.702	0.399	-6.435	0.000	-3.353	-1.787
VIOLATIONS_2	-27.674	0.408	-6.786	0.000	-3.567	-1.968
CITY_1	-0.4569	0.142	-3.208	0.001	-0.736	-0.178
PROF_3	-0.6033	0.192	-3.140	0.002	-0.980	-0.227

Όσον αφορά στην επιλογή του σεναρίου της μείωσης του ορίου ταχύτητας σε 30χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας με βάση τις μεταβλητές που προέκυψαν ισχύει:

- Χρόνος (Time)**
Υποδηλώνει πως με βάση τις τιμές των σεναρίων που δόθηκαν στους συμμετέχοντες, όσοι **οδηγοί προτιμούν την αύξηση του χρόνου**, είναι περισσότερο πιθανό **να επιλέξουν την μείωση του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα** σε όλο το αστικό δίκτυο, έναντι της επιλογής της καμίας μείωσης. Αυτό στηρίζεται ουσιαστικά στην μείωση του καυσίμου και στην μείωση της πιθανότητας του ατυχήματος που ταυτίζονται με την αύξηση του χρόνου, κατά την μείωση της ταχύτητας.
- Συχνότητα οδήγησης (FREQ)**
Όσο **μειώνεται** η συχνότητα οδήγησης ενός ατόμου, τόσο **αυξάνεται** η πιθανότητα της θετικής ανταπόκρισης απέναντι στην εφαρμογή του μέτρου της μείωσης του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας.

- Εμπλοκή σε ατύχημα με υλικές ζημιές (PROPERTY ACCID)
Κατά την αύξηση του αριθμού των ατυχημάτων με υλικές ζημιές στα οποία έχει εμπλακεί ένα άτομο, τόσο μειώνεται η πιθανότητα θετικής απάντησης στη μείωση του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο, έναντι της επιλογής της καμίας μείωσης. Αυτό υποδηλώνει μια πιο «απρόσεκτη» οδηγική συμπεριφορά.
- Σημασία της ταχύτητας κατά λίγο και αρκετά σημαντικό βαθμό (SPEED ROLE 2, SPEED ROLE 3)
Παρατηρείται πώς όσοι οδηγοί αναγνωρίζουν πως η αξία του ορίου της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων είναι μικρή έως αρκετά σημαντική **δεν** θα εκδηλώσουν **θετική ανταπόκριση στην εφαρμογή της μείωσης** στο αστικό δίκτυο.
- Παρουσία πεζών και ποδηλατών (IF PEDE 2, IF PEDE 3)
Τα άτομα που **επιηρεάζονται** κατά ένα βαθμό από την παρουσία πεζών και ποδηλατών στην επιλογή του ορίου της ταχύτητας οδήγησής τους, είναι λιγότερο πιθανό να **απαντήσουν θετικά** στη μείωση του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας, έναντι της επιλογής της καμίας μείωσης, αλλά (IF_PEDE_3) οι οδηγοί όπου βρίσκουν αρκετά σημαντικό παράγοντα επιλογής του ορίου της ταχύτητάς του την παρουσία πεζών και ποδηλατών, είναι αρκετά πιθανό να απαντήσει θετικά στη μείωση της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο, έναντι της επιλογής της καμίας μείωσης.
- Ευάλωτοι χρήστες (VULN PROT 1, VULN PROT 2)
Με βάση αυτές τις μεταβλητές όσα άτομα κρίνουν πως οι ευάλωτοι χρήστες προστατεύονται καθόλου έως λίγο, είναι περισσότερο **πιθανό να απαντήσουν θετικά** στη μείωση του ορίου της ταχύτητας σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας. Αυτό εξηγείται, καθώς αναγνωρίζεται η μείωση του ορίου της ταχύτητας στο αστικό δίκτυο ως τρόπος προστασίας των ευάλωτων χρηστών.
- Αριθμός κλήσεων (VIOLATIONS 1, VIOLATIONS 2)
Όσο αυξάνεται ο αριθμός των κλήσεων στο ιστορικό του οδηγού, τόσο **μειώνεται η πιθανότητα θετικής ανταπόκρισης** στο choice 2. Η συγκεκριμένη συμπεριφορά γίνεται αντιληπτή καθώς οδηγοί με μεγάλο αριθμό κλήσεων εκδηλώνουν οδηγική συμπεριφορά «απρόσεκτη-αδιάφορη».
- Πόλη κατοικίας (CITY 1)
Οι περισσότεροι οδηγοί που κατοικούν στην Αθήνα **δεν ανταποκρίνονται θετικά** στη μείωση του ορίου της ταχύτητας στα 30χλμ/ώρα στο αστικό δίκτυο, Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από την πεποίθηση πως η μείωση του ορίου της ταχύτητας επιφέρει μεγάλη αύξηση του χρόνου διαδρομής κάτι που δεν αποτελεί ελκυστική εναλλακτική εντός του αστικού δικτύου της Αθήνας.
- Επάγγελμα Δημοσίου Υπαλλήλου (PROF 3)
Οι χρήστες που εργάζονται ως δημόσιοι υπάλληλοι, με βάση το πρόσημο της συγκεκριμένης μεταβλητής είναι **λιγότερο πιθανό** να απαντήσουν θετικά.

Εικόνα 5.26 Τελικό Μοντέλο πολυωνυμικής παλινδρόμησης για όλα τα μέσα για Choice 2

Choice=2	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	-0.6146	0.550	-1.117	0.264	-1.693	0.464
Time	0.8834	0.046	19.074	0.000	0.793	0.974
FREQ	0.1696	0.076	2.242	0.025	0.021	0.318
PROPERTY_ACCID	-0.3417	0.074	-4.637	0.000	-0.486	-0.197
SPEED_ROLE_2	-23.259	0.446	-5.214	0.000	-3.200	-1.452
SPEED_ROLE_3	-0.1065	0.152	-0.700	0.484	-0.405	0.192
IF_PEDE_3	-0.7738	0.158	-4.883	0.000	-1.084	-0.463
IF_PEDE_2	0.3462	0.293	1.181	0.237	-0.228	0.921
VULN_PROT_1	18.737	0.269	6.965	0.000	1.346	2.401
VULN_PROT_2	11.183	0.153	7.327	0.000	0.819	1.418
VIOLATIONS_1	-30.990	0.467	-6.636	0.000	-4.014	-2.184
VIOLATIONS_2	-33.700	0.481	-6.999	0.000	-4.314	-2.426
CITY_1	-0.0021	0.178	-0.012	0.990	-0.351	0.347
PROF_3	-0.9138	0.253	-3.607	0.000	-1.410	-0.417

5.5.2 Διωνυμικό Μοντέλο για την μείωση της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας εκτός των κύριων αρτηριών.

Με βάση το διωνυμικό μοντέλο που προέκυψε, για την μείωση του ορίου της ταχύτητας σε 30χλμ/ώρα σε ένα τμήμα του αστικού δικτύου της Αθήνας οι μεταβλητές του ερμηνεύονται παρακάτω κατά τον εξής τρόπο:

- Εμπειρία Οδήγησης (EXP)
Η συγκεκριμένη μεταβλητή δηλώνει πως όσο **περισσότερα χρόνια οδηγικής εμπειρίας** διαθέτει ένα άτομο, τόσο **μεγαλύτερη** είναι η πιθανότητα να ανταποκριθεί **θετικά στην επιλογή της μείωσης** του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε ένα τμήμα του αστικού δικτύου της Αθήνας.
- Ανησυχία κατά την οδήγηση (WORRIED)
Όσο **πιο ανήσυχο** είναι ένα άτομο για το ενδεχόμενο εμπλοκής σε ατύχημα με παθόντες, τόσο πιο πιθανό είναι **να ανταποκριθεί αρνητικά** στην μείωση του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε ένα τμήμα του αστικού δικτύου της Αθήνας.

- Εμπλοκή σε ατύχημα με υλικές ζημιές (PROPERTY ACCID)
Ένα άτομο που έχει εμπλακεί ως οδηγός σε **αρκετά ατυχήματα με υλικές ζημιές είναι αρκετά πιθανό να μην συμφωνήσει** στην μείωση της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε ένα τμήμα του αστικού δικτύου της Αθήνας, κάτι που υποδηλώνει την δυσκολία συμμόρφωσής του με τους οδικούς κανονισμούς.
- Μέσο Μετακίνησης (MEANS TYPE 1)
Όσα άτομα **μετακινούνται με αυτοκίνητο**, είναι **λιγότερο πιθανό** να απαντήσουν θετικά στη συγκεκριμένη μείωση. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από την πεποίθηση πως μείωση του ορίου ταχύτητας συσχετίζεται άμεσα με μεγάλη αύξηση του χρόνου διαδρομής τους και κατά αυτόν τον τρόπο δηλώνουν αρνητική στάση στην εφαρμογή της μείωσης, καθώς επιθυμούν την αποφυγή της κυκλοφοριακής συμφόρησης και της αύξησης του χρόνου διαδρομής τους.
- Σημασία της ταχύτητας κατά λίγο και αρκετά σημαντικό βαθμό (SPEED ROLE 1, SPEED ROLE 2, SPEED ROLE 3)
Όσα άτομα θεωρούν πως η ταχύτητα στην πρόκληση των ατυχημάτων **δεν έχει ιδιαίτερη σημασία, τόσο πιο πιθανό είναι να έχουν αρνητική ανταπόκριση** στην εφαρμογή της μείωσης σε ένα τμήμα του αστικού δικτύου της Αθήνας. Η συγκεκριμένη στάση είναι λογική καθώς δεν γίνεται αντιληπτή η αξία του ορίου της ταχύτητας και έτσι η εφαρμογή της μείωσης δεν θεωρείται σημαντική, με κάποιο ιδιαίτερο αποτέλεσμα.
- Μορφωτικό Επίπεδο (EDUCATION 5)
Όσα άτομα διαθέτουν μορφωτικό του επίπεδο **μεταπτυχιακών σπουδών**, είναι πιθανό να **μην ανταποκριθούν θετικά** στην μείωση του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε μερικό τμήμα του αστικού οδικού δικτύου της Αθήνας. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται, καθώς ίσως θεωρείται ένα μέτρο που δεν θα επιφέρει μεγάλη αλλαγή, όπως η μείωση του ορίου της ταχύτητας σε όλο το αστικό δίκτυο.
- Παρουσία πεζών και ποδηλατών (IF PEDE 1, IF PEDE 2)
Τα άτομα που **επηρεάζονται κατά ένα βαθμό από την παρουσία πεζών και ποδηλατών** στην επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους, είναι αρκετά πιθανό **να απαντήσουν θετικά στη μείωση του ορίου** της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε ένα τμήμα του αστικού δικτύου της Αθήνας.
- Ευάλωτοι χρήστες (VULN PROT 1, VULN PROT 2)
Όσα άτομα κρίνουν πως οι ευάλωτοι χρήστες προστατεύονται λίγο, είναι περισσότερο πιθανό να απαντήσουν θετικά στη μείωση του ορίου της ταχύτητας σε ένα τμήμα του αστικού δικτύου της Αθήνας. Αυτό εξηγείται, καθώς αναγνωρίζεται η μείωση του ορίου της ταχύτητας στο αστικό δίκτυο ως τρόπος προστασίας των ευάλωτων χρηστών.
- Αριθμός κλήσεων (VIOLATIONS 2)
Όσο **μειώνεται** ο αριθμός των κλήσεων στο ιστορικό του οδηγού, τόσο **αυξάνεται η πιθανότητα θετικής ανταπόκρισης** στη μείωση. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται διότι υποδηλώνει πως όσο μικρότερος ο αριθμός των κλήσεων τόσο πιο συνεπής και οδηγικά «ώριμος» είναι ο οδηγός.
- Εμπλοκή σε ατύχημα με παθόντες (INJURY ACCID 1, INJURY ACCID 2)

Τα άτομα που έχουν **εμπλακεί σε λίγα ατυχήματα** με παθόντες, ως οδηγοί, είναι αρκετά πιθανό να **επιθυμούν την μείωση** του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε ένα τμήμα του αστικού δικτύου, δείχνοντας κατά αυτό τον τρόπο την ευκολία συμμόρφωσής τους στους κανόνες οδικής κυκλοφορίας.

Εικόνα 5.27 Τελικό Μοντέλο για το ερώτημα της μείωσης της ταχύτητας σε ένα τμήμα του αστικού δικτύου

Binomial Model for speed reduction at a part of urban city						
Current function value: 0.549980						
Iterations 7						
Logit Regression Results						
Dep. Variable:	S2	No. Observations	4080			
Model:	Logit	Df Residuals	4064			
Method:	MLE	Df Model	15			
		Pseudo R-squ.:	0,1126			
		Log-Likelihood	-2284,9			
		LL-Null	-2575,00			
		LLR p-value	6,055E-114			
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	-1.1646	0.329	-3.536	0.000	-1.810	-0.519
EXP	0.1119	0.035	3.241	0.001	0.044	0.180
WORRIED	-0.0928	0.043	-2.172	0.030	-0.176	-0.009
EDUCATION_5	-0.4396	0.089	-4.965	0.000	-0.613	-0.266
VULN_PROT_1	1.8242	0.163	11.189	0.000	1.505	2.144
VULN_PROT_2	1.0169	0.076	13.381	0.000	0.868	1.166
SPEED_ROLE_1	-2.0024	0.447	-4.484	0.000	-2.878	-1.127
SPEED_ROLE_2	-2.0692	0.207	-9.993	0.000	-2.475	-1.663
SPEED_ROLE_3	-0.4363	0.078	-5.624	0.000	-0.588	-0.284
INJURY_ACCID_1	1.9655	0.303	6.487	0.000	1.372	2.559
INJURY_ACCID_2	1.5667	0.344	4.553	0.000	0.892	2.241
MEANS_TYPE_1	-0.1899	0.080	-2.363	0.018	-0.347	-0.032
PROPERTY_ACCID	-0.0938	0.040	-2.341	0.019	-0.172	-0.015
VIOLATIONS_2	-0.4282	0.087	-4.936	0.000	-0.598	-0.258
IF_PEDE_1	1.3835	0.406	3.406	0.001	0.587	2.180
IF_PEDE_2	0.6588	0.157	4.204	0.000	0.352	0.966

5.5.3 Διωνυμικό Μοντέλο για την μείωση της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας.

Με βάση το διωνυμικό μοντέλο που προέκυψε, για την μείωση της ταχύτητας σε 30χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας οι μεταβλητές του ερμηνεύονται παρακάτω κατά τον εξής τρόπο:

- **Κυκλοφορία στην οδό (IF_TRAFFIC)**
Η συγκεκριμένη μεταβλητή δηλώνει κατά πόσο η κυκλοφορία στην οδό επηρεάζει τον χρήστη για την επιλογή της ταχύτητάς του. Με βάση το μοντέλο, όσο **περισσότερο επηρεάζεται** ο οδηγός από την κυκλοφορία στην οδό ως επιλογή της ταχύτητάς του, τόσο **λιγότερο πιθανό** είναι να επιθυμεί την μείωση της ταχύτητας.

- Ανησυχία κατά την οδήγηση (WORRIED)
Όσο **πιο ανήσυχος** είναι ένα οδηγός για το ενδεχόμενο εμπλοκής σε ατύχημα με παθόντες, τόσο πιο πιθανό είναι **να ανταποκριθεί θετικά** στην μείωση της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο.
- Εμπλοκή σε ατύχημα με υλικές ζημιές (PROPERTY ACCID)
Ένα άτομο που έχει εμπλακεί ως οδηγός σε **αρκετά ατυχήματα** με υλικές ζημιές είναι αρκετά πιθανό να **μην συμφωνήσει** στην μείωση της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο, κάτι που υποδηλώνει την δυσκολία συμμόρφωσής του με τους οδικούς κανονισμούς.
- Αριθμός Ατυχημάτων (STAT INJURIES)
Όσοι πιστεύουν πως **ο αριθμός των ατυχημάτων** που προκαλούνται από την ταχύτητα, είναι **μικρός, δεν επιλέγουν την συγκεκριμένη μείωση**. Αυτό εξηγείται καθώς δεν βρίσκουν πως υπάρχει συγκεκριμένος λόγος αλλαγής των οδηγικών συνθηκών από την στιγμή που δεν υπάρχουν πολλά ατυχήματα.
- Σημασία της ταχύτητας κατά λίγο και αρκετά σημαντικό βαθμό (SPEED ROLE 2, SPEED ROLE 3)
Παρατηρείται πως όσοι οδηγοί αναγνωρίζουν την αξία του ορίου της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων δεν θα εκδηλώσουν ιδιαίτερα **θετική ανταπόκριση στην εφαρμογή της μείωσης** σε όλο το αστικό δίκτυο.
- Επάγγελμα (PROF 2, PROF 5)
Τα άτομα που είναι ελεύθεροι επαγγελματίες ή ιδιωτικοί υπάλληλοι ή άνεργοι παρουσιάζουν **θετική στάση** απέναντι στη μείωση του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο.
- Παρουσία πεζών και ποδηλατών (IF PEDE 2)
Τα άτομα που **επηρεάζονται** κατά ένα βαθμό από την παρουσία πεζών και ποδηλατών στην επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους, είναι αρκετά πιθανό να απαντήσουν **θετικά στη μείωση του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα** σε ένα τμήμα του αστικού δικτύου της Αθήνας.
- Ευάλωτοι χρήστες (VULN PROT 3)
Με βάση αυτές τις μεταβλητές όσα άτομα **κρίνουν πως οι ευάλωτοι χρήστες προστατεύονται αρκετά**, είναι λιγότερο **πιθανό να απαντήσουν θετικά** στη μείωση του ορίου της ταχύτητας σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας. Αυτό εξηγείται, καθώς αντιλαμβάνονται πως οι ισχύουσες οδηγικές συνθήκες είναι ικανοποιητικές και για τους ίδιους τους οδηγούς και για τους ευάλωτους χρήστες.
- Αριθμός κλήσεων (VIOLATIONS 1, VIOLATIONS 2)
Όσο **μειώνεται ο αριθμός των κλήσεων** στο ιστορικό του οδηγού, **τόσο αυξάνεται η πιθανότητα θετικής ανταπόκρισης στη μείωση**. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται διότι υποδηλώνει πως όσο μικρότερος ο αριθμός των κλήσεων τόσο πιο συνεπής και οδηγικά «ώριμος» είναι ο οδηγός.
- Πόλη κατοικίας (CITY 1)
Οι περισσότεροι οδηγοί που κατοικούν στην Αθήνα **δεν ανταποκρίνονται θετικά** στη μείωση του ορίου της ταχύτητας στα 30χλμ/ώρα στο αστικό δίκτυο,

Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από την πεποίθηση πως η μείωση του ορίου της ταχύτητας επιφέρει μεγάλη αύξηση του χρόνου διαδρομής κάτι που δεν αποτελεί ελκυστική εναλλακτική εντός του αστικού δικτύου της Αθήνας.

- Ετήσιο Ατομικό Εισόδημα (INCOME_3)
Η πιθανότητα ενός ατόμου που έχει εισόδημα άνω των 25.000 ευρώ να ανταποκριθεί θετικά στη μείωση του ορίου της ταχύτητας είναι αρκετά υψηλή.

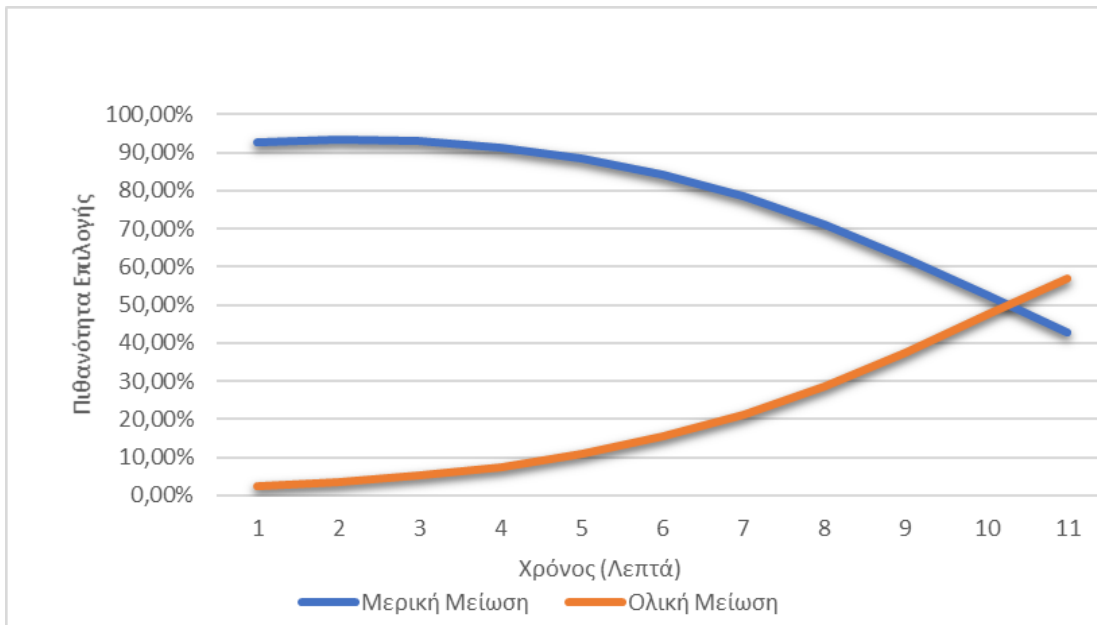
Εικόνα 5.28 Τελικό Μοντέλο για το ερώτημα της μείωσης της ταχύτητας σε όλο το αστικό δίκτυο

Model for speed reduction-urban city of Athens						
Current function value: 0.460498						
Iterations 7						
Logit Regression Results						
Dep. Variable:	S1	No. Observations	4080			
Model:	Logit	Df Residuals	4064			
Method:	MLE	Df Model	15			
Date:	Thu, 20 Jan 2022	Pseudo R-squ.:	0,1635			
Time	15:42:20	Log-Likelihood	-1928,3			
converged	True	LL-Null	-2305,2			
Covariance Type	nonrobust	LLR p-value	#####			
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	-0.7264	0.438	-1.660	0.097	-1.584	0.131
IF_TRAFFIC	-0.3163	0.054	-5.838	0.000	-0.422	-0.210
WORRIED	0.2026	0.047	4.355	0.000	0.111	0.294
PROPERTY_ACCID	-0.4138	0.049	-8.448	0.000	-0.510	-0.318
STAT_INJURIES	-0.1105	0.032	-3.460	0.001	-0.173	-0.048
SPEED_ROLE_2	-1.4522	0.340	-4.268	0.000	-2.119	-0.785
SPEED_ROLE_3	-0.6252	0.093	-6.744	0.000	-0.807	-0.443
PROF_2	0.8769	0.090	9.729	0.000	0.700	1.054
PROF_5	0.6296	0.172	3.659	0.000	0.292	0.967
IF_PEDE_2	1.5280	0.153	9.981	0.000	1.228	1.828
VULN_PROT_3	-0.6940	0.092	-7.551	0.000	-0.874	-0.514
INJURY_ACCID_2	2.0685	0.184	11.235	0.000	1.708	2.429
VIOLATIONS_1	1.2431	0.344	3.616	0.000	0.569	1.917
VIOLATIONS_2	0.9733	0.352	2.761	0.006	0.282	1.664
CITY_1	-0.5359	0.092	-5.826	0.000	-0.716	-0.356
INCOME_3	0.4337	0.104	4.159	0.000	0.229	0.638

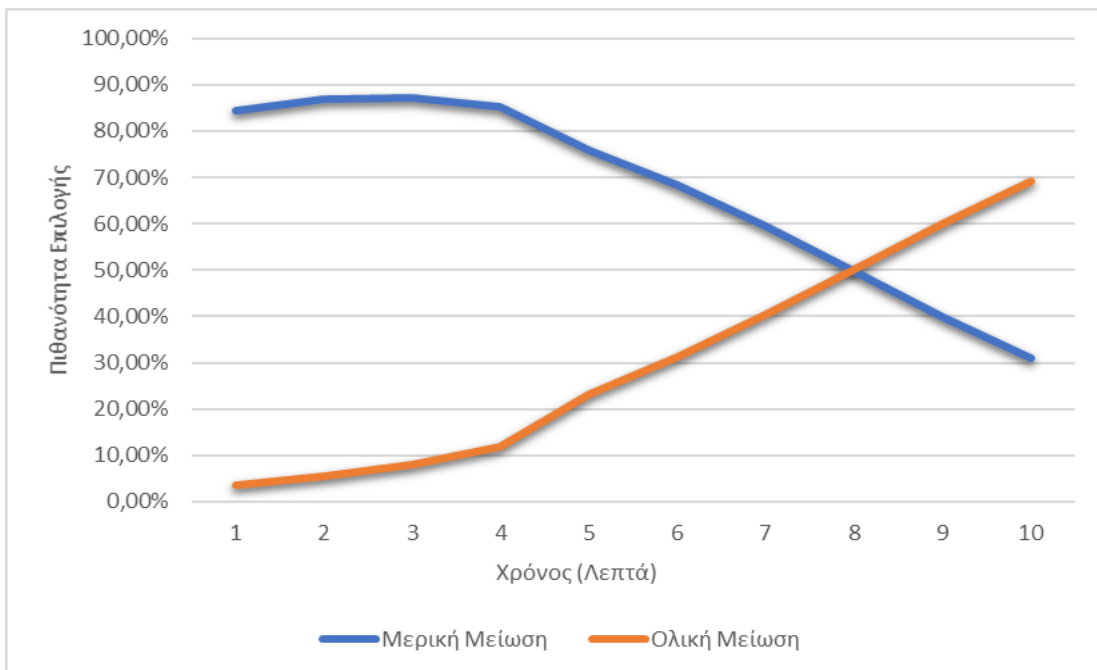
5.6 Ανάλυση Ευαισθησίας

Στη συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζονται ορισμένα διαγράμματα ευαισθησίας που δημιουργήθηκαν ώστε να παρουσιαστεί η επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στην επιλογή του σεναρίου της μείωσης της ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο εκτός των κύριων αρτηριών και στην μείωση της ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο.

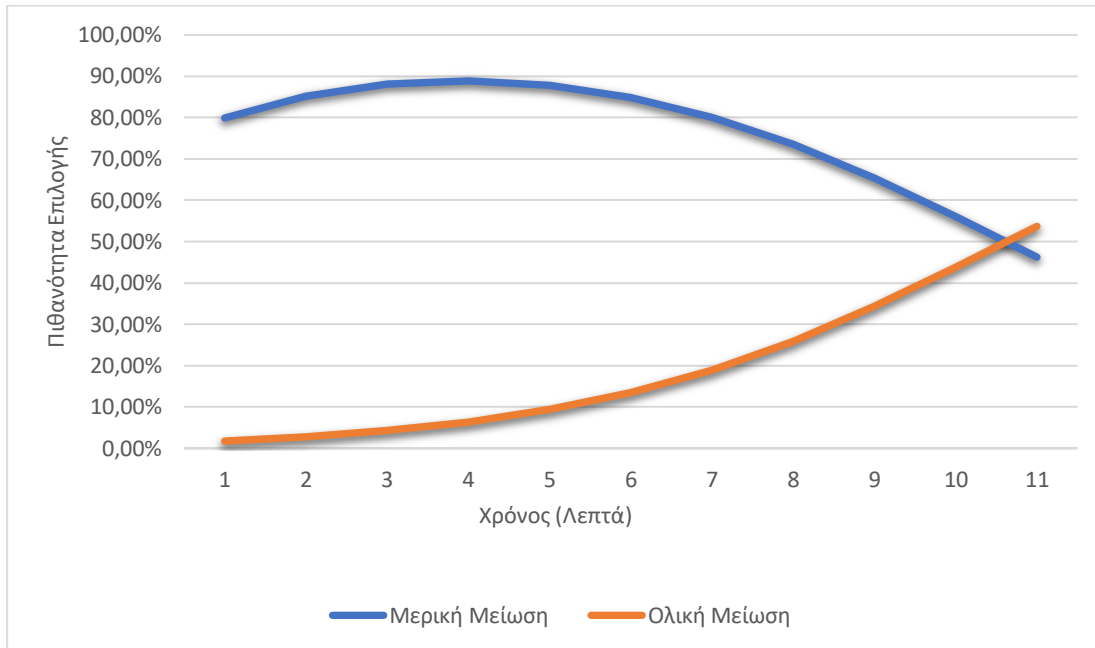
Για τη δημιουργία των διαγραμμάτων πιθανοτήτων χρησιμοποιήθηκαν κοινές τιμές στην συνεχή μεταβλητή του χρόνου, ανάλογες με τις τιμές που παρουσιάστηκαν στο ερωτηματολόγιο. Τα **διαγράμματα ανάλυσης ευαισθησίας** παρουσιάζονται παρακάτω:



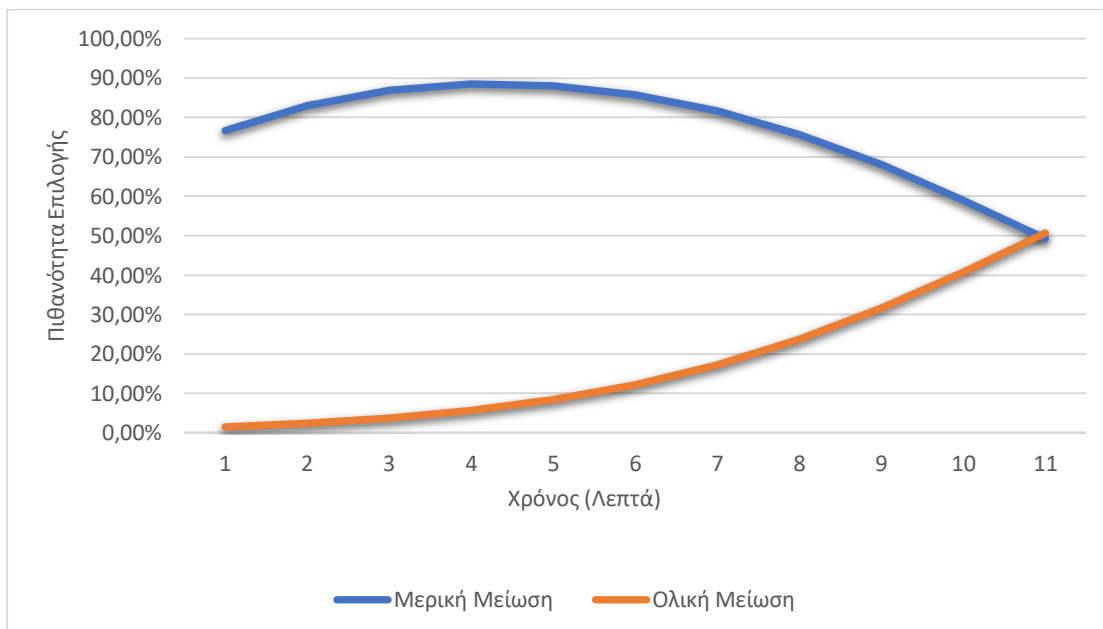
Διάγραμμα 5.1: Μεταβολή Πιθανότητας Επιλογής των σεναρίων με το χρόνο, για οδηγούς της Ελλάδας με συχνότητα οδήγησης 0-4 έτη και με καμία εμπλοκή σε ατύχημα με υλικές ζημιές.



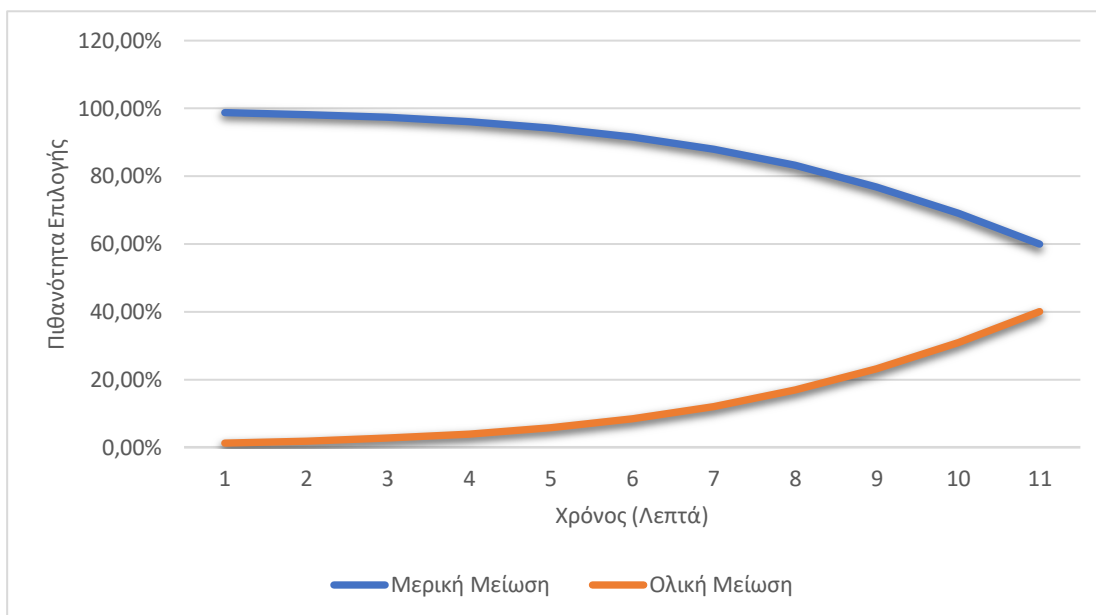
Διάγραμμα 5.2: Μεταβολή Πιθανότητας Επιλογής των σεναρίων με το χρόνο, για άτομα που κατοικούν στην Αθήνα με συχνότητα οδήγησης 0-4 έτη και με εμπλοκή σε τουλάχιστον 1 ατύχημα με υλικές ζημιές που θεωρούν πως ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους είναι αρκετά σημαντικός.



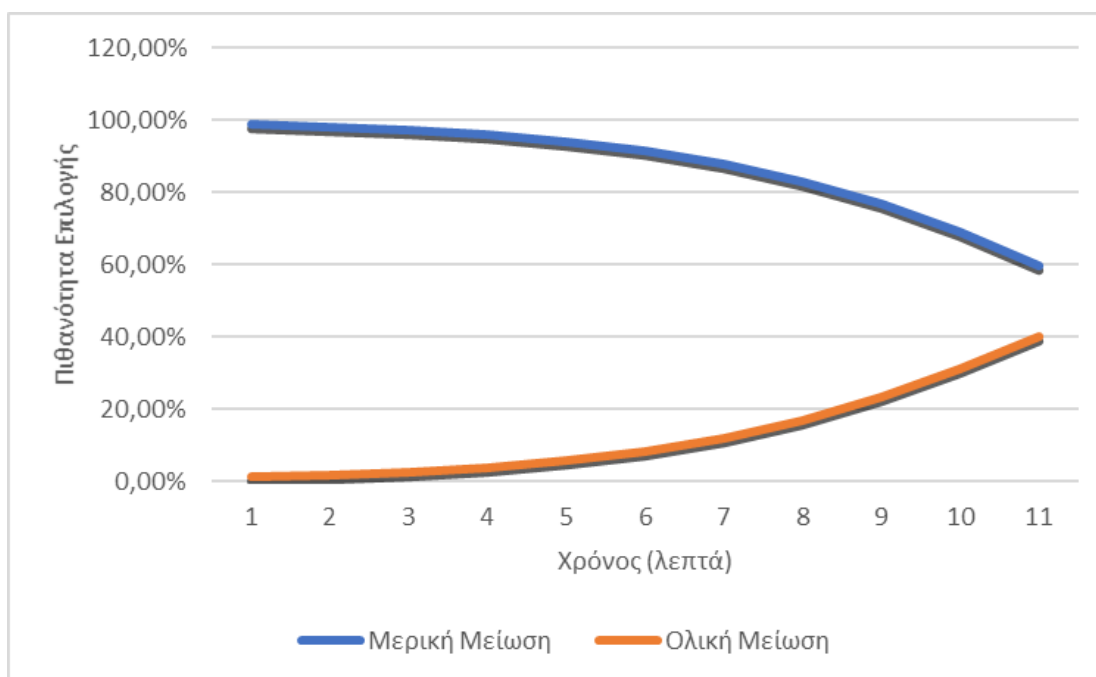
Διάγραμμα 5.3: Μεταβολή Πιθανότητας Επιλογής των σεναρίων με το χρόνο, για άτομα που κατοικούν στην Αθήνα με συχνότητα οδήγησης 0-4 έτη, με εμπλοκή σε τουλάχιστον 2 ατυχήματα με υλικές ζημιές που θεωρούν πως ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους είναι αρκετά σημαντικός και επηρεάζονται αρκετά από την παρουσία πεζών για την επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους.



Διάγραμμα 5.4: Μεταβολή Πιθανότητας Επιλογής των σεναρίων με το χρόνο, για άτομα που κατοικούν στην Αθήνα με συχνότητα οδήγησης 0-4 έτη, είναι δημόσιοι υπάλληλοι, με εμπλοκή σε τουλάχιστον 3 ατυχήματα με υλικές ζημιές που θεωρούν πως ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους είναι αρκετά σημαντικός και επηρεάζονται αρκετά από την παρουσία πεζών για την επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους



Διάγραμμα 5.5: Μεταβολή Πιθανότητας Επιλογής των σεναρίων με το χρόνο, για άτομα που κατοικούν στην Αθήνα με συχνότητα οδήγησης 0-4 έτη, είναι δημόσιοι υπάλληλοι, με εμπλοκή σε άνω των 3 ατυχημάτων με υλικές ζημιές που θεωρούν πως ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους είναι αρκετά σημαντικός, επηρεάζονται αρκετά από την παρουσία πεζών για την επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους και πιστεύουν πως οι ευάλωτοι χρήστες της οδού προστατεύονται σε μικρό βαθμό.



Διάγραμμα 5.6: Μεταβολή Πιθανότητας Επιλογής των σεναρίων με το χρόνο, για άτομα που κατοικούν στην Αθήνα με συχνότητα οδήγησης 5-9 έτη, είναι δημόσιοι υπάλληλοι, με εμπλοκή σε άνω των 3 ατυχημάτων με υλικές ζημιές, θεωρούν πως ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους είναι αρκετά σημαντικός, επηρεάζονται αρκετά από την παρουσία πεζών για την επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους και πιστεύουν πως οι ευάλωτοι χρήστες της οδού προστατεύονται σε μικρό βαθμό.

Από τα προηγούμενα διαγράμματα προκύπτουν τα εξής:

- ✓ Όσο **αυξάνεται ο χρόνος μετακίνησης** σε λεπτά, οι οδηγοί προτιμούν την επιλογή του σεναρίου της μείωσης των ορίων ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο, ενδεχομένως διότι στα σενάρια του ερωτηματολογίου που παρουσιάστηκαν στους συμμετέχοντες, η αύξηση του χρόνου μετακίνησης ταυτιζόταν με σημαντική μείωση της πιθανότητας των οδικών ατυχημάτων.
- ✓ Όσο **αυξάνεται ο αριθμός των ατυχημάτων** στα οποία έχουν εμπλακεί οι οδηγοί και υπήρξαν μόνο υλικές ζημιές, τόσο πιο θετικοί είναι οι οδηγοί στην μείωση των ορίων ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο, γεγονός που αποδεικνύει την επιθυμία της μεταβολής της ταχύτητας ώστε να αποφευχθούν τα ατυχήματα με μόνο υλικές ζημιές.
- ✓ Όσοι κρίνουν ότι ο **ρόλος της ταχύτητας είναι αρκετά σημαντικός** στην πρόκληση ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους, είναι ιδιαίτερα θετικοί στην εφαρμογή της μείωσης των ορίων ταχύτητας σε όλο το αστικό δίκτυο, καθώς αξιολογούν τη σημαντική αξία της μείωσης αυτής για τη δημιουργία ενός ασφαλούς οδικού δικτύου.
- ✓ Η πιθανότητα επιλογής του σεναρίου της μείωσης των ορίων ταχύτητας σε όλο το αστικό δίκτυο **αυξάνεται** για εκείνους που θεωρούν ότι η **προστασία των ευάλωτων χρηστών της οδού είναι ανεπαρκής**, ενώ η πιθανότητα επιλογής του σεναρίου της μείωσης σε όλο το αστικό δίκτυο εκτός των κύριων αρτηριών μειώνεται, διότι ενδεχομένως οι οδηγοί κρίνουν περισσότερο δραστική την ολική μείωση.

Κεφάλαιο 6: Κοινωνικο-οικονομική Ανάλυση

Σε αυτήν την ενότητα, πραγματοποιείται η κοινωνικοοικονομική ανάλυση για την μείωση του ορίου της ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας εντός χρονικού ορίζοντα 10 ετών (2021-2030), ακολουθώντας τις κατευθυντήριες γραμμές της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την Ανάλυση Κόστους-Οφέλους (CBA) των επενδυτικών έργων (Sartori et al., 2014). Για το σενάριο μείωση του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα, εκτιμάται και λαμβάνεται υπόψη το **επενδυτικό και λειτουργικό κόστος**, καθώς και τα ακόλουθα άμεσα κοινωνικο-οικονομικά οφέλη:

Κόστη (-)	Οφέλη (+)
K1 Αρχικό κόστος επένδυσης	B1 Κυκλοφορία
K1.1 Προμήθεια και Εγκατάσταση Καμερών	B1.1 Χρόνος διαδρομής
K1.2 Εγκατάσταση Σαμαρακιών	B1.2 Κατανάλωση Καυσίμου
K1.3 Προμήθεια και Εγκατάσταση Πινακίδων και Σήμανσης	
K1.4 Κόστος Μελέτης	
K2 Λειτουργικό κόστος	B2 Εξωτερικοί Παράγοντες
K2.1 Απασχόληση πρόσθετου ανθρώπινου δυναμικού	B2.1 Οδικά Ατυχήματα
K2.2 Λειτουργία-Συντήρηση συστήματος	B2.2 Περιβάλλον
K2.3 Λειτουργία-Συντήρηση μηχανολογικού εξοπλισμού	B2.1.1 Εκπομπές CO ₂
K2.4 Εκστρατείες για τα ΜΜΕ	B2.1.2 Εκπομπές NO _x
K2.5 Διετής έλεγχος αποτελεσματικότητας μέτρου	B2.1.3 Εκπομπές PM

Τέλος, για το σενάριο μείωση του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα, προκύπτουν **κατάλληλοι δείκτες οικονομικής απόδοσης**, συμπεριλαμβανομένης της Οικονομικής Καθαρής Παρούσας Αξίας (**ENPV**) και του Οικονομικού Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης (**ERR**) για τη μέτρηση της οικονομικής απόδοσης του μέτρου προς διερεύνηση.

6.1 Αποδοχή Σεναρίου

Για τον υπολογισμό των κοινωνικο-οικονομικών επιπτώσεων στην Αθήνα από την μείωση του ορίου της ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα, διερευνήθηκε το **σενάριο S1** που αφορά στην **εφαρμογή του ορίου της ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας**. Το σενάριο S0 αντιπροσωπεύει τη σημερινή κατάσταση, δηλαδή την εφαρμογή και λειτουργία του ορίου ταχύτητας των 50 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο.

Σκοπός της σύγκρισης των δύο εν λόγω σεναρίων είναι η εκτίμηση της **οικονομικής απόδοσης** και **βιωσιμότητας** του σεναρίου μείωσης του ορίου ταχύτητας στα 30χλμ/ώρα στην Αθήνα καθώς και του οικονομικού οφέλους ή κόστους που προκύπτει από τη μείωση αυτή. Επομένως, το Σενάριο S1, αντιστοιχεί στη μείωση στα 30χλμ/ώρα για την οποία ερωτήθηκαν οι συμμετέχοντες στο ερωτηματολόγιο και το Σενάριο S0

αντιστοιχεί στην σημερινή κατάσταση όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.1).

Πίνακας 6.1 Κωδικοποίηση Σεναρίων

Κωδικός	Περιγραφή
S0	Σημερινή Κατάσταση, 50km/h σε όλο το αστικό δίκτυο
S1	Μείωση σε 30km/h σε όλο το αστικό δίκτυο

Για τη διερεύνηση **αποδοχής του σεναρίου** που εξετάζεται από τους οδηγούς, αξιοποιήθηκαν οι απαντήσεις της ερώτησης Γ2 του ερωτηματολογίου «Συμφωνείτε με τη μείωση των ορίων ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο;». Έπειτα, από την στατιστική ανάλυση των απαντήσεων αναπτύχθηκε ένα μοντέλο για την αποδοχή του μέτρου και μέσω του υπολογισμού της συνάρτησης χρησιμότητας, όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 5, για το ερώτημα Γ2 προέκυψε πως για τους οδηγούς **επιβατικού ΙΧ** οχήματος το **ποσοστό αποδοχής της μείωσης του ορίου ταχύτητας στην Αθήνα σε 30 χλμ/ώρα είναι ίσο με 82%**.

Όπως παρουσιάζεται και στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6.2 Πιθανότητα αποδοχής του σεναρίου S1 για επιβατικά ΙΧ

Choice 2 (Επιβατικά)	U=	16
	P=	0,82

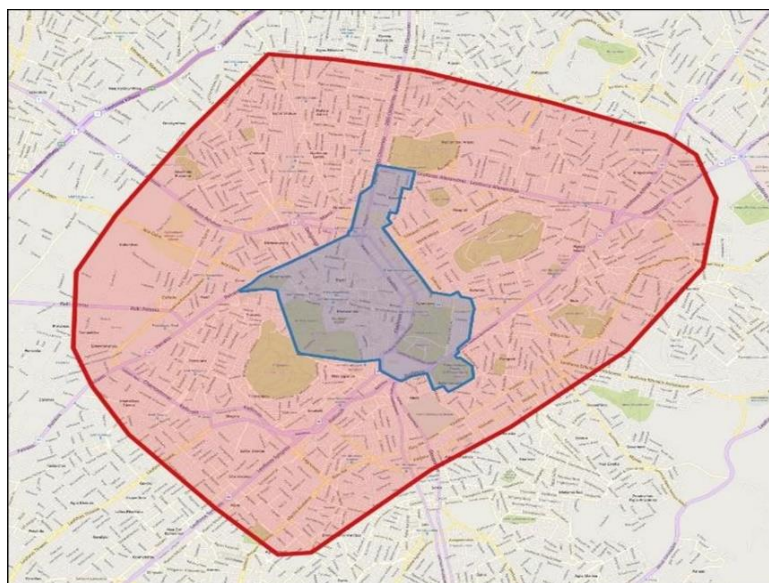
Έγινε η θεώρηση πως επειδή τα δύο πρώτα έτη η αποδοχή του μέτρου είναι μειωμένη, καθώς δεν έχει γίνει πλήρης συμμόρφωση σε αυτό, οι συντελεστές αποδοχής προέκυψαν από το ποσοστό 82% που υπολογίστηκε από το ερωτηματολόγιο. **Με βάση αυτή τη λογική, από το έτος 2025 και έπειτα παρατηρείται αποδοχή του μέτρου και πλήρης συμμόρφωση των οδηγών σε αυτό.**

Έτος	S1
2022	82%
2023	82%
2024	90%
2025	100%
2026	100%
2027	100%
2028	100%
2029	100%
2030	100%

6.2 Κυκλοφοριακά Μεγέθη

Στο πλαίσιο της ανάπτυξης της κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης αξιοποιήθηκαν τα κυκλοφοριακά μεγέθη που εκτιμήθηκαν για το δίκτυο των ιδιωτικών μετακινήσεων της περιοχής ανάλυσης στην Αθήνα (κόκκινη περιοχή στην Εικόνα 6.1) μέσω μακροσκοπικής προσομοίωσης. Το μακροσκοπικό μοντέλο προσομοίωσης της κυκλοφορίας που χρησιμοποιήθηκε έχει αναπτυχθεί στο Εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου σε λογισμικό AIMSUN (TSS) και

επικαιροποιείται τακτικά με τα νέα δεδομένα κυκλοφορίας στην Αθήνα (τελευταία επικαιροποίηση Ιανουάριος 2020).



Χάρτης 6.1 Χάρτης Περιοχής Μελέτης Αθήνας

Για την αποτύπωση της κυκλοφοριακής κατάστασης στην εν λόγω περιοχή της Αθήνας και για όλα τα συμπεριλαμβανόμενα οδικά τμήματα πραγματοποιήθηκε η **εκτίμηση των οχηματοχιλιομέτρων και των οχηματοωρών κατά την ώρα αιχμής** με βάση την εξίσωση 1 και 2, αντίστοιχα.

$$\text{Οχηματοχιλιόμετρα} = \sum_{l=1}^L \sum_m^M V_{l,m} \times a_m \times Len_l + \sum_{t=1}^T \sum_m^M V_{t,m} \times a_m \times Len_t \quad (1)$$

$$\text{Οχηματοώρες} = \sum_{l=1}^L \sum_m^M V_{l,m} \times a_m \times T_{l,m} + \sum_{t=1}^T \sum_m^M V_{t,m} \times a_m \times T_{t,m} \quad (2)$$

όπου $V_{l,m}$: είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος αιχμής για κάθε μέσο m (επιβατικά Ι.Χ., βαρέα οχήματα και οχήματα Μ.Μ.Μ.) στον κάθε σύνδεσμο l , $V_{t,m}$: είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος αιχμής για κάθε μέσο m (επιβατικά Ι.Χ., βαρέα οχήματα και οχήματα Μ.Μ.Μ.) στην κάθε στρέφουσα κίνηση t , a_m : είναι ο συντελεστής αναγωγής του αριθμού των οχημάτων σε Μονάδες Επιβατικών Αυτοκινήτων (ΜΕΑ), Len_l και Len_t : είναι το μήκος του κάθε συνδέσμου l και κάθε στρέφουσας κίνησης t αντίστοιχα σε χλμ., $T_{l,m}$ και $T_{t,m}$: είναι ο μέσος εκτιμώμενος χρόνος μετακίνησης για το κάθε μέσο m στον κάθε σύνδεσμο l και στην κάθε στρέφουσα κίνηση t αντίστοιχα σε ώρες

Δεδομένου ότι τα εξαγόμενα κυκλοφοριακά μεγέθη από το μοντέλο προσομοίωσης αφορούσαν σε ΙΧ επιβατικά και φορτηγά λήφθηκε υπόψη ότι το 96% αυτών αφορούν σε κυκλοφορία μόνο επιβατικών ΙΧ. Σκοπός της εν λόγω παραδοχής **ήταν ο αποκλεισμός των φορτηγών από την κοινωνικοοικονομική ανάλυση εφόσον δεν προβλέπεται να επηρεαστούν σημαντικά τα φορτηγά** από την εφαρμογή της μείωσης του ορίου ταχύτητας σε 30χλμ/ώρα στην Αθήνα.

Η εκτίμηση των κυκλοφοριακών μεγεθών σε χρονικό ορίζοντα 10ετίας πραγματοποιήθηκε βάση πρόσφατης μελέτης κυκλοφοριακών επιπτώσεων, για την υποστήριξη της Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του έργου «Διαχείριση, Ανάπτυξη και Σχεδιασμός Πολυλειτουργικού Συστήματος για την Υλοποίηση του Κεντρικού Σταθμού Υπεραστικών Λεωφορείων στον Ελαιώνα» (2018), η οποία περιλαμβάνει λεπτομερή εκτίμηση της εξέλιξης της κυκλοφορίας Ι.Χ. οχημάτων στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών. Συγκεκριμένα, με βάση το κυκλοφοριακό μοντέλο που έχει αναπτύξει η Αττικό Μετρό Α.Ε. και το οποίο λαμβάνει υπόψη τα οικονομικά και

συγκοινωνιακά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής, καθώς και τη δημιουργία νέων έργων σε αυτές, καθίσταται δυνατή η εκτίμηση της ζήτησης και της μεταβολής αυτής εντός της περιοχής των 11 τομέων της Περιφέρειας Αττικής.

Με βάση τα κυκλοφοριακά μεγέθη που προέκυψαν από την μακροσκοπική προσομοίωση για την περιοχή της Αθήνας καθώς και την εκτίμηση αυτών έως το έτος 2030, προκύπτουν **οι παρακάτω τιμές των οχηματο-χιλιομέτρων (οχημ-χλμ) και οχηματο-ωρών (οχημ-ώρες) για επιβατικά ΙΧ για το έτος 2020 και το 2030.**

Πίνακας 6.3 Κυκλοφοριακά Δεδομένα για ΙΧ

Δείκτες για ΙΧ	2020	2030
Οχηματοχιλιόμετρα	894.912.000	994.272.000
Οχηματοώρες	39.264.000	48.000.000
Επιβατοώρες	47.116.800	57.600.000

6.3 Επιπτώσεις στην Οδική Ασφάλεια

Για την ποσοτικοποίηση και εκτίμηση των επιπτώσεων στην Οδική Ασφάλεια από τη μείωση του ορίου της ταχύτητας στα 30χλμ/ώρα στο αστικό δίκτυο της Αθήνας, λαμβάνονται υπόψη **ο αριθμός ελαφρά, βαριά τραυματιών και νεκρών** σε οδικά ατυχήματα στο Δήμο Αθηναίων και το κοινωνικό κόστος αυτών.

Για την καταγραφή των εν λόγω δεικτών οδικής ασφάλειας αξιοποιήθηκαν τα τελευταία διαθέσιμα δεδομένα από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ). Επομένως, συλλέχθηκαν οι ελαφρά, σοβαρά τραυματίες και οι θάνατοι με βάση το είδος του οχήματος (επιβατικό και μοτοσυκλέτα) για το έτος 2019 που σημειώθηκαν στον Δήμο Αθηναίων (Πίνακας 6.4).

Πίνακας 6.4 Στατιστικά ατυχημάτων στον Δήμο Αθηναίων

Τύπος Οχήματος	Ελαφρά Τραυματίες	Βαριά Τραυματίες	Νεκροί
Επιβατικό Ι.Χ	358	16	9
Μοτοσυκλέτα	1033	22	8

Για την εκτίμηση της οδικής ασφάλειας, λαμβάνεται υπόψη η επιρροή της μείωσης του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ./ώρα στην οδική ασφάλεια όπως παρατηρείται σε άλλες πόλεις, σύμφωνα με την βιβλιογραφία που αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2.1. Επομένως, λαμβάνεται υπόψη **η μέση μείωση για τους θανάτους κατά 29%, για τους ελαφρά τραυματίες 8%, ενώ για τους βαριά τραυματίες κατά 29%**. Συγκεκριμένα, πραγματοποιείται η παραδοχή ότι οι θάνατοι, οι ελαφρά και οι βαριά τραυματίες σε οδικά ατυχήματα, με την 100% αποδοχή του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα, πρόκειται να μειωθούν κατά 29%, 8% και 29% αντίστοιχα, σε σχέση με το βασικό Σενάριο S0.

Επισημαίνεται ότι με βάση την ανάλυση των τάσεων στην Ελλάδα και στην Ευρώπη (nrso.ntua.gr/data/) οι θάνατοι και τραυματισμοί σε οδικά ατυχήματα που συμβαίνουν στην Ελλάδα, **εκτιμάται ότι πρόκειται να μειώνονται ετησίως κατά 2,5%**. Επομένως, θεωρείται ότι η οδική ασφάλεια βελτιώνεται ετησίως κατά 2,5%, ποσοστό που έχει προκύψει από την αξιολόγηση των δεδομένων οδικής ασφάλειας ανά έτος για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η εν λόγω εκτίμηση για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας λαμβάνει υπόψη την μελλοντική βελτίωση της τεχνολογίας των οχημάτων,

της οδηγικής συμπεριφοράς και των οδικών υποδομών. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει την οδική ασφάλεια έως το έτος 2030 για κάθε Σενάριο υπό εξέταση.

Πίνακας 6.5 Συνολικός Αριθμός Νεκρών και Ελαφρά, Σοβαρά Τραυματιών για το κάθε σενάριο

Έτος	Ελαφρά Τραυματίες/Χρόνο				Βαριά Τραυματίες/Χρόνο				Νεκροί/Χρόνο			
	S0	S1	S1-S0	Όφελος	S0	S1	S1-S0	Όφελος	S0	S1	S1-S0	Όφελος
2022	1391	1309	-82	4.212.586 €	38	31	-7	1.915.018 €	17	14	-3	6.444.102 €
2023	1358	1278	-80	4.109.840 €	38	31	-7	1.915.018 €	17	14	-3	6.444.102 €
2024	1325	1235	-90	4.623.570 €	38	29	-9	2.462.166 €	17	14	-3	6.444.102 €
2025	1293	1191	-102	5.240.046 €	38	28	-10	2.735.740 €	17	13	-4	8.592.136 €
2026	1262	1162	-100	5.137.300 €	38	28	-10	2.735.740 €	17	13	-4	8.592.136 €
2027	1231	1133	-98	5.034.554 €	38	28	-10	2.735.740 €	17	13	-4	8.592.136 €
2028	1202	1107	-95	4.880.435 €	38	28	-10	2.735.740 €	17	13	-4	8.592.136 €
2029	1173	1080	-93	4.777.689 €	38	28	-10	2.735.740 €	17	13	-4	8.592.136 €
2030	1145	1055	-90	4.623.570 €	38	28	-10	2.735.740 €	17	13	-4	8.592.136 €
SUM	11380	10550	-830		342	259	-83		153	120	-33	

Με βάση τον παραπάνω πίνακα ανά έτος παρατηρείται μείωση στους ελαφρά, βαριά τραυματίες και νεκρούς γεγονός που οφείλεται στην ετήσια βελτίωση της οδικής ασφάλειας (-2,5%) και ταυτόχρονα στην μείωση λόγω της εφαρμογής του μέτρου όπως έχει προκύψει από τη βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, τα 2 πρώτα έτη παρατηρείται μειωτική τάση στην μεταβολή των ελαφρά τραυματιών εφόσον πραγματοποιείται η παραδοχή ότι τα 2 πρώτα έτη θα έχουμε μειωμένη αποδοχή του μέτρου άρα και μη πλήρη συμμόρφωση με αυτό όπως έχει προκύψει από το ερωτηματολόγιο (82%).

Το κοινωνικοοικονομικό κόστος των οδικών ατυχημάτων καθορίζεται κυρίως από δύο επιμέρους κόστη (Sartori et al., 2014) το άμεσο και το έμμεσο κόστος. Το άμεσο κόστος αφορά τις δαπάνες λόγω ιατρικής αποκατάστασης, τόσο κατά το έτος του ατυχήματος όσο και μελλοντικά, τα διοικητικά έξοδα για την αστυνομία, το δικαστήριο, τις ιδιωτικές έρευνες, την υπηρεσία έκτακτης ανάγκης, τα έξοδα ασφάλειας κ.ά. Το έμμεσο κόστος αφορά την καθαρή απώλεια παραγωγής για την κοινωνία, δηλαδή την αξία των αγαθών και υπηρεσιών που θα μπορούσε να έχει παραχθεί από το εμπλεκόμενο άτομο στο οδικό ατύχημα.

Με σκοπό τον υπολογισμό του κόστους της οδικής ασφάλειας για κάθε Σενάριο υπό εξέταση, αξιοποιείται το κοινωνικό κόστος ανά θάνατο, βαριά και ελαφρά τραυματία, όπως έχει υπολογιστεί για την Ελλάδα (Kourtis et al., 2018). Επισημαίνεται ότι το κόστος των θανάτων και τραυματισμών σε οδικά ατυχήματα που προτείνουν οι Κούρτης et al. βρίσκεται σε συμφωνία με άλλους παρόμοιους υπολογισμούς στην Ευρώπη, όπως το ευρωπαϊκό έργο H2020 SafetyCube σε συνεργασία με το έργο InDeV (Wijnen et al., 2019; InDeV, 2016), όπου το κόστος του οδικού ατυχήματος υπολογίζεται σε 31 ευρωπαϊκές χώρες και διαπίστωσε ότι το συνολικό κόστος ανά θάνατο κυμαίνεται από 0,7 εκατομμύρια € έως 3 εκατομμύρια €, με την Ελλάδα να βρίσκεται στην 9η θέση, με κόστος περίπου 2 εκατομμύρια €.

Πίνακας 6.6 Ανθρώπινο κόστος ανά θάνατο και τραυματία για την Ελλάδα (Kourtis et al., 2020)

Κόστος	Ανά θάνατο	Ανά σοβαρά τραυματία	Ανά ελαφρά τραυματία
A.Κόστος υλικών ζημιών	10.128,39 €	6.492,07 €	5.937,83 €
B.Γενικευμένο κόστος	376.751,43 €	38.195,10 €	27.823,32 €
Αστυνομία	3.919,08 €	1.419,95 €	1.561,82 €
Πυροσβεστική	473,04 €	410,89 €	147,87 €
Ασφαλιστικές εταιρίες	15.247,94 €	9.797,11 €	7.949,01 €
Κόστος δικαστηρίου	48.650,98 €	8.562,16 €	1.226,14 €
Απώλεια παραγωγής	308.376,00 €	4.680,62 €	780,10 €
Αποκατάσταση	0,00 €	10.760,00 €	12.170,00 €
Νοσοκομειακή Θεραπεία	0,00 €	2.480,00 €	3.904,00 €
Πρώτες βοήθειες & Μεταφορές	84,38 €	84,83 €	84,83 €
Γ. Ανθρώπινο κόστος	1.761.154,39 €	228.950,07 €	17.611,54 €
Συνολικό κόστος	2.148.034,20 €	273.574,25 €	51.372,70 €

Επομένως, το κόστος προκύπτει από το γινόμενο του κόστους για νεκρό, ελαφρά και σοβαρά τραυματία σε οδικά ατυχήματα με τον ετήσιο αριθμό τραυματισμών και νεκρών στον Δήμο Αθηναίων όπως προκύπτει στον Πίνακα 6.5.

Τα ετήσια οφέλη οδικής ασφάλειας που προκύπτουν από την εφαρμογή της μείωσης του ορίου ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε σχέση με το Σενάριο S0, έως το 2030 παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.7

Πίνακας 6.7 Συνολικό όφελος για το σενάριο S1

Συνολικό Όφελος	S1
2022	12.571.706 €
2023	12.468.960 €
2024	13.529.838 €
2025	16.567.922 €
2026	16.465.176 €
2027	16.362.430 €
2028	16.208.311 €
2029	16.105.565 €
2030	15.951.446 €

Με βάση τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται **σημαντικό ετήσιο κοινωνικοοικονομικό όφελος** στο σενάριο της εφαρμογής της μείωσης του ορίου ταχύτητας στα 30χλμ/ώρα στην Αθήνα.

6.4 Χρόνος Ταξιδιού

Η αξία του χρόνου ταξιδιού αφορά στο κόστος του χρόνου που ξοδεύεται εντός του μέσου μεταφοράς για ένα ταξίδι. Για το σενάριο S0 ο χρόνος ταξιδιού προκύπτει με βάση το μοντέλο προσομοίωσης του ΕΜΠ και συγκεκριμένα από τον αριθμό των επιβατο-ωρών (Πίνακας 6.3), δηλαδή των ωρών που ξοδεύονται ετησίως για μετακίνηση με επιβατικό ΙΧ όχημα.

Με βάση την βιβλιογραφική ανασκόπηση (Κεφ. 2) παρατηρείται πως από την μείωση του ορίου ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε αστικά κέντρα πόλεων **υπάρχει αύξηση του χρόνου διαδρομής 1%-5%**. Πραγματοποιείται η παραδοχή ότι ο χρόνος διαδρομής στο κέντρο της Αθήνας, με την 100% αποδοχή του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα, πρόκειται να αυξηθεί κατά 3%, σε σχέση με το βασικό Σενάριο S0.

Για την εκτίμηση της αξίας του χρόνου μετακίνησης έχει γίνει η διάκριση μεταξύ των μετακινήσεων με σκοπό την εργασία και των μετακινήσεων με άλλο σκοπό. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την αξία του χρόνου ταξιδιού είναι η αγορά εργασίας, ο βιομηχανικός τομέας, το μέσο μεταφοράς, το περπάτημα και η ώρα αναμονής, η απόσταση της διαδρομής και οι κυκλοφοριακές συνθήκες (Santori et al.,2020). Συγκεκριμένα, όσον αφορά στην Ελλάδα, η τιμή του χρόνου εργασίας ανέρχεται στα 9 €/ώρα, ενώ η τιμή του χρόνου που δεν αφορά την εργασία εκτιμάται στα 4,10 €/ώρα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι στην Ελλάδα το 44,3% της διανυόμενης απόστασης ανά μετακινούμενο ανά ημέρα στις αστικές περιοχές έχει ως σκοπό την εργασία (Eurostat, 2021) υπολογίζεται ο σταθμισμένος μέσος όρος για την κοστολόγηση του χρόνου διαδρομής που **ανέρχεται στα 6,26 €/ώρα**.

Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη τις εκτιμώμενες ετήσιες επιβατο-ώρες που ξοδεύονται στην περιοχή μελέτης στην Αθήνα σε επιβατικά οχήματα, υπολογίζεται το **κοινωνικοοικονομικό κόστος** που προκύπτει λόγω της αύξησης του χρόνου ταξιδιού σε σχέση με το σενάριο S0 έως το έτος 2030 από την μείωση του ορίου της ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα. (Πίνακας 6.8)

Πίνακας 6.8 Συνολικός χρόνος και κόστος ταξιδιού

Έτος	Χρόνος Διαδρομής (ώρες)		Αύξηση Χρόνου Διαδρομής (ώρες)	Οικονομική Επίπτωση (€)
	S0	S1		
2022	47.116.800	48.276.709	1.159.909	-7.256.392 €
2023	48.073.177	49.256.630	1.183.453	-7.403.682 €
2024	49.048.966	50.373.288	1.324.322	-8.284.959 €
2025	50.044.562	51.545.899	1.501.337	-9.392.363 €
2026	51.060.367	52.592.178	1.531.811	-9.583.010 €
2027	52.096.790	53.659.694	1.562.904	-9.777.526 €
2028	53.154.251	54.748.878	1.594.628	-9.975.990 €
2029	54.233.176	55.860.171	1.626.995	-10.178.482 €
2030	55.334.001	56.994.021	1.660.020	-10.385.085 €

Με βάση τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται αύξηση του χρόνου διαδρομής ανά έτος, η οποία οφείλεται στην αύξηση που είχε προκύψει από την βιβλιογραφία κατά την εφαρμογή της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο και στον συντελεστή αποδοχής του μέτρου που από το 2025 και μετά θεωρείται ίσος με το 100%.

6.5 Κατανάλωση Καυσίμου

Η κατανάλωση του καυσίμου εκφράζεται ως το καύσιμο σε λίτρα που απαιτείται για να διανύσει ένα όχημα μια μονάδα απόστασης (λίτρα/100χλμ). Είναι αναγκαία η εκτίμηση του οφέλους από την μείωση της κατανάλωσης βενζίνης λόγω της μείωσης της ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα. Διατηρώντας την ταχύτητα στα 30 χλμ/ώρα μειώνονται οι

απότομες επιβραδύνσεις και τα φρεναρίσματα και με αυτό τον τρόπο μειώνεται η κατανάλωση της βενζίνης.

Η κατανάλωση βενζίνης στο σενάριο S0 της μηδενικής μείωσης προκύπτει από τα οχηματο-χιλιόμετρα (Πίνακας 6.3) και την κατανάλωση σε λίτρο/χλμ. για τα επιβατικά (Zifei Yang and Anup Bandivadekar, ICCT 2017). **Η κατανάλωση καυσίμου με βάση την βιβλιογραφία μειώνεται κατά 10%-12%**. Πραγματοποιείται η παραδοχή ότι η κατανάλωση καυσίμου στο κέντρο της Αθήνας, με την 100% αποδοχή του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα, πρόκειται να μειωθεί **κατά την μέση τιμή 11%**, σε σχέση με το βασικό Σενάριο S0.

Στις αρχές του 2022, η μέση τιμή της βενζίνης στην Αθήνα ανήλθε στα 1,8€/λίτρο. Ωστόσο, η τιμή της βενζίνης που πρέπει να συμπεριληφθεί στους υπολογισμούς της κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης πρέπει να είναι απαλλαγμένη από φόρους και τέλη (Sartori et al., 2014). Με βάση τον οδηγό του ACEA (European Automobile Manufacturers Association, 2021) η τιμή της βενζίνης μετά την αφαίρεση του τέλους ρυθμιστικής αρχής ενέργειας, του κρατικού τέλους, των τελωνειακών τελών και του ΦΠΑ ανέρχεται στα 0,8€/λίτρο.

Ταυτόχρονα, δεδομένου ότι οι τιμές των καυσίμων επηρεάζονται από διάφορους τεχνικούς, πολιτικούς και οικονομικούς παράγοντες, η πρόβλεψη των τιμών τους με την πάροδο του χρόνου αποτελεί δύσκολο εγχείρημα. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Sartori et al., 2014, λαμβάνοντας υπόψη την εξέλιξη της απόδοσης στην κατανάλωση των καινούριων οχημάτων, δεν είναι απαραίτητη και δεν προτείνεται η πρόβλεψη της τιμής του καυσίμου.

Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη την ετήσια κατανάλωση καυσίμου των επιβατικών οχημάτων που κυκλοφορούν στην περιοχή μελέτης της Αθήνας, την τιμή της βενζίνης, καθώς και τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου λόγω μείωσης του ορίου ταχύτητας όπως εντοπίζεται από την βιβλιογραφία, υπολογίζεται το οικονομικό όφελος της κατανάλωσης καυσίμου σε σχέση με το σενάριο S0.

Πίνακας 6.9 Συνολικό όφελος κατανάλωσης καυσίμου.

Έτος	Κατανάλωση Καυσίμου (λίτρα)		Μείωση Κατανάλωσης Καυσίμου	Οικονομικό Όφελος (€)
	S0	S1		
2022	53.784.211	48.782.260	-5.001.951	4.130.700 €
2023	51.427.416	46.644.648	-4.782.768	3.949.695 €
2024	50.717.851	45.544.631	-5.173.221	4.272.138 €
2025	50.019.389	44.350.525	-5.668.864	4.681.449 €
2026	49.312.372	43.723.636	-5.588.735	4.615.277 €
2027	48.597.717	43.089.976	-5.507.741	4.548.391 €
2028	47.876.215	42.450.244	-5.425.971	4.480.864 €
2029	47.148.549	41.805.047	-5.343.502	4.412.759 €
2030	46.415.318	41.154.915	-5.260.403	4.344.134 €

Με βάση τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται **μείωση της κατανάλωσης καυσίμου ανά έτος**, η οποία οφείλεται στη μέση μείωση που είχε προκύψει από την βιβλιογραφία κατά την εφαρμογή της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο και στον συντελεστή αποδοχής του μέτρου που από το 2025 και μετά θεωρείται ίσος με το 100%.

6.6 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Για τον υπολογισμό των επιπτώσεων στο περιβάλλον από την εφαρμογή της μείωσης του ορίου ταχύτητας, λαμβάνονται υπόψη οι επιδράσεις που προκύπτουν από τους εκπεμπόμενους ρύπους διοξειδίου του άνθρακα CO₂, των οξειδίων του αζώτου NO_x και των μικροσωματίδιων PM.

Διοξείδιο του άνθρακα CO₂

Η επίδραση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα λόγω της κυκλοφορίας των οχημάτων στην Ελλάδα για την υφιστάμενη κατάσταση S0 προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη πως το έτος 2021, ένα επιβατικό όχημα εκπέμπει κατά μέσο όρο 152 gr CO₂/οχηματοχιλιόμετρο (European Environment Agency, CO₂ performance of new passenger cars in Europe), ενώ μια μοτοσυκλέτα 99gr CO₂/οχηματοχιλιόμετρο (Kit Brennan, 25 March 2021). Οπότε η κατανάλωση εκπεμπόμενων ρύπων για τα επιβατικά οχήματα και τις μοτοσυκλέτες αντίστοιχα προκύπτει από τα οχηματοχιλιόμετρα που διανύονται ανά έτος στην περιοχή μελέτης της Αθήνας (Πίνακας 6.3) και από τα γραμμάρια εκπομπής CO₂ από ένα επιβατικό όχημα.

Σχετικά με το κόστος των εκπεμπόμενων ρύπων, υπολογίζεται από το παραπάνω μέγεθος επί το μοναδιαίο κόστος CO₂(€/τόνο CO₂), το οποίο ανέρχεται για το έτος 2021 στα 114€/τόνο CO₂ και θεωρείται σταθερό έως το 2030.

Για τον υπολογισμό του οφέλους που προκύπτει από την μείωση της ταχύτητας στα 30χλμ/ώρα, δηλαδή για το σενάριο S1 υπολογίζεται αρχικά η ποσότητα των εκπεμπόμενων ρύπων που προκύπτει με βάση το σενάριο S0 για το έτος 2021 και για τα επόμενα έτη μέσω της **μείωσης της μεταβολής των εκπεμπόμενων CO₂** που με βάση την βιβλιογραφία **ανέρχεται στο 12%**. Στη συνέχεια η ποσότητα των εκπεμπόμενων ρύπων επί το κόστος του CO₂ ανά έτος, οδηγεί στον υπολογισμό του ετήσιου κόστους από εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και συσχετίζοντας το με το κόστος του σεναρίου S0, υπολογίζεται το όφελος της μείωσης της ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα του σεναρίου S1.

Πίνακας 6.10 Συνολικό όφελος εκπομπών CO₂.

Έτος	Εκπομπές CO ₂ (τόνοι)		Μείωση Εκπομπών CO ₂ (τόνοι)	Οικονομικό Όφελος (€)
	S0	S1		
2022	134.284	127.672	-6.612	753.714 €
2023	132.563	126.036	-6.527	744.056 €
2024	130.870	123.803	-7.067	805.635 €
2025	129.202	121.450	-7.752	883.740 €
2026	127.517	119.866	-7.651	872.216 €
2027	125.817	118.268	-7.549	860.588 €
2028	124.103	116.656	-7.446	848.862 €
2029	122.375	115.033	-7.343	837.047 €
2030	120.636	113.398	-7.238	825.150 €

Με βάση τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά έτος, η οποία οφείλεται στη μέση μείωση που είχε προκύψει από την βιβλιογραφία κατά την εφαρμογή της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το

αστικό δίκτυο και στον συντελεστή αποδοχής του μέτρου που από το 2025 και μετά θεωρείται ίσος με το 100%.

Εκπομπές NOx

Με όμοιο τρόπο με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, υπολογίζονται οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου. Αρχικά, η ποσότητα εκπομπών NOx στο σενάριο S0 της μηδενικής μεταβολής προκύπτει γνωρίζοντας πως για το έτος 2021 εκπέμπονται από επιβατικό όχημα 8,73 g/kg fuel και από μοτοσυκλέτα 6,64 g/kg fuel, πολλαπλασιάζοντας αντίστοιχα με την ποσότητα κατανάλωσης καυσίμου που υπολογίστηκε προγενέστερα για το εκάστοτε έτος (New Car Fuel Consumption & Emission Figures, October 2021). Αντίστοιχα, ο υπολογισμός της ποσότητας που παράγεται μετά την μείωση της ταχύτητας γίνεται με βάση το σενάριο S0 επί την **μείωση 8,3%** που προκύπτει με βάση την βιβλιογραφία και το γινόμενο του στατιστικού μοντέλου αποδοχής για τα επιβατικά και τις μοτοσυκλέτες αντίστοιχα και του συντελεστή αποδοχής για το κάθε έτος.

Σχετικά με το όφελος από το σενάριο S1 για τις εκπομπές NOx, γνωρίζοντας πως το μοναδιαίο κόστος στα 5.100[€]/τόνο (European Commission, Version 2019-1.1, January 2019-page 57), αξιοποιώντας το με την παραγωγή εκπεμπόμενων ρύπων προκύπτει το παραγόμενο κόστος από τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου σε σχέση με το σενάριο S0, όπως παρουσιάζεται παρακάτω.

Πίνακας 6.11 Συνολικό όφελος εκπομπών NOx

Έτος	Εκπομπές NOx (τόνοι)		Μείωση Εκπομπών NOx	Οικονομικό Όφελος (€)
	S0	S1		
2022	459	428	-31	189.459 €
2023	434	404	-29	179.033 €
2024	422	391	-31	191.352 €
2025	412	378	-34	207.168 €
2026	401	368	-33	201.758 €
2027	390	358	-32	196.388 €
2028	380	348	-31	191.063 €
2029	369	339	-30	185.786 €
2030	359	329	-30	180.561 €

Με βάση τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται μείωση των εκπομπών NOx ανά έτος, η οποία οφείλεται στη μέση μείωση που είχε προκύψει από την βιβλιογραφία κατά την εφαρμογή της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο και στον συντελεστή αποδοχής του μέτρου που από το 2025 και μετά θεωρείται ίσος με το 100%.

Εκπομπές PM

Για το σενάριο S0 οι παραγόμενες εκπομπές PM προκύπτουν με βάση την κατανάλωση καυσίμου για το κάθε έτος και τις εκπομπές που παράγονται από PM, όπου με βάση την βιβλιογραφία για επιβατικό όχημα είναι 0,03g/kg fuel. Σχετικά με το σενάριο S1, η **ελάχιστη μείωση** που προκύπτει βασίζεται στην βιβλιογραφία που **αντιστοιχεί σε 8 %**.

Αντίστοιχα το κόστος προκύπτει γνωρίζοντας πως το έτος 2021 το μοναδιαίο κόστος εκπομπών σε Ε/τόνο ανέρχεται στις 8.6 Ε/τόνο και έτσι με βάση τις παραγόμενες εκπομπές, υπολογίζεται το όφελος ανάμεσα στο σενάριο της μείωσης S1 και στο σενάριο S0.

Πίνακας 6.12 Συνολικό όφελος εκπομπών PM.

Έτος	Εκπομπές PM (τόνοι)		Μείωση Εκπομπών PM (τόνοι)	Οικονομικό Όφελος (€)
	S0	S1		
2022	1,56	1,46	-0,10	9.075 €
2023	1,44	1,34	-0,10	8.378 €
2024	1,37	1,27	-0,10	8.739 €
2025	1,30	1,21	-0,10	8.299 €
2026	1,23	1,14	-0,09	7.867 €
2027	1,17	1,08	-0,09	7.443 €
2028	1,10	1,01	-0,09	7.808 €
2029	1,04	0,95	-0,08	7.355 €
2030	0,97	0,90	-0,08	6.911 €

Με βάση τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται μια μικρή μείωση των εκπομπών PM ανά έτος, η οποία οφείλεται στη μέση μείωση που είχε προκύψει από την βιβλιογραφία κατά την εφαρμογή της μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο και στον συντελεστή αποδοχής του μέτρου που από το 2025 και μετά θεωρείται ίσος με το 100%.

6.6 Κόστη

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται η εκτίμηση του κόστους επένδυσης και του λειτουργικού κόστους για την εφαρμογή και λειτουργία της μείωσης του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα στο αστικό δίκτυο της Αθήνας.

6.6.1 Κόστος Επένδυσης

Το κόστος επένδυσης αποτελεί το **αρχικό κόστος** που απαιτείται ώστε να επιτευχθεί η εφαρμογή του μέτρου μείωσης του ορίου της ταχύτητας στα 30χλμ/ώρα στο αστικό οδικό δίκτυο της Αθήνας. Σε αυτό συμπεριλαμβάνεται το κόστος που απαιτείται για την εκπόνηση της μελέτης, ώστε να επιλεχθούν οι θέσεις των καμερών, κάθετης και οριζόντιας σήμανσης, σαμαρακιών και των επιπρόσθετων λειτουργιών που απαιτούνται για την υλοποίηση του μέτρου.

Τα κόστη για την κατακόρυφη σήμανση αποτελούνται από την αγορά νέων πινακίδων, στύλων καθώς και την τοποθέτησή αυτών. Ο απαιτούμενος συνολικός αριθμός πινακίδων προέκυψε ότι ανέρχεται στις 1.450 πινακίδες, αριθμός αναλογικός με την εφαρμογή του ίδιου μέτρου στην πόλη του Τορόντο (Toronto Transportation Services, June 2015). Επιπλέον, για την εφαρμογή του μέτρου προβλέπεται η τοποθέτηση 100 νέων φαναριών και ο επαναχρονισμός των ήδη υπαρχόντων (Toronto Transportation Services, June 2015), καθώς και οριζόντια σήμανση η οποία αποσκοπεί στην ενημέρωση και υπενθύμιση των οδηγών και πεζών για το νέο όριο ταχύτητας.

Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητη η αγορά και τοποθέτηση νέων καμερών και καμερών-ραντάρ που θα χρησιμεύσουν στην ομαλή εφαρμογή και σωστό έλεγχο του νέου

μέτρου. Μαζί με την αγορά τους, στο επενδυτικό κόστος συμπεριλαμβάνεται το κόστος εγκατάστασής τους, τα λογισμικά συστήματα που απαιτούνται και φυσικά όλος ο πρόσθετος λειτουργικός εξοπλισμός, όπως η ασύρματη επικοινωνία, τα καλώδια, οι κάρτες κ.ά.

Στο κόστος επένδυσης συμπεριλαμβάνεται επίσης, η τοποθέτηση σαμαρακιών σε ορισμένα σημεία του οδικού δικτύου της Αθήνας, τα οποία αποσκοπούν στην ομαλή ροή της κυκλοφορίας και τη διατήρηση μιας σταθερής ταχύτητας, ώστε να μην θέτονται σε κίνδυνο οι πεζοί και οι οδηγοί.

Όλα τα κόστη που συμπεριλαμβάνονται στο κόστος επένδυσης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.13 Κόστος Επένδυσης).

Πίνακας 6.13 Κόστος Επένδυσης

Αρχικό Κόστος		
1	Εκπόνηση μελέτης για την επιλογή των θέσεων των καμερών-πινακίδων κλπ	200.000 €
2	Πινακίδες και σημάνσεις	
	Ρυθμιστική Πινακίδα αναγραφής 30 χλμ/ώρα	40 €
	Τοποθέτηση Νέων Στύλων και Πινακίδων	170 €
	Ολική τοποθέτηση Πινακίδων Ταχύτητας	210 €
	Αριθμός Πινακίδων στην Αθήνα	1.450
	Νέα Φανάρια που απαιτείται επαναχρονισμός τους	100
	Κόστος νέων φαναριών	176 €
	Κόστος Οριζόντιας Σήμανσης	10.000 €
	Σύνολο	532.100 €
3	Κάμερες	
	Κόστος κάμερας	20.000 €
	Κόστος κάμερες-ρανταρ (ενίσχυση εξοπλισμού Τροχαίας)	5.000 €
	Αριθμός καμερών	200
	Αριθμός καμερών-ρανταρ	100
	Προμήθεια καμερών ανίχνευσης ταχύτητας	20.000 €
	Προμήθεια όλων των απαραίτητων συνοδευτικών ηλεκτρονικών (καλώδια,	150.000 €
	Κόστος εγκατάστασης	50.000 €
	Προμήθεια και εγκατάσταση συστήματος (λογισμικό και υπολογιστές)	300.000 €
	Σύνολο	5.020.000 €
4	Σαμαράκια	
	Αριθμός Απαραίτητων speed humps	200
	Κόστος	2.000 €
	Σύνολο	400.000 €

6.6.2 Λειτουργικό Κόστος

Για την λειτουργία του μέτρου απαιτείται πρόσληψη νέου προσωπικού στην δημοτική αστυνομία-τροχαία όπου θα ελέγχει την τήρηση του νέου ορίου ταχύτητας στο οδικό δίκτυο. Επιπλέον, η δημιουργία ενός κέντρου ενημέρωσης πολιτών έχει τον ρόλο της συγκέντρωσης απόψεων και παραπόνων από τους πολίτες, ώστε να υπάρχει συνεχής ανατροφοδότηση της γνώμης των χρηστών της οδού και φυσικά στοχεύει στη σωστή και άμεση ενημέρωση σχετικά με το νέο όριο ταχύτητας στο κέντρο της Αθήνας. Τέλος, η πρόσληψη προσωπικού που θα συνεργάζεται με τα νοσοκομεία, την αστυνομία και

τον Δήμο αποσκοπεί στην συνεχή ενημέρωση της εξέλιξης του νέου ορίου ταχύτητας νέας ταχύτητας, ώστε να διενεργούνται και οι απαιτούμενες τροποποιήσεις όπου κρίνεται αναγκαίο.

Στο λειτουργικό κόστος εμπεριέχεται το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος τήρησης του νέου ορίου ταχύτητας, δηλαδή της κατακόρυφης και οριζόντιας σήμανσης, των σαμαρακιών κ.ά. Επίσης, απαιτείται επανέλεγχος των καμερών και όλων των ηλεκτρονικών μέσων ώστε να διασφαλίζεται η εύρυθμη λειτουργία του συστήματος και ένας διετής έλεγχος που συμπεριλαμβάνει έρευνα πεδίου, ώστε να ελέγχεται η αποτελεσματικότητα του μέτρου. Τέλος, είναι αναγκαίες οι εκστρατείες ενημέρωσης στα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης, ώστε να υπάρξει ομαλή ένταξη και ενημέρωση των πολιτών στο νέο όριο ταχύτητας. **Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα λειτουργικά κόστη** (Πίνακας 6.14 Λειτουργικά Κόστη)

Πίνακας 6.14 Λειτουργικά Κόστη

Λειτουργικό Κόστος		
0	Κόστος Πιλοτικής Λειτουργίας -Trial Period	261.500 €
1	Πρόσληψη προσωπικού	
	Δημοτική Αστυνομία- Τροχαία	100
	Κέντρο Ενημέρωσης Πολιτών-education campaign&complaints&feedback	50
	Άτομα σε συνεργασία με αστυνομία-νοσοκομεία-δήμο για αναγκαίες	100
	Σύνολο	250
	Μισθός	2.500 €
	Συντελεστής Σκιώδους Μισθού	0,8
2	Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης συστήματος	300.000 €
3	Ετήσιος Επανέλεγχος καμερών-ηλεκτρονικών ελέγχων	100.000 €
4	Ετήσιο Κόστος Εκστρατειών ενημέρωσης σε ΜΜΕ	200.000 €
5	Συντηρήσεις σαμαρακιών	5.000 €
6	Έλεγχος ανά 2 έτη για την αποτελεσματικότητα του μέτρου (έρευνα πεδίου)	10.000 €
	Σύνολο	6.415.000 €

6.7 Σύνοψη

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα εκτιμώμενα για τα έτη 2022 έως 2030, κόστη λαμβάνοντας υπόψη το κόστος επένδυσης και τα λειτουργικά κόστη της εφαρμογής του μέτρου, καθώς και τις κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις στο χρόνο διαδρομής, στην κατανάλωσης καυσίμου, στην οδική ασφάλεια και στο περιβάλλον. **Για την αξιολόγηση της οικονομικής απόδοσης** του ορίου ταχύτητας 30 χλμ/ώρα στο αστικό δίκτυο της Αθήνας με δεδομένα τα οφέλη και κόστη από την εφαρμογή του μέτρου εκτιμήθηκαν ορισμένοι οικονομικοί δείκτες όπως:

- **οικονομική καθαρή παρούσα αξία (ENPV):** τη διαφορά μεταξύ των συνολικών προεξοφλημένων κοινωνικών παροχών και δαπανών
- **οικονομικός δείκτης εσωτερικής απόδοσης (ERR):** ο ρυθμός που παράγει μηδενική τιμή για το ENPV
- **λόγος B/C:** η αναλογία μεταξύ προεξοφλημένων οικονομικών οφελών και κόστους

Η καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ ή NPV) επιστρέφει την καθαρή αξία των ταμειακών ροών σε σημερινές τιμές ευρώ. Λόγω της αξίας των χρημάτων με την πάροδο του χρόνου, κάθε ευρώ που κερδίζεται σήμερα έχει μεγαλύτερη αξία από κάθε ευρώ που

πρόκειται να κερδηθεί μέσα στο επόμενο χρονικό διάστημα. Δηλαδή, το NPV υπολογίζει την παρούσα αξία για κάθε σειρά ταμειακών ροών και τις προσθέτει για να υπολογίσει την καθαρή παρούσα αξία. Ο δείκτης ENPV δηλώνει την διαφορά μεταξύ του μειωμένου συνολικού κοινωνικού οφέλους και του κοινωνικού κόστους, που αποτιμάται σε «σκιώδεις» (shadow) τιμές και εκφράζεται σε νομισματικές αξίες. Το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο όταν το ENPV είναι θετικό.

Το κόστος και τα οφέλη που προκύπτουν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές θα πρέπει να προεξοφλούνται χρησιμοποιώντας το **κοινωνικό επιτόκιο αναγωγής** (Social Discount Rate- SDR) . Το SDR αντικατοπτρίζει το μακροπρόθεσμο κόστος ευκαιρίας των πόρων για το κοινωνικό σύνολο και χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των διαχρονικών προτιμήσεων των καταναλωτών για τους πόρους ενός έργου. Με βάση τους υπολογισμούς με ενημερωμένα στοιχεία συμπεριλαμβανομένων των προβλέψεων των ποσοστών οικονομικής ανάπτυξης, το SDR κυμαίνεται επί του παρόντος από 8,13% στην Εσθονία έως 0,8% στην Ιταλία. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία λαμβάνεται υπόψη το 0,8% εφόσον για την Ελλάδα δεν έχει υπολογιστεί SDR

Ο οικονομικός βαθμός εσωτερικής απόδοσης ERR χρησιμοποιείται στις αναλύσεις κόστους-οφέλους (CBA), υπολογίζεται ως το θεωρητικό επιτόκιο αναγωγής για το οποίο το συνολικό (διαχρονικό) κόστος ισούται με το συνολικό (διαχρονικό) όφελος.. Επομένως, ο οικονομικός δείκτης εσωτερικής απόδοσης μιας επένδυσης υπολογίζεται εξισώνοντας την παρούσα αξία της αναμενόμενης καθαρής εισροής μετρητών με την παρούσα αξία της εκροής μετρητών.

$$CF_0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + ERR)^t}$$

Όπου:

CF_t : η πρόσθετη ετήσια ταμειακή ροή (η ταμειακή ροή μπορεί να πάρει θετική ή αρνητική τιμή), μετά από φόρους του έτους t και $t=0,1,2,\dots,n$

ERR: ο οικονομικός δείκτης εσωτερικής απόδοσης

Στην παρούσα κοινωνικο-οικονομική ανάλυση κόστους-οφέλους, το κόστος περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα οικονομικά κόστη που προαναφέρθηκαν για την υλοποίηση του μέτρου της νέας ταχύτητας. Τα ετήσια οφέλη του νέου μέτρου λαμβάνονται υπόψη στην οδική ασφάλεια, στην κυκλοφορία και στο περιβάλλον έως το 2030.

Συμπερασματικά για την οικονομική βιωσιμότητα και αποδοχής της επένδυσης απαιτούνται:

1. Το ENPV να είναι θετικό ($ENPV > 0$).
2. Το ERR να είναι μεγαλύτερο από το SDR ($ERR > SDR$).
3. Ο λόγος B/C, δηλαδή ο λόγος οφέλους κόστους (Benefits/Costs) μεταξύ των προεξοφλημένων οικονομικών οφελών και του κόστους να είναι μεγαλύτερος από την μονάδα ($B/C > 1$).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα κόστη και οφέλη της επένδυσης καθώς και η οικονομική απόδοση αυτής έως το έτος 2030.

Πίνακας 6.15 Ανάλυση Κόστους-Ωφελειών

	NPV 0,8%	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
		Υλοποίηση	Λειτουργία								
Οφέλη και Κόστος											
K1. Κόστος Επένδυσης (€)	-6.103.274	-6.152.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K1.1 Προμήθεια και Εγκατάσταση Καμερών	-4.980.159	-5.020.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K1.2 Εγκατάσταση Σαμαρακιών	-396.825	-400.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K1.3 Προμήθεια και Εγκατάσταση Πινακίδων και Σήμανσης	-527.877	-532.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K1.4 Κόστος Μελέτης	-198.413	-200.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K2. Λειτουργικά Κόστη (€)	-56.918.406	-200.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000
K2.1 Απασχόληση πρόσθετου ανθρώπινου	-51.489.951	0	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000
K2.2 Λειτουργία-Συντήρηση συστήματος	-2.617.406	0	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000
K2.3 Λειτουργία-Συντήρηση μηχανολογικού	-858.166	0	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000
K2.4 Εκστρατείες των ΜΜΕ	-1.914.744	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000
K2.5 Διετής έλεγχος αποτελεσματικότητας	-38.139	0	0	-10.000	0	-10.000	0	-10.000	0	-10.000	0
Κόστη (K1+K2)	-63.021.679	-6.352.100	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000
Οικονομικές Επιπτώσεις-Οφέλη (€)											
Πλεόνασμα Μετακινούμενων (User)	-40.644.567	0	-3.125.692	-3.453.987	-4.012.821	-4.710.914	-4.967.732	-5.229.135	-5.495.126	-5.765.723	-6.040.951
B1. Χρόνος Διαδρομής	-78.227.486	0	-7.256.392	-7.403.682	-8.284.959	-9.392.363	-9.583.010	-9.777.526	-9.975.990	-10.178.482	-10.385.085
B2. Κατανάλωση Καυσίμου	37.582.919	0	4.130.700	3.949.695	4.272.138	4.681.449	4.615.277	4.548.391	4.480.864	4.412.759	4.344.134
Οφέλη Εξωτερικών Επιδράσεων	138.465.085	0	13.523.954	13.400.427	14.535.563	17.667.129	17.547.017	17.426.849	17.256.044	17.135.753	16.964.068
B3. Οδική Ασφάλεια	129.672.976	0	12.571.706	12.468.960	13.529.838	16.567.922	16.465.176	16.362.430	16.208.311	16.105.565	15.951.446
B4. Περιβάλλον	8.792.109	0	952.248	931.467	1.005.725	1.099.207	1.081.841	1.064.419	1.047.733	1.030.188	1.012.622
B4.1 Εκπομπές CO2	7.080.774	0	753.714	744.056	805.635	883.740	872.216	860.588	848.862	837.047	825.150
B4.2 Εκπομπές NOx	1.642.691	0	189.459	179.033	191.352	207.168	201.758	196.388	191.063	185.786	180.561
B4.3 Εκπομπές PM	68.644	0	9.075	8.378	8.739	8.299	7.867	7.443	7.808	7.355	6.911
Οφέλη (B1+B2+B3+B4)	97.820.518	0	10.398.262	9.946.440	10.522.742	12.956.214	12.579.285	12.197.714	11.760.918	11.370.030	10.923.117
ENPV/Net Benefits	34.798.839	-6.352.100	3.793.262	3.331.440	3.917.742	6.341.214	5.974.285	5.582.714	5.155.918	4.755.030	4.318.117
ERR	64,5%										
B/C Ratio	1,55										

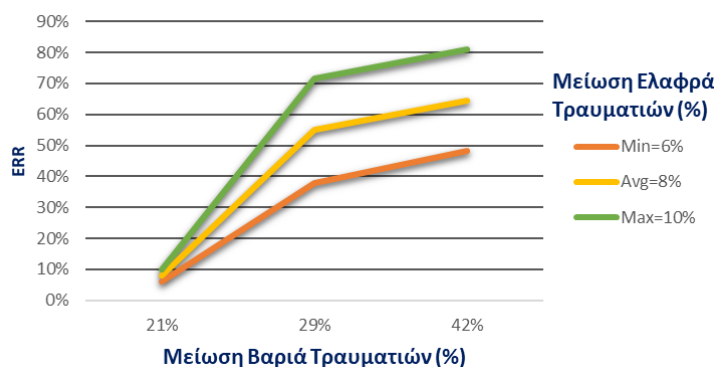
Στο πλαίσιο της κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης που υλοποιήθηκε για την μείωση του ορίου ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα στο αστικό δίκτυο της Αθήνας έως το 2030, παρουσιάστηκε το κόστος επένδυσης, το λειτουργικό κόστος για το κάθε έτος και αντίστοιχα τα συνολικά οφέλη που παράγονται σε κάθε έτος λειτουργίας του μέτρου. Υπολογίζοντας το καθαρό οικονομικό όφελος του μέτρου της μείωσης της ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα στο αστικό δίκτυο της Αθήνας, το οποίο ανέρχεται περίπου στα 35 εκατομμύρια € έως το 2030, με το κέρδος αναφορικά με την κοινωνική ευημερία να παρατηρείται από τον πρώτο χρόνο. Ταυτόχρονα, ο δείκτης ERR είναι μεγαλύτερος του κοινωνικού επιτοκίου αναγωγής SDR του οποίου η τιμή όπως προαναφέρθηκε ανέρχεται στο 0,8%. Τέλος, ο λόγος B/C είναι μεγαλύτερος της μονάδας, κάτι που επιβεβαιώνει την ικανοποιητική οικονομική απόδοση της εν λόγω επένδυσης

Το γεγονός ότι η καθαρή παρούσα αξία είναι θετική, ο δείκτης εσωτερικής απόδοσης ERR είναι θετικός και μεγαλύτερος του κοινωνικού επιτοκίου αναγωγής SDR που έχει ληφθεί υπόψη και, ο λόγος οφέλους προς κόστος είναι μεγαλύτερος της μονάδας, αποδεικνύουν τη βιωσιμότητα της εφαρμογής της μείωσης του ορίου ταχύτητας στα 30χλμ/ώρα στο αστικό δίκτυο της Αθήνας έως το 2030.

6.8 Ανάλυση Ευαισθησίας

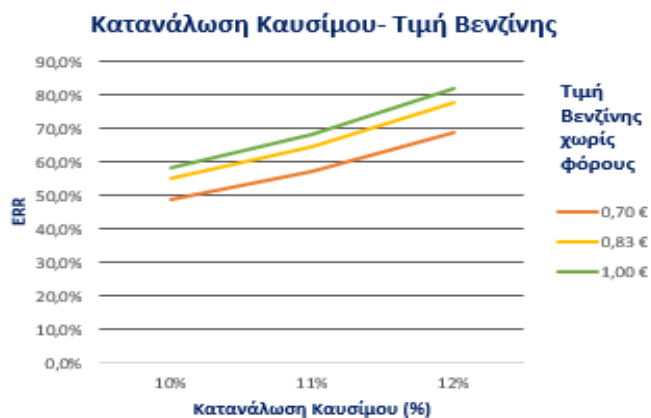
Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζεται η ανάλυση ευαισθησίας του οικονομικού δείκτη εσωτερικής απόδοσης ERR για την μείωση του ορίου ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα συναρτήσει ορισμένων παραμέτρων εισόδου και παραδοχών στην κοινωνικοοικονομική ανάλυση.

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η ευαισθησία που παρουσιάζει ο δείκτης ERR συναρτήσει της μείωσης των ελαφρά και βαριά τραυματιών λόγω της εφαρμογής του ορίου ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα. Το εύρος τιμών των εν λόγω ποσοστιαίων μεταβολών των τραυματιών ορίζεται από την βιβλιογραφική ανασκόπηση. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι καθώς αυξάνεται το ποσοστό μείωσης των βαριά όπως και των ελαφρά τραυματιών αυξάνεται ο δείκτης ERR. Παρατηρείται ότι και στην ελάχιστη μείωση που έχει καταγραφεί στην βιβλιογραφία των τραυματιών λόγω της εφαρμογής του υπό μελέτη ορίου ταχύτητας, η επέμβαση παραμένει οικονομικά βιώσιμη.



Σχήμα 6.1 Ανάλυση Ευαισθησίας δείκτη ERR- Ελαφρά & Βαριά Τραυματίες

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η ευαισθησία που παρουσιάζει ο εκτιμώμενος δείκτης ERR συναρτήσει της μείωσης του ποσοστού της κατανάλωσης καυσίμου και της αύξησης της τιμής της βενζίνης. Με βάση το παρακάτω διάγραμμα αντίστοιχα, όσο αυξάνεται η μείωση του ποσοστού της κατανάλωσης καυσίμου και η τιμή της βενζίνης τόσο αυξάνεται και ο δείκτης οικονομικής απόδοσης ERR.



Σχήμα 6.2 Ανάλυση Ευαισθησίας δείκτη ERR- Κατανάλωση Καυσίμου & Τιμή Βενζίνης

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα

7.1 Σύνοψη

Η εφαρμογή χαμηλών ορίων ταχύτητας στους αστικούς δρόμους ώστε να γίνουν ασφαλέστεροι και να αυξηθεί η ποιότητα ζωής των πολιτών είναι ένα ζήτημα ύψιστης σημασίας. Η διαχείριση της ταχύτητας στις αστικές περιοχές αποτελεί προτεραιότητα όλων των πόλεων, καθώς η προστασία της ανθρώπινης ζωής και η ταυτόχρονη ισορροπία στις μεταφορές είναι τα θεμέλια της πολιτικής στα πλαίσια του τομέα των Μεταφορών. **Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση της αποδοχής και των ωφελειών από τη μείωση του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα στο αστικό οδικό δίκτυο της Αθήνας.**

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση συναφής με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση διερευνήθηκε η επιρροή της μείωσης του ορίου ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα εντός αστικού δικτύου σε τομείς όπως η κοινωνία και το περιβάλλον. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε η επιρροή των νέων χαμηλών ορίων ταχύτητας στην οδική ασφάλεια, στην κυκλοφορία και στην κατανάλωση καυσίμου, όπως αυτή παρατηρήθηκε σε διάφορες πόλεις που εφάρμοσαν το ίδιο μέτρο.

Παράλληλα, για τη συλλογή και συμπλήρωση των απαραίτητων δεδομένων αναπτύχθηκε κατάλληλα σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο με τη χρήση της μεθόδου της δεδηλωμένης προτίμησης. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκαν τρία εναλλακτικά σενάρια: 1. Μείωση του ορίου ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας εκτός των κύριων αρτηριών, 2. Μείωση του ορίου της ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας και 3. Διατήρηση του υπάρχοντος ορίου ταχύτητας. Στη συνέχεια, ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από το ερωτηματολόγιο ώστε να παραχθούν τα μαθηματικά μοντέλα. Ο στόχος των μοντέλων είναι ο προσδιορισμός των παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή των ερωτηθέντων ως προς τα τρία παραπάνω σενάρια.

Μετά από μια σειρά δοκιμών αναπτύχθηκε ένα μοντέλο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης για τον προσδιορισμό των παραμέτρων που επηρεάζουν την επιλογή μεταξύ των τριών εναλλακτικών υπό διερεύνηση (Πίνακας 7.1). Επιπλέον, αναπτύχθηκαν δυο μοντέλα διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης, για τη διερεύνηση της αποδοχής του σεναρίου της μείωσης του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο της Αθήνας εκτός των κύριων αρτηριών και σε όλο το οδικό δίκτυο της Αθήνας (Πίνακας 7.2). Τέλος, για τους σκοπούς της κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης, αναπτύχθηκε ένα δεύτερο μοντέλο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης για τη διερεύνηση της αποδοχής των οδηγών ΙΧ όσον αφορά τη μείωση του ορίου ταχύτητας σε όλο το οδικό δίκτυο της Αθήνας εκτός των κύριων αρτηριών και σε όλο το αστικό οδικό δίκτυο της Αθήνας χωρίς εξαιρέσεις, τα οποία συσχετίστηκαν με την εναλλακτική της καμίας μείωσης (Πίνακας 7.3).

Έπειτα, διερευνάται η οικονομική απόδοση της εφαρμογής του ορίου ταχύτητας των 30 χλμ/ώρα στο κέντρο της Αθήνας, συνεκτιμώντας τα κοινωνικο-οικονομικά οφέλη που προκύπτουν όσον αφορά το χρόνο διαδρομής, την κατανάλωση καυσίμου, την οδική ασφάλεια και το περιβάλλον και τα κόστη που προκύπτουν για την υλοποίηση και εφαρμογή των νέων ορίων ταχύτητας, έως το 2030 (Πίνακας 7.4). Με βάση τα στατιστικά μοντέλα διερεύνησης της αποδοχής της μείωσης του ορίου ταχύτητας σε 30

χλμ/ώρα στην Αθήνα και την κοινωνικο-οικονομική ανάλυση ακολούθησε η διαδικασία αξιολόγησης και ερμηνείας των αποτελεσμάτων.

7.1 Συνολικός Πίνακας Αποτελεσμάτων Πολυωνυμικού και Διωνυμικού Μοντέλου για όλα τα μέσα

	Διωνυμικά Μοντέλα Μείωσης Ταχύτητας				Πολυωνυμικά Μοντέλα Μείωσης Ταχύτητας			
	Επιλογή Μείωσης εκτός κύριων αρτηριών (choice 1)		Επιλογή Μείωσης σε όλο το δίκτυο (choice 2)		Επιλογή Μείωσης εκτός κύριων αρτηριών (choice 1)		Επιλογή Μείωσης σε όλο το δίκτυο (choice 2)	
	Συντελεστής	p-value	Συντελεστής	p-value	Συντελεστής	p-value	Συντελεστής	p-value
Σταθερός Όρος	-1,1646	0,000	-0,7264	0,097	2,957	0,000	-0,6146	0,264
Εμπειρία Οδήγησης	0,1119	0,001						
Κυκλοφορία στην οδό			-0,3163	0,000				
Ανησυχία για εμπλοκή σε ατύχημα	-0,0928	0,03	0,2026	0,000				
Μορφωτικό επίπεδο μεταπτυχιακών σπουδών	-0,4396	0,000						
Συμμετοχή σε ατυχήματα με υλικές ζημιές	-0,0938	0,019	-0,4138	0,000	-0,2204	0,000	-0,3417	0,000
Συνολικοί Τραυματίες από ατυχήματα ετησίως	-	-	-0,1105	0,001				
Χαμηλής αξίας ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων	-2,0024	0,000	-1,4522	0,000				
Μέτριας σημασίας ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων	-2,0692	0,000	-0,6252	0,000	-17,419	0,000	-23,259	0,000
Μεγάλης σημασίας ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων	-0,4363	0,000			-0,2902	0,012	-0,1065	0,484
Χρήση αυτοκινήτου ως μέσο μεταφοράς	-0,1899	0,018						
Ελεύθερος Επαγγελματίας και Ιδιωτικός Υπάλληλος			0,8769	0,000				
Άνεργος			0,6296	0,000				
Καθόλου Σημαντική η παρουσία πεζών και ποδηλατών για επιλογή ταχύτητας οδήγησης	1,3835	0,001						
Λίγο Σημαντική η παρουσία πεζών και ποδηλατών για επιλογή ταχύτητας οδήγησης	0,6588	0,000	1,528	0,000	0,4922	0,041	0,3462	0,237
Αρκετά Σημαντική η παρουσία πεζών και ποδηλατών για επιλογή ταχύτητας οδήγησης					-0,2409	0,047	-0,7738	0,000
Χαμηλή προστασία ευάλωτων χρηστών της οδού με την ισχύουσα ταχύτητα	1,8242	0,000			13,864	0,000	18,737	0,000
Μέτρια προστασία ευάλωτων χρηστών της οδού με την ισχύουσα ταχύτητα	1,0169	0,000			12,568	0,000	11,183	0,000
Υψηλή προστασία ευάλωτων χρηστών της οδού με την ισχύουσα ταχύτητα			-0,694	0,000	-25,702	0,000	-30,990	0,000
Εμπλοκή σε κάτω από 1 ατύχημα με παθόντες	1,9655	0,303			-27,674	0,000	-33,700	0,000
Εμπλοκή σε κάτω από 2 ατυχήματα με παθόντες	1,5667	0,344	2,0685	0,000				
Κάτω από μια κλίση παραβίασης οδικών κανονισμών			1,2431	0,000				
Κάτω από τρεις κλίσεις παραβίασης οδικών κανονισμών	-0,4282	0,000	0,9733	0,006				
Κάτοικος της Αθήνας			-0,5359	0,000	-0,4569	0,001	-0,0021	0,990
Οικογενειακό εισόδημα άνω των 25.000 ευρώ			0,4337	0,000				
Αύξηση χρόνου διαδρομής					0,4858	0,000	0,8834	0,000
Συχρότητα Οδήγησης					0,1662	0,006	0,1696	0,025
Δημόσιος Υπάλληλος					-0,6033	0,002	-0,9138	0,000

7.2 Κοινωνικοοικονομική Ανάλυση εφαρμογής του ορίου ταχύτητας 30χλμ/ώρα στο αστικό οδικό δίκτυο του κέντρου της Αθήνας

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
	Υλοποίηση	Λειτουργία									
Οφέλη και Κόστος	NPV 0,8%										
K1. Κόστος Επένδυσης (€)	-6.103.274	-6.152.100	0	0	0	0	0	0	0	0	
K1.1 Προμήθεια και Εγκατάσταση Καμερών	-4.980.159	-5.020.000	0	0	0	0	0	0	0	0	
K1.2 Εγκατάσταση Σφαιρακίων	-396.825	-400.000	0	0	0	0	0	0	0	0	
K1.3 Προμήθεια και Εγκατάσταση Πινακίδων και Σήμανσης	-527.877	-532.100	0	0	0	0	0	0	0	0	
K1.4 Κόστος Μελέτης	-198.413	-200.000	0	0	0	0	0	0	0	0	
K2. Λειτουργικά Κόστη (€)	-56.918.406	-200.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	
K2.1 Απασχόληση πρόσθετου ανθρώπινου	-51.489.951	0	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	-6.000.000	
K2.2 Λειτουργία-Συντήρηση συστήματος	-2.617.406	0	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	-305.000	
K2.3 Λειτουργία-Συντήρηση μηχανολογικού	-858.166	0	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	
K2.4 Εκστρατείες των ΜΜΕ	-1.914.744	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	-200.000	
K2.5 Διετής έλεγχος αποτελεσματικότητας	-38.139	0	0	-10.000	0	-10.000	0	-10.000	0	-10.000	
Κόστη (K1+K2)	-63.021.679	-6.352.100	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	-6.605.000	-6.615.000	
Οικονομικές Επιπτώσεις-Οφέλη (€)											
Πλεόνασμα Μετακινούμενων (User)	-40.644.567	0	-3.125.692	-3.453.987	-4.012.821	-4.710.914	-4.967.732	-5.229.135	-5.495.126	-5.765.723	
B1. Χρόνος Διαδρομής	-78.227.486	0	-7.256.392	-7.403.682	-8.284.959	-9.392.363	-9.583.010	-9.777.526	-9.975.990	-10.178.482	
B2. Κατανάλωση Καυσίμου	37.582.919	0	4.130.700	3.949.695	4.272.138	4.681.449	4.615.277	4.548.391	4.480.864	4.412.759	
Οφέλη Εξωτερικών Επιδράσεων	138.465.085	0	13.523.954	13.400.427	14.535.563	17.667.129	17.547.017	17.426.849	17.256.044	17.135.753	
B3 Οδική Ασφάλεια	129.672.976	0	12.571.706	12.468.960	13.529.838	16.567.922	16.465.176	16.362.430	16.208.311	16.105.565	
B4 Περιβάλλον	8.792.109	0	952.248	931.467	1.005.725	1.099.207	1.081.841	1.064.419	1.047.733	1.030.188	
B4.1 Εκπομπές CO2	7.080.774	0	753.714	744.056	805.635	883.740	872.216	860.588	848.862	837.047	
B4.2 Εκπομπές NOx	1.642.691	0	189.459	179.033	191.352	207.168	201.758	196.388	191.063	185.786	
B4.3 Εκπομπές PM	68.644	0	9.075	8.378	8.739	8.299	7.867	7.443	7.808	7.355	
Οφέλη (B1+B2+B3+B4)	97.820.518	0	10.398.262	9.946.440	10.522.742	12.956.214	12.579.285	12.197.714	11.760.918	11.370.030	
ENPV/Net Benefits	34.798.839	-6.352.100	3.793.262	3.331.440	3.917.742	6.341.214	5.974.285	5.582.714	5.155.918	4.755.030	
ERR	64,5%										
B/C Ratio	1,55										

7.2 Συμπεράσματα

Με την εφαρμογή της μείωσης του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα στο αστικό δίκτυο της Αθήνας παρατηρείται **σημαντική βελτίωση** στους τομείς της οδικής ασφάλειας, του περιβάλλοντος και γενικότερα της ποιότητας ζωής στην Αθήνα. Συγκεκριμένα, σε βάθος δεκαετίας αναμένεται **σημαντική μείωση νεκρών, κατανάλωσης καυσίμου και ρύπων**. Η παρούσα επέμβαση στο αστικό δίκτυο της Αθήνας αποτελεί μια **οικονομικά βιώσιμη** εφαρμογή συνυπολογίζοντας το κόστος επένδυσης και τα λειτουργικά κόστη.

Επιπλέον, οι οδηγοί όπου αντιλαμβάνονται την αξία του ορίου της ταχύτητας στην πρόκληση οδικών ατυχημάτων, έχουν λιγότερες από τρεις κλήσεις για παραβάσεις του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας και έχουν εμπλακεί σε λίγα ατυχήματα με παθόντες **είναι πρόθυμοι στην νέα επέμβαση στο όριο ταχύτητας**. Επίσης, όσοι είναι ανήσυχοι στο ενδεχόμενο εμπλοκής σε ατύχημα κατά την οδήγησή τους, επηρεάζονται από την παρουσία πεζών και ποδηλατών και θεωρούν πως οι ευάλωτες χρήστες της οδού δεν προστατεύονται αρκετά διατηρούν θετική στάση στην μείωση του ορίου της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα. Τέλος, αρκετοί οδηγοί παρά την ενδεχόμενη αύξηση του χρόνου διαδρομής κατά την εφαρμογή της μείωσης του ορίου της ταχύτητας συνυπολογίζοντας την μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, ρύπων και πιθανότητας οδικού ατυχήματος δείχνουν μεγάλη προθυμία στην παρούσα επέμβαση στο αστικό δίκτυο της Αθήνας.

7.2.1 Συμπεράσματα Αποδοχής Οδηγών

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων από τις απαντήσεις των συμμετεχόντων στο ερωτηματολόγιο και τα στατιστικά μοντέλα που προέκυψαν συνοψίζονται στα εξής σημεία:

1. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα είναι ως επί τω πλείστων ανήσυχοι σε ένα ενδεχόμενο οδικό ατύχημα και **αντιλαμβάνονται την σημασία του ρόλου του ορίου της ταχύτητας** στην πρόκληση αυτών των ατυχημάτων.
2. Το **75%** του πληθυσμού που συμμετείχε στην έρευνα **συμφωνεί** με τη μείωση του ορίου ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο εκτός των κύριων αρτηριών.
3. Ένας οδηγός όπου στη **διάρκεια των τριών τελευταίων ετών είχε λιγότερες από τρεις κλήσεις συνολικά για παραβάσεις του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας**, επιλέγει την μείωση του ορίου της ταχύτητας σε όλο το οδικό δίκτυο της Αθήνας. Το **αντίστοιχο προφίλ** ενός οδηγού **δεν επιθυμεί** τη μείωση σε 30χλμ/ώρα **σε όλο το οδικό δίκτυο εκτός των κύριων αρτηριών**, καθώς κρίνουν ότι η μερική μείωση δεν θα αποτελεί κριτήριο ιδιαίτερης βελτιστοποίησης της κατάστασης.
4. Παράλληλα, ένας οδηγός είναι εξίσου **θετικός** στη μείωσης της ταχύτητας σε όλο το οδικό δίκτυο της Αθήνας, αλλά και της μείωσης σε όλο το οδικό δίκτυο εκτός των κύριων αρτηριών, **όταν έχει εμπλακεί σε λίγα ατυχήματα με παθόντες**. Τα παραπάνω υποδηλώνουν την **συμμόρφωση του οδηγού στους κανόνες οδικής κυκλοφορίας**.

5. Ένας οδηγός που χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα **ανήσυχος** στο ενδεχόμενο να εμπλακεί σε οδικό ατύχημα με παθόντες **επιθυμεί** τη μείωση του ορίου ταχύτητας, καθώς κατά αυτό τον τρόπο ενδεχομένως αισθάνεται μεγαλύτερη ασφάλεια κατά τη διάρκεια της οδήγησης.
6. Όσο **αυξάνεται ο χρόνος διαδρομής**, οι χρήστες της οδού είναι **πρόθυμοι** στη μείωση της ταχύτητας και στις δύο εναλλακτικές, καθώς οι ίδιοι είναι περισσότερο θετικοί στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και της μείωσης πιθανότητας ατυχήματος, παρόλο που αυτές οι δύο μειώσεις συνοδεύονται με αύξηση του χρόνου διαδρομής.
7. Οι χρήστες της οδού που επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την **παρουσία πεζών και ποδηλατών για την επιλογή της ταχύτητάς** τους είναι **σύμφωνοι** με τη μείωση του ορίου ταχύτητας, καθώς αντιλαμβάνονται πως κατά αυτό τον τρόπο θα μπορούν να αποφευχθούν ιδιαίτερα ατυχήματα και θα υπάρχει μια πιο αρμονική συμβίωση μεταξύ όλων των χρηστών της οδού.
8. Όσοι οδηγοί θεωρούν πως **οι ευάλωτοι χρήστες της οδού**, δηλαδή οι πεζοί, οι ποδηλάτες κλπ. **προστατεύονται** λίγο από το ισχύον όριο ταχύτητας, τόσο **πιο θετικοί** είναι στην εφαρμογή της μείωσης σε όλο το αστικό δίκτυο εκτός των κύριων αρτηριών. Αντίστοιχα, όσοι οδηγοί πιστεύουν πως οι ευάλωτοι χρήστες προστατεύονται αρκετά, τόσο μειώνεται η πιθανότητα να απαντήσουν θετικά στην μείωση του ορίου ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το οδικό δίκτυο της Αθήνας.
9. Οι οδηγοί όπου οδηγούν **λιγότερα τακτικά, από μία φορά την εβδομάδα έως μια φορά το μήνα είναι πρόθυμοι** στην εφαρμογή της μείωσης του ορίου ταχύτητας. Με αυτό το μέτρο θα μπορέσουν και οι ίδιοι να οδηγούν πιο τακτικά, καθώς μέσω της μείωσης του ορίου ταχύτητας στα 30 χλμ/ώρα αισθάνονται μεγαλύτερη ασφάλεια.
10. Η αντίληψη πως **η ταχύτητα δεν αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο** στην πρόκληση των ατυχημάτων οδηγεί στη **μειωμένη αποδοχή του μέτρου** της μείωσης σε όλο το οδικό δίκτυο εκτός των κυρίων αρτηριών και στη μείωση του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το αστικό δίκτυο. Φαίνεται πως όσοι οδηγοί θεωρούν πως η ταχύτητα δεν έχει ιδιαίτερη σημασία στην πρόκληση ατυχημάτων δεν συμφωνούν με οποιαδήποτε μείωση του ορίου ταχύτητας.
11. Ένας **οδηγός που επηρεάζεται** από την **κυκλοφορία** στην οδό για την επιλογή της ταχύτητάς του **δεν προτιμάει** την μείωση του ορίου ταχύτητας.
12. Όσα **περισσότερα τα ατυχήματα** στα οποία έχει **εμπλακεί** κάποιος ως οδηγός και **εμπεριείχαν υλικές ζημιές**, τόσο μειώνεται η πιθανότητα επιλογής του μειωμένου ορίου ταχύτητας. Γεγονός που παρουσιάζει τη δυσκολία συμμόρφωσης συγκεκριμένων χρηστών της οδού στους ισχύοντες οδικούς κανονισμούς.

7.2.2 Συμπεράσματα Κοινωνικο-οικονομικής Ανάλυσης

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων από την κοινωνικοοικονομική ανάλυση συνοψίζονται στα εξής σημεία:

1. Η μείωση του ορίου ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα στα αστικά κέντρα πόλεων έχει **σημαντικό θετικό αντίκτυπο** στην **οδική ασφάλεια**, στο **περιβάλλον** και γενικότερα στην **κοινωνία**.
2. Με τη μείωση του ορίου ταχύτητας στο κέντρο της Αθήνας σε 30 χλμ/ώρα προβλέπεται σε βάθος 10ετίας:
 - i. **μείωση των νεκρών** κατά 33 άτομα, των βαριά τραυματιών κατά 83 και των ελαφρά τραυματιών κατά 830,
 - ii. **μείωση της κατανάλωσης καυσίμου** κατά 48 εκατ. λίτρα,
 - iii. **μείωση ρύπων** CO₂, NO_x και PM κατά 65,5 χιλιάδες τόνους.
3. Το σημαντικότερο οικονομικό όφελος προκύπτει λόγω της **βελτίωσης της οδικής ασφάλειας** μέσω της μείωσης νεκρών και τραυματιών και ανέρχεται στα 130 εκατομμυρίων € σε βάθος 10ετίας. Επίσης, το οικονομικό όφελος από τη μείωση κατανάλωσης καυσίμου εκτιμάται στα 38 εκ. € και από τις μειώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου εκτιμάται όφελος περίπου 9 εκ. €.
4. Η εφαρμογή του ορίου ταχύτητας 30χλμ/ώρα στο αστικό οδικό δίκτυο του κέντρου της Αθήνας αποτελεί μία **οικονομικά βιώσιμη επέμβαση** εφόσον τα απαιτούμενα λειτουργικά κόστη και το κόστος επένδυσης είναι σημαντικά χαμηλότερα συγκριτικά με τα οφέλη που προκύπτουν στα 10 χρόνια λειτουργίας του (Benefits/Costs>1). Επιπλέον, η Καθαρή Παρούσα Αξία (ENPV) ανέρχεται στα 35 εκατομμύρια € ενώ ο δείκτης εσωτερικής απόδοσης (ERR) είναι ίσος με 64,5% επιβεβαιώνοντας την αρκετά καλή οικονομική απόδοση της επένδυσης.

7.3 Προτάσεις για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων

Με βάση τα αποτελέσματα και τα συνολικά εξαγόμενα συμπεράσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, παρατίθενται μια σειρά από προτάσεις για αξιοποίηση των αποτελεσμάτων τόσο στην εφαρμογή πολιτικών και μέτρων αλλά και στην εκπόνηση νέας έρευνας.

1. Από τις προηγούμενες αναλύσεις παρατηρήθηκε ότι ο χρόνος διαδρομής έχει καταλυτική θέση στην προτίμηση ή όχι της μείωσης του ορίου ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα είτε σε όλο το οδικό δίκτυο της Αθήνας εκτός των κύριων αρτηριών είτε σε όλο το οδικό δίκτυο. Επομένως, θα πρέπει να είναι **προτεραιότητα στον σχεδιασμό και στην διαδικασία υλοποίησης του νέου μέτρου η όσο το δυνατόν μικρότερη αύξηση του χρόνου διαδρομής**.
2. Το υψηλό κόστος των τραυματιών και νεκρών και αντίστοιχα το μεγάλο όφελος που προκύπτει στην οδική ασφάλεια από τη μείωση των αριθμών των τραυματιών και νεκρών και με αυτό τον τρόπο από την προστασία της ανθρώπινης ζωής είναι ιδιαίτερα σημαντικό και πρέπει να **τονιστεί ώστε να οδηγήσει στην αύξησης της κοινής αποδοχής** και στην ισχυρή εφαρμογή του νέου μέτρου μείωσης της ταχύτητας σε 30 χλμ/ώρα σε όλο το οδικό δίκτυο της Αθήνας.
3. Κρίνεται απαραίτητη η **εφαρμογή κατάλληλων νομοθετικών ρυθμίσεων** και ενός γενικότερου **ολοκληρωμένου σχεδίου δράσης** εκ μέρους της **Πολιτείας**, με βασικό στόχο την ομαλή ένταξη του νέου μέτρου μείωσης του ορίου ταχύτητας στους κανονισμούς της οδικής κυκλοφορίας και της σωστής ενημέρωσης και

ευαισθητοποίησης των πολιτών. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να πραγματοποιηθούν ενέργειες όσον αφορά την παιδεία, την ενημέρωση των πολιτών, την θέσπιση κινήτρων, τη συνεργασία σε όλα τα επίπεδα και τη συστηματική αξιολόγηση. Επιπρόσθετα, είναι αναγκαία η παράθεση όλων των πλεονεκτημάτων του μειωμένου ορίου ταχύτητας στο περιβάλλον, στην υγεία και στον αστικό χώρο.

7.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάστηκε η επιρροή του χρόνου διαδρομής, της κατανάλωσης καυσίμου και της πιθανότητας οδικού ατυχήματος στην επιλογή της μείωσης του ορίου ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα στο οδικό δίκτυο της Αθήνας. Παράλληλα, με την προσθήκη επιπρόσθετων μεταβλητών σχετικές με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά και τις απόψεις των ερωτηθέντων εξήχθησαν μαθηματικά μοντέλα με υψηλή αξιοπιστία ως προς την εξαγωγή των συμπερασμάτων που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Τέλος, μέσω της κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης με τη χρήση της μεθόδου ανάλυσης κόστους ωφελειών μελετήθηκε η οικονομική βιωσιμότητα του εν λόγω μέτρου με μελλοντική πρόβλεψη έως το 2030. Υπάρχουν, ωστόσο περιθώρια για περαιτέρω συνέχιση της έρευνας σε ένα πεδίο που θα απασχολήσει αρκετά την επιστημονική κοινότητα τα επόμενα χρόνια:

1. **Αλλαγές στην αύξηση του χρόνου διαδρομής, στη μείωση κατανάλωσης καυσίμου ή στη μείωση πιθανότητας οδικού ατυχήματος στα σενάρια της δεδηλωμένης προτίμησης** αναμένεται να επιφέρει αρκετά διαφορετικά αποτελέσματα, και ως εκ τούτου μια τέτοια διερεύνηση θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον.
2. Στο μέλλον, προτείνεται η **επέκταση του δείγματος**, ώστε να περιλαμβάνει ένα μεγαλύτερο εύρος πληθυσμού που δεν θα προέρχεται κατά πλειοψηφία από το διαδίκτυο.
3. Έντονο ενδιαφέρον θα είχε η **επέκταση της έρευνας πέραν του οδικού δικτύου της Αθήνας** και η διεξαγωγή της έρευνας και ανάλυσης **σε άλλες πόλεις της Ελλάδας**, ώστε να μελετηθούν οι ιδιαιτερότητες, εφόσον υπάρχουν, της κάθε πόλης σε συγκοινωνιακές υποδομές και νοοτροπία σε σχέση με την Αθήνα.
4. Τέλος, η **εκτενέστερη έρευνα για τα οφέλη** που παρουσιάζει το μέτρο μείωσης της ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 30 χλμ/ώρα στο οδικό δίκτυο, όπως **στο περιβάλλον και στον παράγοντα του κυκλοφοριακού θορύβου**, καθώς και περαιτέρω μελέτη σχετικά με το **επενδυτικό και λειτουργικό κόστος** εφαρμογής του.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - Ερωτηματολόγιο

Ερωτηματολόγιο έρευνας για τη μείωση του ορίου ταχύτητας στο αστικό και υπεραστικό δίκτυο της Ελλάδας

Το παρόν ερωτηματολόγιο έχει συνταχθεί για τις ανάγκες Διπλωματικής Εργασίας στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. **Στόχος της έρευνας είναι να διερευνήσει την άποψη των χρηστών για τη μείωση του ορίου ταχύτητας από 50km/h σε 30 km/h στο αστικό δίκτυο της Αθήνας.**

Σας ενημερώνουμε ότι για τους σκοπούς της έρευνας δεν απαιτούνται προσωπικά στοιχεία και κάθε απάντηση θα αντιμετωπιστεί εμπιστευτικά.

Ευχαριστούμε πολύ εκ των προτέρων που συμμετέχετε στην έρευνα.

A. Οδηγική Εμπειρία-Μετακινήσεις

A1. Ποια είναι η οδηγική σας εμπειρία;

- 0-4 έτη
- 5-9 έτη
- 10-14 έτη
- >15 έτη

A2. Ποιο είναι το κύριο μέσο μετακίνησής σας από και προς την εργασία σας;

- ΙΧ
- Δίκυκλο
- Ταξί
- Μέσα Μαζικής Μεταφοράς
- Κανένα από τα παραπάνω

A3. Η συχνότητα οδήγησής σας είναι:

- Κάθε μέρα
- 2-3 φορές την εβδομάδα
- 1 φορά την εβδομάδα

- 1 φορά το μήνα

A4. Σε πόσα ατυχήματα με υλικές ζημιές έχετε εμπλακεί ως οδηγός;

- Κανένα
- 1
- 2
- 3
- >3

A5. Σε πόσα ατυχήματα με παθόντες έχετε εμπλακεί ως οδηγός;

- Κανένα
- 1
- 2
- 3
- >3

A6. Τα τελευταία τρία χρόνια, πόσες κλήσεις είχατε συνολικά για παραβάσεις του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας;

- Καμία
- Κάτω από 3
- 3-6
- Πάνω από 6

B. Απόψεις - Συμπεριφορά

B1. Πόσο ανήσυχoi είστε για το ενδεχόμενο να εμπλακείτε σε οδικό ατύχημα με παθόντες;

- Καθόλου
- Λίγο
- Αρκετά
- Πάρα πολύ

B2. Πόσοι πιστεύετε ότι είναι οι τραυματίες από οδικά ατυχήματα ετησίως στην Ελλάδα;

- 1000-5000
- 5001-10000
- 10001-15000
- 15001-25000
- >25000

B3. Πόσοι πιστεύετε ότι είναι οι νεκροί από οδικά ατυχήματα ετησίως στην Ελλάδα;

- 0-100
- 101-500
- 501-1000
- 1001-1500
- >1500

B4. Πόσο σημαντικός πιστεύετε ότι είναι ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση των ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους;

- Καθόλου
- Λίγο
- Αρκετά
- Πάρα πολύ

B5. Με βάση τα ισχύοντα όρια ταχύτητας εντός πόλης (50 km/h), σε τι βαθμό θεωρείτε ότι προστατεύονται οι ευάλωτοι χρήστες της οδού (πεζοί, ποδηλάτες, μοτοσυκλετιστές, κλπ.);

- Καθόλου
- Λίγο
- Αρκετά
- Πάρα πολύ

B6. Πόσο σημαντικοί είναι οι παρακάτω παράγοντες για να επιλέξετε την ταχύτητα οδήγησής σας; (1 = καθόλου σημαντικό και 5 = πολύ σημαντικό)

	1	2	3	4	5
Ο τύπος της οδού					
Η κυκλοφορία στην οδό					

Συχνότητα οδήγησης στις συγκεκριμένες οδούς					
Η ταχύτητα των άλλων οχημάτων					
Η παρουσία πεζών και ποδηλατών					
Παρουσία Τροχαίας στο δρόμο					

Απαντήσεις

B2. Πόσοι πιστεύετε ότι είναι οι τραυματίες από οδικά ατυχήματα ετησίως στην Ελλάδα;

10.001-15.000 (13.690)

B3. Πόσοι πιστεύετε ότι είναι οι νεκροί από οδικά ατυχήματα ετησίως στην Ελλάδα;

501-1000 (688)

Γ. Προτιμήσεις

Αστικό δίκτυο

Για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας, προτείνονται 2 εναλλακτικές σχετικά με τη μείωση της ταχύτητας στο αστικό δίκτυο:

- **1^η Εναλλακτική:** μείωση της ταχύτητας από 50km/h σε 30km/h σε όλο το αστικό δίκτυο εκτός των κυρίων αρτηριών (50km/h),
- **2^η Εναλλακτική:** μείωση σε 30km/h σε όλο το αστικό δίκτυο.

Γ1. Συμφωνείτε με τη μείωση των ορίων ταχύτητας από 50 km/h σε 30km/h σε όλο το αστικό δίκτυο εκτός των κυρίων αρτηριών (50km/h);

- Ναι
- Όχι

Γ2. Συμφωνείτε με τη μείωση των ορίων ταχύτητας από 50 km/h σε 30km/h σε όλο το αστικό δίκτυο;

- Ναι
- Όχι

Γ3. Επιλογές Σεναρίων

Για καθένα από τα παρακάτω **10 σενάρια** συνδυασμών χρόνου διαδρομής, κατανάλωσης καυσίμου και πιθανότητας οδικού ατυχήματος που αφορούν σε **μια**

συνηθισμένη 45λεπτή διαδρομή στην πόλη επιλέξτε την εναλλακτική που θα προτιμούσατε.

Επισημαίνεται ότι ο χρόνος διαδρομής είναι σε λεπτά, η κατανάλωση καυσίμου σε ποσοστό και η πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό σε ποσοστό.

1	Μείωση σε 30km/h με εξαιρέσεις	Μείωση σε 30km/h παντού	Καμία Μείωση (50km/h παντού)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+0min	+10min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-5%	-5%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-20%	-50%	-

2	Μείωση σε 30km/h με εξαιρέσεις	Μείωση σε 30km/h Παντού	Καμία Μείωση (50km/h παντού)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+10min	+15min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-5%	-10%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-10%	-20%	-

3	Μείωση σε 30km/h με εξαιρέσεις	Μείωση σε 30km/h παντού	Καμία Μείωση (50km/h παντού)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+15min	+15min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-10%	-10%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-20%	-50%	-

4	Μείωση σε 30km/h με εξαιρέσεις	Μείωση σε 30km/h παντού	Καμία Μείωση (50km/h παντού)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+10min	+10min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-10%	-10%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-10%	-50%	-

5	Μερική μείωση σε 30km/h	Καθολική μείωση σε 30km/h	Καμία Μείωση (50km/h παντού)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+0min	+10min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-20%	-20%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-10%	-20%	-

6	Μερική μείωση σε 30km/h	Καθολική μείωση σε 30km/h	Καμία Μείωση (50km/h παντού)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+0min	+15min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-10%	-20%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-10%	-20%	-

7	Μερική μείωση σε 30km/h	Καθολική μείωση σε 30km/h	Καμία Μείωση (50km/h παντού)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+10min	+10min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-5%	-10%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-20%	-20%	-

8	Μερική μείωση 30km/h σε	Καθολική μείωση 30km/h σε	Καμία Μείωση (50km/h παντού)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+0min	+10min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-5%	-20%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-10%	-50%	-

9	Μερική μείωση 30km/h σε	Καθολική μείωση 30km/h σε	Καμία Μείωση (50km/h παντού)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+10min	+15min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-20%	-20%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-20%	-50%	-

10	Μερική μείωση 30km/h σε	Καθολική μείωση 30km/h σε	Καμία Μείωση (50km/h παντού)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+10min	+15min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-5%	-10%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-20%	-50%	-

Δ. Δημογραφικά Στοιχεία

Δ1. Φύλο

- Άνδρας
- Γυναίκα

Δ2. Ηλικία

- 18-24

- 25-34
- 35-54
- >55

Δ3. Οικογενειακή Κατάσταση

- Ανύπαντρος
- Παντρεμένος
- Διαζευγμένος/η
- Χήρος/α

Δ4. Ετήσιο Οικογενειακό Εισόδημα

- Εώς 10.000€
- 10.000 έως 25.000
- Άνω των 25.000

Δ5. Μορφωτικό Επίπεδο

- Γυμνάσιο
- Λύκειο
- Φοιτητής
- Πτυχιούχος Πανεπιστημίου
- Πτυχιούχος Μεταπτυχιακών Σπουδών
- Άλλο

Δ6. Επάγγελμα

- Φοιτητής
- Ελεύθερος Επαγγελματίας/ Ιδιωτικός Υπάλληλος
- Δημόσιος Υπάλληλος
- Οικιακά
- Άνεργος
- Άλλο

Δ7. Σε ποια πόλη κατοικείτε;

- Αθήνα

- Θεσσαλονίκη
- Άλλη πόλη/περιοχή

Σας ευχαριστούμε πολύ!

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ackerman F., H. L. (2004). *Priceless: On Knowing the Price of Everything and the Value of Nothing*. New York: The New Press.
- Aarts L. et al (2006). *Driving Speed and the risk of road crashes: a review*.
- Berlin.de. (2018). *Air Quality in the Capital*.
- British Academy. (January 2014). *If you could do one thing, Nine local actions to reduce health inequalities*.
- Brussels. (2001). *The European Federation for Transport and Environment*.
- Christopher, C. (2020). *City Limits-Setting Safe Speed Limits on Urban Streets*. NACTO.
- Claire L.Cleland, K. M. (June 2020). *Effects of 20mph intervention on a range of public health outcomes: A meta-narrative evidence synthesis*.
- European Automobile Manufacturers Association. (2021).
- European Commission. (2019). *Hanbook on the external costs of transport- version 2019 1.1*.
- European Environment Agency. (18 November 2021). *CO2 performance of new passenger cars in Europe*.
- European Federation of Road Traffic Victims. (February 2013). *Why 30 km/h?*
- Eurostat. (3 February 2021). *Distribution of distance travelled per person per day by travel purpose for urban mobility on all days*. Table 3.
- Fildes Brian et al. (August 2017). *30 km/h Speed Limit: Pre-Trial Final Report*. Yarra.
- Glen Koorey . (2019). *The mechanics and politcs of chaning a speed limit*. Transportation Group 2019 Conference.
- Global Petrol Prices. (January 2022). Athens.
- Hass-Klau C. (1991). *An illustrated guide to traffic calming*. Transportation Research Board.
- Hunter R., Kee F., Kelly P. and Nightingale G. (2021). *Use of natural experimental studies to evaluate 20mph speed limits in two major UK cities*. Tranport and Environment Factsheet .
- International Transport Forum. (2018). *Speed and Crash Risk*.
- Insurance Institute for Highway Safety (2021). *Speed Limits*
- J Van Mirelo, G. M. (2004). *Driving style and traffic measures-influence on vehicle emissions and fuel consumption*.
- Jo Cairns, Jon Warren, Kayleigh Garthwaite, Graeme Greig, Clare Bamba. (2014). *Go slow: an umbrell review of the effects of 20mph zones and limits on health and health inequalities*.

- Johannes Thiedig. (2017/2018). *An economic cost-benefit analysis of a general speed limit on German highways*. School of business and economics.
- Karen Milton et al. (September 2021). *Use of natural experimental studies to evaluate 20mph speed limits in two major UK cities*.
- KiM. (2013). *The social value of shorter and more reliable travel times*. Hague: Netherlands Institute for Transport Policy Analysis.
- Koopmans Carl, Mouter N. (September 2020). *Cost Benefit Analysis*.
- Likert. (1932). *A technique for the measurement of attitudes*. Likert.
- Liraz Fridman, R. L. (2020). *Effects of reducing the posted speed limit to 30km/h on pedestrian motor vehicle collisions in Toronto, Canada*. Toronto, Canada.
- Luc LR Int Panis, Steven Broekx. (January 2016). *Impact of 30km/h zone introduction on vehicle exhaust emissions in urban areas*.
- Mouter N. (2015). Value of time: to differentiate or not to differentiate? In *Journal of the Transportation Research Board No 2597* (pp. 82-89). Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Mouter N., Chorus C.G. (2016). Value of Time: a citizen perspective . Transportation Research Part A 91.
- Mouter N., Koster P.R, Dekker T. (2019). An introduction to participatory value evaluation. Working paper Tinbergen Institute 19-024/V.
- Newman et al. (1992). *Air Quality and Energy Use*.
- Persico C. (6 July 2018). *Potential speed limit drop will cast Taranaki further adrift by the Mayor*. Taranaki Daily News.
- Rebecca Steinbach, J. C. (June 2015). *Cost Benefit Analysis of 20mph zones in London*. London.
- Rehfishch Alan et al. (2019). *Evidence on the impact of 20mph Speed Limits*. SPICe.
- Road Safety Factsheet. (2020). *20mph Zones and Speed Limits Factsheet*.
- Rowland T., McLeod D. (2017). Travel time savings and speed: actual and perceived, NZ Transport and Agency research report. In *The Case for 30km/h - Speed Management* (p. 97). OECD/ECMT Transport Research Centre, 2006.
- Sartori D., Catalano G., Genco M., Pancotti C., Sirtori E., Vignetti S. and Del Bo C. (2020). *Guide to Cost Benefit Analysis on Investment Projects*. Economic appraisal tool for Cohesion Policy.
- Transportation Services. (June 3 2015). *30 km/h speed limit on local roads in the Toronto and East York Community Council Area*.
- Vehicle Certification Agency. (19th October 2021). *New Car Fuel Consumption & Emission Figures*.
- Victor Desarnaulds, Gilber Monay and Antonio Crvalho. (2004). *Noise Reduction by Urban Traffic Management*.
- Ville de Martigues. (2020). *Zone 30*.

- Weimer D.L. (2017). *Behavioural economics for cost-benefit analysis: Benefit validity when sovereign consumers seem to make mistakes*. Cambridge University Press.
- World Health Organization . (2017). *Save lives: a road safety technical package*.
- World Health Organization. (2007). *Global Status Report on Road Safety*.
- Zifey Yang and Anup Bandivadekar. (2017). *Light-Duty vehicle greenhouse gas and fuel economy standards*. The International Council on Clean Transportation, Global Update.
- Γιώργος Γιαννής et al. (2021). *Αξιολόγηση Κυκλοφοριακών Επιπτώσεων Προτύπων Ρυθμίσεων Κυκλοφορίας και Στάθμευσης στο κέντρο της Αθήνας*. 10 th International Congress on Transportation Research.