



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ



**ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΥΣ ΩΦΕΛΕΙΩΝ
ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΣΕ 80 ΧΛΜ./ΩΡΑ
ΣΤΟ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

Κωνσταντίνος Μακρυδάκης

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

Αθήνα , Μάρτιος 2023

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.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Αρμίρα Κονταξή, υποψήφια Διδάκτορα του Ε.Μ.Π, για την καθοριστική συμβολή και καθοδήγηση στην ολοκλήρωση της εργασίας, καθώς και για το εξαιρετικό κλίμα συνεργασίας που διαμόρφωσε.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Βιργινία Πετράκη, υποψήφια Διδάκτορα του Ε.Μ.Π. που με στήριξε και με καθοδήγησε σε όλη τη διάρκεια της υλοποίησης της κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης, καθώς και για την εξαιρετική συνεργασία.

Τις ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθειά τους, για τις πολλαπλές βιντεοκλήσεις και e-mail που ανταλλάξαμε και που ήταν πάντα πρόθυμες να μου λύσουν οποιαδήποτε απορία.

Τέλος, ευγνωμονώ την οικογένεια μου για την διαρκή υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, κυρίως όμως τον πατέρα μου ο οποίος με έφερε πρώτη μέρα με το αμάξι στην σχολή, αλλά δεν είναι δυστυχώς σήμερα εδώ ώστε να με δει να ολοκληρώνω τις σπουδές μου. Επομένως, θέλω να αφιερώσω την εργασία αυτή στον πατέρα μου Ανδρέα Μακρυδάκη.

Αθήνα, Μάρτιος 2023

Μακρυδάκης Κωνσταντίνος

Ανάλυση αποδοχής και κόστους ωφελειών για την μείωση του ορίου ταχύτητας σε 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας

Κωνσταντίνος Μακρυδάκης

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π

Σύνοψη

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της αποδοχής της μείωσης του ορίου ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας καθώς και η διερεύνηση της κοινωνικο-οικονομικής ανταποδοτικότητας της προτεινόμενης επέμβασης μέσω της Ανάλυσης Κόστους Ωφελειών (Cost Benefit Analysis). Για αυτό το σκοπό, αναπτύχθηκε ειδικό ερωτηματολόγιο που απαντήθηκε από 408 μετακινούμενους με βάση τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης για 10 υποθετικά σενάρια με διακυμάνσεις των μεταβλητών χρόνου, κατανάλωσης καυσίμου και πιθανότητας οδικού ατυχήματος με τραυματισμό. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκαν δύο μοντέλα πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης και ένα μοντέλο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης από τα οποία προέκυψαν οι μεταβλητές που επηρεάζουν την επιλογή του χρήστη: η αύξηση του χρόνου ταξιδιού, η μείωση κατανάλωσης καυσίμου, η μείωση πιθανότητας οδικών ατυχημάτων με τραυματισμό, η εμπειρία οδήγησης, το κύριο μέσο μετακίνησης από και προς την εργασία, ο ρόλος της ταχύτητας για την πρόκληση ατυχημάτων, ο ρόλος των πεζών στην επιλογή ταχύτητας οδήγησης και ορισμένα δημογραφικά στοιχεία. Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε Ανάλυση Κόστους Ωφελειών (CBA) με σκοπό τον έλεγχο ανταποδοτικότητας της εφαρμογής του εν λόγω μέτρου, με χρονικό ορίζοντα έως το 2030. Κατά την ανάλυση υπολογίστηκε το κόστος επένδυσης και οι επιπτώσεις στην κυκλοφορία, στη μείωση των οδικών ατυχημάτων και στο περιβάλλον εκφρασμένες σε χρηματικές μονάδες και προέκυψε ότι η μείωση του ορίου ταχύτητας σε 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας κρίνεται οικονομικά ιδιαίτερα θετική για την κοινωνία παρουσιάζοντας θετική οικονομική Καθαρά Παρούσα Αξία ($ENPV=170,7$ εκατ. €) και υψηλό Οικονομικό Δείκτη Εσωτερικής Απόδοσης ($ERR=39.1\%$).

Λέξεις κλειδιά: μείωση ορίου ταχύτητας, υπεραστικό οδικό δίκτυο, δεδηλωμένη προτίμηση, λογιστική παλινδρόμηση, πολυωνυμικό λογιστικό μοντέλο, διωνυμικό λογιστικό μοντέλο, ανάλυση κόστους-ωφελειών

Analysis of the acceptance and cost benefit analysis of reducing the speed limit to 80 km/h on the interurban road network in Greece

Konstantinos Makrydakis

Supervisor: George Yannis, Professor NTUA

Abstract

The aim of this thesis is to investigate the acceptance of the reduction of the speed limit from 90 km/h to 80 km/h in the interurban road network of Greece and to investigate the socio-economic feasibility of the proposed intervention through Cost Benefit Analysis. For this reason, a special questionnaire was developed and answered by 408 travellers, from different parts of Greece, based on the stated preference method for 10 hypothetical scenarios with variations of the variables travel time, fuel consumption and probability of road accident with serious injury. Two multinomial logistic regression models and one binomial logistic regression model were developed. The models were combined to determine which variables influence the user's choice: increase in travel time, reduction in fuel consumption, reduction in the likelihood of road accidents with injury, driving experience, main transport mode to and from work, the role of speeding in causing accidents, the role of pedestrians in the choice of driving speed and finally some specific demographic characteristics. Subsequently, a Cost-Benefit Analysis (CBA) was conducted to investigate the economic feasibility of the measure, with a time horizon up to 2030. The analysis calculated the investment costs and the impacts on traffic, road safety and the environment expressed in monetary units and showed that the reduction of the speed limit to 80 km/h on the interurban road network in Greece is considered to be economically very positive for society, with a positive economic Net Present Value (ENPV=€170.7 million) and a high ERR (ERR=39.1%).

Keywords: speed limit reduction, interurban road network, rural road network, stated preference, logistic regression, multinomial logistic model, binomial logistic model, cost-benefit analysis

Περίληψη

Πολλές ευρωπαϊκές χώρες αλλά και πολιτείες των ΗΠΑ φαίνεται πως θεσπίζουν μέτρα όπως η εφαρμογή χαμηλότερων ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, εκτός αυτοκινητοδρόμων, εκτός κατοικημένων περιοχών, με σκοπό τόσο τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας όσο και τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας και επιβάρυνσης του περιβάλλοντος. **Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της αποδοχής και των ωφελειών της μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα καθώς και η διερεύνηση της κοινωνικο-οικονομικής ανταποδοτικότητας της προτεινόμενης επέμβασης μέσω της Ανάλυσης Κόστους Ωφελειών.**

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, έγινε **βιβλιογραφική ανασκόπηση** συναφής με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Να αναφερθεί ότι η αναζήτηση βιβλιογραφικών πηγών δεν ήταν τόσο εύκολη καθώς η εφαρμογή μειώσεων ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο αποτελεί ένα πολύ πρόσφατο μέτρο, που εξετάζεται και εφαρμόζεται, με σκοπό την αύξηση της οδικής ασφάλειας, οπότε οι εφαρμογές ήταν περιορισμένες τόσο σε επίπεδο έρευνας όσο και σε επίπεδο εφαρμογής. Επιπλέον, η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε είχε ακόμα τρεις βασικές προϋποθέσεις, πρώτον το ίδιο αρχικό όριο ταχύτητας δηλαδή των 90 χλμ./ώρα, δεύτερον την ίδια μείωση ορίου ταχύτητας δηλαδή μείωση 10 χλμ./ώρα και τρίτον η μελέτη είναι αυστηρά για το υπεραστικό οδικό δίκτυο εκτός κατοικημένων περιοχών. Επομένως, η συλλογή της βιβλιογραφίας προσαρμόστηκε κατάλληλα ώστε τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν να αποτελούν επιστημονικά ορθό σημείο αναφοράς για την παρούσα διπλωματική.

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 σχετικά με την μείωση ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο: 1. Μείωση του ορίου ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα στα 80 χλμ./στα οδικά τμήματα και καμία αλλαγή στους ισόπεδους κόμβους (60 χλμ./ώρα) 2. Μείωση του ορίου ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα στα 80 χλμ./στα οδικά τμήματα και μείωση από 60 χλμ./ώρα στα 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους και 3. Καμία Μείωση. Στη συνέχεια, ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από το ερωτηματολόγιο και αναπτύχθηκαν τα μαθηματικά μοντέλα για τον προσδιορισμό των παραγόντων που επηρεάζουν τις προτιμήσεις των ερωτηθέντων ως προς τα τρία παραπάνω σενάρια.

Μετά από μια σειρά αρκετών δοκιμών αναπτύχθηκε, ένα μοντέλο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης για καθεμία από τις δύο προτεινόμενες εναλλακτικές (**δύο συνολικά πολυωνυμικά μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης**) μείωσης ορίου ταχύτητας, με σκοπό τον προσδιορισμό των παραμέτρων που επηρεάζουν την επιλογή μεταξύ των τριών εναλλακτικών υπό διερεύνηση (Πίνακας 1). Επιπλέον, αναπτύχθηκε **ένα μοντέλο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης**, για τη διερεύνηση της αποδοχής του σεναρίου της μείωσης του ορίου της ταχύτητας σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους στο υπεραστικό οδικό δίκτυο (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Συνολικός Πίνακας Αποτελεσμάτων Πολυωνυμικού και Διωνυμικού Μοντέλου

	Πολυωνυμικά Μοντέλα Μείωσης Ταχύτητας				Διωνυμικό Μοντέλο Μείωσης Ταχύτητας			
	1η Εναλλακτική: μείωση της ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και καμία αλλαγή στους ισόπεδους κόμβους (60 χλμ./ώρα) (Choice 1)		2η Εναλλακτική: μείωση της ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και μείωση από 60 χλμ./ώρα σε 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους (Choice 2)		2η Εναλλακτική: μείωση της ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και μείωση από 60 χλμ./ώρα σε 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους (Choice 2)			
Μεταβλητές	Συντελεστές	p-value	Συντελεστές	p-value	Συντελεστές	p-value		
Αύξηση Χρόνου Ταξιδιού	-0,038	0,000	-0,038	0,000				
Μείωση Κατανάλωσης Καυσίμου	0,008	0,004	0,008	0,004				
Μείωση πιθανότητας οδικών ατυχημάτων με τραυματισμό	0,027	0,000	0,027	0,000				
Σταθερός Όρος	0,379	0,004	0,225	0,162	0,652	0,000		
Εμπειρία Οδήγησης			-0,341	0,000	-0,287	0,000		
Συχνότητα Οδήγησης					-0,637	0,000		
Δίκυκλο ως κύριο μέσο μετακίνησής σας από και προς την εργασία	-0,345	0,009	-0,442	0,002				
Ταξί ως κύριο μέσο μετακίνησής σας από και προς την εργασία	1,491	0,161	2,086	0,047				
MMM ως κύριο μέσο μετακίνησής σας από και προς την εργασία	0,687	0,000	0,729	0,000				
Καθόλου ή Λίγο σημαντικός ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση των ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους	-1,385	0,000	-1,201	0,000	-1,108	0,000		
Καθόλου ή λίγο σημαντικός ο ρόλος των πεζών και των ποδηλάτων στην επιλογή ταχύτητας οδήγησης	0,804	0,000	1,090	0,000	0,746	0,000		
Φύλο (Γυναίκες)	0,486	0,000	0,561	0,000	0,737	0,000		
Ετήσιο Οικογενειακό Εισόδημα 10.000€ έως 25.000€	-0,429	0,000	-0,429	0,001				
Γυμνάσιο, Λύκειο, Φοιτητής	0,224	0,014					-0,449	0,000
Ελεύθερος Επαγγελματίας/Ιδιωτικός Υπάλληλος							-0,248	0.019
Άνεργος					-0,907	0,000		
Άλλο Επάγγελμα					-0,543	0,001		

Πίνακας 2: Κοινωνικοοικονομική Ανάλυση εφαρμογής του ορίου ταχύτητας των 80χλμ/ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας

		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
		Υλοποίηση	Λειτουργία						
	NPV 0,8%								
Οφέλη και Κόστοι									
K1. Κόστος Επένδυσης (€)	-122.000.083	-122.976.083	0	0	0	0	0	0	0
K1.1 Κόστος εκπόνηση μελέτης για την επιλογή των θέσεων των καμερών-πινακίδων	-744.048	-750.000	0	0	0	0	0	0	0
K1.2 Κόστος πινακίδων	-1.617.153	-1.630.090	0	0	0	0	0	0	0
K1.3 Κόστος καμερών	-119.638.882	-120.595.993	0	0	0	0	0	0	0
K2. Λειτουργικά Κόστη (€)	-27.732.441	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511
K2.1 Κόστος πρόσληψη προσωπικού	-21.276.604	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210
K2.2 Κόστος λειτουργίας και συντήρησης συστήματος	-2.315.854	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000
K2.3 Κόστος ετήσιου επανέλεγχου καμερών ηλεκτρονικών ελέγχων	-771.951	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000
K2.4 Κόστος εκστρατειών ενημέρωσης σε ΜΜΕ	-3.087.806	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000
K2.5 Κόστος ετήσιου ελέγχου αποτελεσματικότητας(έρευνα πεδίου κ.ά)	20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000
K2.6 Κόστος συντήρησης σήμανσης	-125.835	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301
Κόστη (K1+K2)	-149.732.523	-126.568.594	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511
Οικονομικές Επιπτώσεις-Οφέλη (€)									
Πλεόνασμα Μετακινούμενων	-169.513	-12.157	-17.485	-22.552	-23.303	-24.082	-24.842	-25.526	-26.314
B1. Χρόνος Διαδρομής	-310.988	-24.163	-34.099	-43.050	-43.481	-43.916	-44.355	-44.799	-45.247
B2. Κατανάλωση Καυσίμου	141.474	12.006	16.615	20.499	20.178	19.834	19.514	19.273	18.933
Οφέλη Εξωτερικών Επιδράσεων	320.597.917	31.762.381	43.925.369	53.784.518	41.624.444	41.522.251	41.471.416	39.221.189	38.896.793
B3 Οδική Ασφάλεια	320.538.430	31.758.216	43.918.875	53.777.381	41.616.722	41.513.976	41.462.603	39.211.823	38.886.876
B4 Εκπομπές CO2	59.487	4.165	6.494	7.137	7.722	8.275	8.813	9.366	9.917
Οφέλη (B1+B2+B3+B4)	320.428.403	31.750.224	43.907.884	53.761.966	41.601.141	41.498.169	41.446.574	39.195.663	38.870.479
ENPV	170.695.880	-94.818.370	40.315.373	50.169.455	38.008.630	37.905.658	37.854.063	35.603.152	35.277.968
ERR	39,1%								
B/C Ratio	2,14								

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	11
1.1 Γενική Ανασκόπηση	11
1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας.....	13
1.3 Μεθοδολογία	13
1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	14
Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	16
2.1 Εισαγωγή.....	16
2.2 Χρόνος Ταξιδιού	16
2.3 Κατανάλωση Καυσίμου	16
2.4 Οδικά Ατυχήματα	17
2.5 Σύνοψη.....	18
Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό υπόβαθρο	19
3.1 Εισαγωγή.....	19
3.2 Μαθηματικά Πρότυπα	19
3.2.1 Γραμμική Παλινδρόμηση.....	19
3.2.2 Πιθανοτική ανάλυση	19
3.2.3 Λογιστική Παλινδρόμηση	20
3.2.4 Σύνοψη	20
3.3 Λογιστική Παλινδρόμηση	20
3.4 Κριτήρια αποδοχής μοντέλου	21
3.5 Μέθοδοι δεδηλωμένης και αποκαλυπτόμενης προτίμησης	24
3.6 Θεωρία στοχαστικής χρησιμότητας - Συνάρτηση χρησιμότητας.....	25
Κεφάλαιο 4: Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων.....	26
4.1 Εισαγωγή.....	26
4.2 Συλλογή στοιχείων	26
4.2.1 Το ερωτηματολόγιο	26
4.2.2 Τα μέρη του ερωτηματολογίου	26
4.2.3 Τα σενάρια	27
4.2.4 Συλλογή ερωτηματολογίων	28
4.3 Επεξεργασία στοιχείων	29
4.3.1 Κωδικοποίηση δεδομένων	29
4.4 Συγκεντρωτικά στοιχεία	30
Κεφάλαιο 5: Στατιστική Ανάλυση Αποδοχής Ορίου Ταχύτητας 80 χλμ./ώρα	35
5.1 Εισαγωγή.....	35
5.2 Στατιστικό πρότυπο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.....	35
5.2.1 Εισαγωγή δεδομένων στο R-Studio	35

5.2.2 Ο Κώδικας.....	36
5.2.3 Συναρτήσεις χρησιμότητας	40
5.2.4 Στατιστικός Έλεγχος Μοντέλου	42
5.2.5 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων Πολυωνυμικού Μοντέλου	44
5.2.6 Ανάλυση Ευαισθησίας.....	46
5.3 Στατιστικό πρότυπο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.....	50
5.3.1 Επεξεργασία δεδομένων	50
5.3.2 Ο κώδικας	51
5.3.3 Συνάρτηση χρησιμότητας	53
5.3.4 Στατιστικός έλεγχος μοντέλου	54
5.3.5 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων Διωνυμικού Μοντέλου.....	55
Κεφάλαιο 6: Κοινωνικο-οικονομική Ανάλυση	57
6.1 Αποδοχή Σεναρίου	57
6.2 Κυκλοφοριακά Μεγέθη	58
6.3 Επιπτώσεις στην Οδική Ασφάλεια	59
6.4 Χρόνος Ταξιδιού	61
6.5 Κατανάλωση Καυσίμου	62
6.6 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.....	64
6.7 Κόστη.....	64
6.7.1 Κόστος Επένδυσης.....	65
6.7.2 Λειτουργικό Κόστος	66
6.8 Σύνθεση.....	66
6.9 Ανάλυση Ευαισθησίας.....	69
Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα	71
7.1 Σύνοψη.....	71
7.2 Συμπεράσματα	73
7.2.1 Συμπεράσματα Αποδοχής Μέτρου Μείωσης Ορίου Ταχύτητας	74
7.2.2 Συμπεράσματα Κοινωνικο-οικονομικής Ανάλυσης.....	75
7.3 Προτάσεις για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων.....	76
7.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	76
Ερωτηματολόγιο έρευνας για τη μείωση του ορίου ταχύτητας στο αστικό και υπεραστικό δίκτυο της Ελλάδας	78
A. Οδηγική Εμπειρία-Μετακινήσεις	78
B. Απόψεις - Συμπεριφορά	79
Γ. Προτιμήσεις	80
Αστικό δίκτυο	80
Υπεραστικό δίκτυο	83

Δ. Δημογραφικά Στοιχεία.....	86
Βιβλιογραφία	88

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Η **βελτίωση της οδικής ασφάλειας** στις μέρες μας αποτελεί **μείζον στόχο για κάθε αναπτυγμένο κράτος**. Στις χώρες της Ευρώπης και της Ευρωπαϊκής Ένωσης ειδικότερα (Ε.Ε.) έχουν γίνει σημαντικές ενέργειες για την μείωση των οδικών ατυχημάτων. Έτσι χώρες όπως η Γαλλία, η Σουηδία, η Νορβηγία και άλλες, αλλά ακόμα και διάφορες πολιτείες των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (ΗΠΑ), έχουν προχωρήσει στη **μείωση του ορίου ταχύτητας** τόσο στα κέντρα των πόλεων όσο και εκτός αυτών δηλαδή **σε υπεραστικές οδούς** και αυτοκινητοδρόμους. Στην Ελλάδα, σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2019), το 28% των νεκρών από οδικά ατυχήματα συμβαίνουν στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Επομένως, αποτελεί επιτακτική ανάγκη η εξέταση του μέτρου μείωσης του ορίου ταχύτητας στο ελληνικό υπεραστικό οδικό δίκτυο, με στόχο την βελτίωση της οδικής ασφάλειας και την μείωση των ατυχημάτων με υλικές ζημιές αλλά κυρίως ατυχημάτων με τραυματίες και νεκρούς.

Η μείωση του ορίου ταχύτητας πέρα από την αδιαμφισβήτητη συμβολή του στη μείωση των οδικών ατυχημάτων και κατά συνέπεια των τραυματιών και των νεκρών, αποτελεί μέτρο με σημαντικά οικονομικά οφέλη στο κράτος. Λόγου χάρη, **κάθε νεκρός από οδικό ατύχημα εμπεριέχει άμεσο και το έμμεσο κόστος** (Santori et al., 2014). 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. Συγκεκριμένα, το συνολικό κόστος ανά νεκρό κυμαίνεται από 0,7 εκατ. € έως 3 εκατ. €, με την Ελλάδα να βρίσκεται στην 9^η θέση, με κόστος περίπου 2 εκατ. € (ITF, 2020). Επομένως, είναι επιτακτική ανάγκη η εξέταση ενός τέτοιου μέτρου και σε οικονομικό επίπεδο.

Στην Ελλάδα τα υφιστάμενα όρια ταχύτητας διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο της οδού. Στη χώρα μας για τις αστικές περιοχές επικρατεί το **όριο ταχύτητας** των 50 χλμ./ώρα, στο **υπεραστικό δίκτυο**, το οποίο αποτελεί και αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, είναι μέχρι **90 χλμ./ώρα** και τέλος στους αυτοκινητοδρόμους επικρατεί το όριο των 130 χλμ./ώρα. Το υπεραστικό οδικό δίκτυο αποτελείται από οδούς που λειτουργούν με κύριο σκοπό αυτόν της σύνδεσης. Πιο αναλυτικά, ο σχεδιασμός υπεραστικών οδών αποσκοπεί στη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών με μικρές έως μηδαμινές απαιτήσεις για πρόσβαση σε παρόδιες χρήσεις γης και μηδαμινές έως μηδενικές απαιτήσεις παραμονής πεζών στον οδικό χώρο (ΟΜΟΕ Κατηγορίες οδών, 2001). Έτσι κάποιες από τις πιο γνωστές λειτουργικές τους βαθμίδες είναι οι εξής:

α) Οδική σύνδεση ευρύτερων περιοχών. Κύριες Υπεραστικές Αρτηρίες (οδός για μηχανοκίνητα οχήματα για μετακινήσεις μεγάλης απόστασης σε περιοχές εκτός πόλεων),

β) Οδική σύνδεση νομών / επαρχιών. Δευτερεύουσες υπεραστικές αρτηρίες (Οδός που έχει κυρίως χαρακτήρα σύνδεσης αλλά και προσπέλασης σε περιοχές εκτός πόλεων),

γ) Οδική σύνδεση επαρχιών / οικισμών και

δ) Οδική σύνδεση μικρών οικισμών (ΟΜΟΕ Κατηγορίες οδών). Να σημειωθεί πως στην παρούσα διπλωματική εργασία **δεν θα γίνει μελέτη για τους αυτοκινητοδρόμους** καθώς το μέγιστο όριο ταχύτητας που θα εξεταστεί είναι των 90 χλμ./ώρα.

Σε μία οδό, όταν ακούμε τον όρο: μείωση του ορίου ταχύτητας, σκεφτόμαστε κατευθείαν την μείωση της ταχύτητας, δηλαδή την μείωση της μέσης ταχύτητας οδήγησης. Κυρίως αυτό το μέτρο εφαρμόζεται για την αύξηση της οδικής ασφάλειας και συγκεκριμένα για την μείωση των οδικών ατυχημάτων. Εκτός από

την οδική ασφάλεια η **οδήγηση με χαμηλότερες ταχύτητες** συμβάλλει και σε **οικολογικότερη και οικονομικότερη οδήγηση**. Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες όπως αναφέρθηκε υπάρχει αυτή η «επιθυμία» αλλά και ανάγκη για μείωση του ορίου ταχύτητας τόσο στα μεγάλα υπεραστικά οδικά δίκτυα όσο και στα αστικά κέντρα των μεγάλων πόλεων και πρωτευουσών, αντικείμενο που αποτελεί ξεχωριστή ερευνητική μελέτη από μόνο του. Ακόμα, καταναλώνεται μικρότερη ποσότητα καυσίμου καθώς η μείωση από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα επιτρέπει την χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου, σε αντίθεση π.χ. με πολύ μικρές ταχύτητες όπως 20 ή 30 χλμ./ώρα από 50 χλμ./ώρα που μπορεί να μην εξαχθούν ίδια αποτελέσματα, μέτρο που εξετάζεται για την εφαρμογή στο αστικό κέντρο των πόλεων. Μείωση του ορίου ταχύτητας συμβάλλει σε χαμηλότερη ατμοσφαιρική ρύπανση και εκπομπές CO₂ και τέλος σε μείωση του κυκλοφοριακού θορύβου στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στο υπεραστικό οδικό δίκτυο.

Από την άλλη, η μείωση του ορίου ταχύτητας συνεπάγεται χαμηλότερη μέση ταχύτητα και αυτό με την σειρά του οδηγεί σε **υψηλότερο χρόνο ταξιδιού**. Οπότε σημαντικό ποσοστό της αποδοχής του μέτρου μειώνεται, λόγω του κριτηρίου του χρόνου που ξοδεύεται για την άφιξη σε έναν προορισμό.

Για τη **διερεύνηση της σκοπιμότητας και οικονομικής ανταποδοτικότητας** μίας συγκοινωνιακής επέμβασης όπως η μείωση του ορίου ταχύτητας στο οδικό δίκτυο, μπορεί να εφαρμοσθεί η **Ανάλυση Κόστους Οφέλους (ΑΚΟ)** ως ένα αναλυτικό εργαλείο για την αξιολόγηση των οικονομικών πλεονεκτημάτων (οφέλη χρήστη) και μειονεκτημάτων (αρχικό κόστος επένδυσης και λειτουργίας) της επέμβασης αλλά και για να καθοριστεί εάν το έργο αξίζει να αναληφθεί ή όχι από οικονομική και κοινωνική άποψη. Η απόφαση για την έγκριση ή την απόρριψη ενός έργου, γίνεται με βάση τη σύγκριση των ωφελειών με το κόστος. Αν τα οφέλη είναι μεγαλύτερα από το κόστος, τότε το έργο είναι οικονομικά αποδοτικό και αποδεκτό (Αντωνίου, 2015). Ο σκοπός της ΑΚΟ είναι να διευκολύνει μια πιο αποτελεσματική κατανομή των πόρων, αναδεικνύοντας το βέλτιστο σενάριο από κοινωνικο-οικονομική και χρηματο-οικονομική άποψη έναντι πιθανών εναλλακτικών λύσεων.

Ο Έλληνας οδηγός και πολίτης πιθανόν να σκέφτεται πως για να επιτευχθεί η μείωση του ορίου ταχύτητας χρειάζεται μεγάλη προσπάθεια και μεγάλο κόπο αλλά και μεγάλες δαπάνες. Καθώς, θα αποδειχτεί πως ακόμα και με το θεωρητικά απλό αυτό μέτρο της μείωσης ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, η αύξηση της οδικής ασφάλειας είναι σημαντική. Τέλος, απαιτείται σωστή οργάνωση και σχεδιασμός αλλά και εφαρμογή, ώστε με συντονισμένη προσπάθεια να αποδοθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα, που δεν είναι άλλα από την πρωταρχική αποδοχή και υπακοή σε οδήγηση σε χαμηλότερες ταχύτητες.

Επειδή στην παρούσα εργασία γίνεται μελέτη για την καλύτερη ρύθμιση συγκεκριμένου μέτρου (μείωση του ορίου ταχύτητας), δεν προκύπτουν πολλά ανοιχτά ζητήματα και διφορούμενα σημεία. Είναι ωστόσο, πρωταρχικό μέλημα της Ελληνικής κοινωνίας έναν τέτοιο μέτρο μείωσης της ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, για την βελτίωση της οδικής ασφάλειας; Θα γίνει η προσπάθεια να απαντηθεί αυτό το ερώτημα μέσα από την παρούσα έρευνα αλλά σίγουρα, όταν σε οδούς όπως το υπεραστικό οδικό δίκτυο δηλαδή, οδοί διπλής κατεύθυνσης χωρίς διαχωριστικό προστατευτικό, τα οδικά ατυχήματα είναι τόσα πολλά και τόσο σοβαρά, σίγουρα πρέπει να υπάρξει άμεση αντιμετώπιση από την πολιτεία και ευαισθητοποίηση του κόσμου στο θέμα αυτό. Επομένως, για να υλοποιηθεί αυτή η αλλαγή πέρα από την τοποθέτηση πινακίδων που απλά θα αναγράφουν το 80 αντί για το 90 σαν μέγιστο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας, χρειάζεται και την **πρόληψη** ακόμα και μέσα από τα πρωταρχικά χρόνια του σχολείου, όσο και την **έντονη ευαισθητοποίηση του κοινού από διαφημιστικές και ενημερωτικές καμπάνιες οδικής ασφάλειας**. Όπως αναφέρει χαρακτηριστικά και το The Royal Society for the Prevention of Accidents, 2010 η σημαντικότητα της ενίσχυσης των έργων οδοποιίας με εκστρατείες εκπαίδευσης και ενημέρωσης ως συμπληρωματικές στρατηγικές (συμπεριλαμβανομένης της δημόσιας διαβούλευσης πριν από την ανάληψη οποιουδήποτε σχεδίου ή έργου) είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία στην επίτευξη των στόχων της οδικής ασφάλειας. Επιπλέον, θα πρέπει να προβλεφθεί και η **ανασταλτική λειτουργία**, για την σωστή εφαρμογή και διατήρηση του νέου μέτρου, από την Αστυνομία και μέσω της πρόληψης νέου

προσωπικού και από νέα συστήματα –κάμερες ανίχνευσης παραβιάσεων του ΚΟΚ και υπερβολικής ταχύτητας.

1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της αποδοχής της μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας καθώς και η διερεύνηση της κοινωνικο-οικονομικής ανταποδοτικότητας της προτεινόμενης επέμβασης μέσω της Ανάλυση Κόστους Ωφελειών (Cost Benefit Analysis).**

Πιο αναλυτικά θα διερευνηθεί η αποδοχή από τους ερωτηθέντες, του μέτρου μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο στα 80 χλμ./ώρα, μέσα από **μαθηματικά μοντέλα με δεδομένα από ερωτηματολόγιο**, που διαμοιράστηκε ηλεκτρονικά στο κοινό. Μέσα από τα 10 σενάρια που φτιάχτηκαν με διαφορετικές τιμές στην μεταβολή Α) του χρόνου ταξιδιού, Β) της κατανάλωσης καυσίμου και Γ) των οδικών ατυχημάτων με τραυματισμό, εάν υπάρχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά του πληθυσμού που οδηγούν σε κοινές απαντήσεις στην επιλογή ή όχι της μείωσης του ορίου ταχύτητας.

Επιπλέον, θα εκτιμηθεί αφενός το κόστος επένδυσης και λειτουργίας της μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό δίκτυο από 90 σε 80 χλμ./ώρα, και αφετέρου οι επιπτώσεις στην Οδική Ασφάλεια, στον Χρόνο Ταξιδιού, στην Κατανάλωση Καυσίμου και στο Περιβάλλον, που εκτιμάται ότι θα προκύψουν έως το έτος 2030. Για την οικονομική αξιολόγηση της επέμβασης, υπολογίζονται δείκτες όπως η Καθαρά Παρούσα Αξία (**NPV**) και ο Οικονομικός Δείκτης Εσωτερικής Βαθμός Απόδοσης (**ERR**).

Τελικός στόχος είναι τα συμπεράσματα που θα εξαχθούν από αυτή τη Διπλωματική Εργασία να φανούν χρήσιμα σε όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, ώστε να διαχειριστούν αυτή την πρόκληση - πρόβλημα για την αύξηση της οδικής ασφάλειας με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και με τα βέλτιστα αποτελέσματα. Επιπλέον, πληροφωρία στην πιο ολοκληρωμένη γνώση γύρω από το ζήτημα θα δώσει και η Ανάλυση Κόστους Ωφελειών.

1.3 Μεθοδολογία

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, για την επίτευξη του προαναφερθέντος στόχου της.

Αρχικά σε πρώτο στάδιο, πραγματοποιήθηκε ο καθορισμός του αντικειμένου προς εξέταση καθώς και ο επιδιωκόμενος στόχος. Για την επίτευξη του στόχου πραγματοποιήθηκε **εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση** για την εύρεση ερευνών, διεθνών και μη, με σκοπό την απόκτηση μιας ολοκληρωμένης εικόνας γύρω από το θέμα και την εμβάθυνση στο ευρύτερο πεδίο της οδικής ασφάλειας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο και στη μείωση του ορίου ταχύτητας σαν μέτρο για την επίτευξη του σκοπού αυτού.

Η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων αποφασίστηκε να γίνει μέσω **ερωτηματολογίου** βασισμένο στη μέθοδο της **δεδηλωμένης προτίμησης** (stated preference), η οποία χρησιμοποιείται ευρέως σε συγκοινωνιακές έρευνες τέτοιου είδους. Μέσα από μια σειρά σύντομων και εύκολα κατανοητών ερωτήσεων καταγράφηκαν οι προτιμήσεις και οι απόψεις των ερωτηθέντων για την μείωση του ορίου ταχύτητας τόσο για το υπεραστικό όσο και για το αστικό οδικό δίκτυο (συνεργασία στο ερωτηματολόγιο με την Σ. Ρούσσου, της οποίας έρευνα ήταν πάνω στο αστικό οδικό δίκτυο). Συμπεριελήφθησαν επίσης, 10 σενάρια που αφορούσαν σε ένα τυπικό ταξίδι 3 ωρών εκτός πόλης με μεταβλητές τον χρόνο ταξιδιού, την κατανάλωση καυσίμου και την πιθανότητα ατυχημάτων με τραυματισμό, έχοντας τρεις εναλλακτικές προτάσεις για το Υπεραστικό Περιβάλλον: 1^η) 80km/h στα οδικά τμήματα και 60km/h στους ισόπεδους κόμβους, 2^η) 80km/h στα οδικά τμήματα και 50km/h στους ισόπεδους κόμβους 3^η) 90km/h στα οδικά τμήματα και 60km/h στους ισόπεδους κόμβους (υπάρχουσα κατάσταση). Συνολικά, συγκεντρώθηκαν 408 ερωτηματολόγια από μετακινούμενους διαφόρων κοινωνικό-οικονομικών χαρακτηριστικών. Η συλλογή έγινε μέσω διαδικτυακής συμπλήρωσης (google forms).

Αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή των ερωτηματολογίων, τα στοιχεία κωδικοποιήθηκαν κατάλληλα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του σχετικού προγράμματος ανάλυσης δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε (R Studio). Αναπτύχθηκαν δύο τύποι στατιστικών μοντέλων. Η **πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (multinomial logistic regression) χρησιμοποιήθηκε για το μέρος των σεναρίων του ερωτηματολογίου, με **εξαρτημένη μεταβλητή** την επιλογή των εναλλακτικών προτάσεων μείωσης του ορίου ταχύτητας (1^η: 80km/h στα οδικά τμήματα και 60km/h στους ισόπεδους κόμβους, 2^η: 80km/h στα οδικά τμήματα και 50km/h στους ισόπεδους κόμβους 3^η: 90km/h στα οδικά τμήματα και 60km/h στους ισόπεδους κόμβους (Καμία Αλλαγή)) και **ανεξάρτητες μεταβλητές** το χρόνο ταξιδιού, την κατανάλωση καυσίμου και την πιθανότητα ατυχημάτων με τραυματισμό. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε η **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (binary logistic regression), με την οποία βρέθηκαν οι μεταβλητές και τα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν σημαντικά την **εξαρτημένη μεταβλητή**: την απόφαση ΝΑΙ ή ΟΧΙ γενικά για την μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο.

Με βάση αυτά τα δύο μοντέλα ακολούθησε η διαδικασία της αξιολόγησης και ερμηνείας των αποτελεσμάτων, η οποία οδήγησε στην εξαγωγή των συμπερασμάτων για το βαθμό επιρροής της εκάστοτε μεταβλητής στην επιλογή της μείωσης του ορίου ταχύτητας στο εθνικό υπεραστικό οδικό δίκτυο.

Στην συνέχεια, εκτιμήθηκε αφενός το **κόστος επένδυσης και λειτουργίας** της μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό δίκτυο της Αθήνας από 90 σε 80 χλμ./ώρα, και αφετέρου οι επιπτώσεις στην Οδική Ασφάλεια, στον Χρόνο Ταξιδιού, στην Κατανάλωση Καυσίμου και στο Περιβάλλον, που εκτιμάται ότι θα προκύψουν έως το έτος 2030. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης αξιοποιήθηκαν ως παραδοχές και δεδομένα εισόδου στην Ανάλυση Κόστους – Οφέλους. Συνυπολογίζοντας την απαιτούμενη επένδυση και τα κοινωνικο-οικονομικά αποτελέσματα από την μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό δίκτυο από 90 σε 80 χλμ./ώρα, εκτιμάται ο Δείκτης Εσωτερικής Απόδοσης (Internal Rate of Return-IRR), και η Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value-NPV). Τέλος, πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας για κρίσιμες παραμέτρους.

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**, το οποίο είναι **εισαγωγικό**, δίδεται ένας σύντομος ορισμός για το CBA και μια διασαφήνιση των όρων υπεραστικό οδικό δίκτυο και των υφιστάμενων ορίων ταχύτητας. Ακόμα, γίνεται ξεκάθαρο ότι δεν θα ασχοληθούμε με τους αυτοκινητοδρόμους όπου επικρατεί διαφορετικό όριο ταχύτητας (130 χλμ./ώρα σε αντίθεση με το υπεραστικό οδικό 90 χλμ./ώρα) και γίνεται μία σύντομη παρουσίαση του πώς «κινούνται» χώρες της Ευρώπης γύρω από το ζήτημα της μείωσης του ορίου ταχύτητας. Παρατίθενται επίσης τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του μέτρου αυτού, καθώς και ορισμένα ανοικτά ζητήματα που απασχολούν την κοινωνία και μετέπειτα την σωστή εφαρμογή και αποτελεσματικότητα του μέτρου. Έπειτα περιγράφεται το αντικείμενο και ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας τόσο σε επίπεδο συγκοινωνιακής έρευνας όσο και στην Ανάλυση Κόστους Ωφελειών και τίθενται τα ερωτήματα προς διερεύνηση. Ακολουθεί συνοπτική περιγραφή της μεθοδολογίας και η σύνοψη της δομής της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **κεφάλαιο 2**, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν ύστερα από εκτενή **βιβλιογραφική ανασκόπηση** ερευνών με παρεμφερές αντικείμενο και με μεθοδολογίες παρεμφερείς με αυτή που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την Διπλωματική Εργασία. Τέλος, αναφέρονται σε πίνακα συνοπτικά τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών, τα οποία και αξιολογούνται με βάση την συγκεκριμένη αλλαγή ορίου ταχύτητας (π.χ. η Γαλλία εφάρμοσε αλλαγή από 90 σε 80 χλμ./ώρα, ενώ η Νορβηγία εξέτασε μείωση από 80 σε 60 χλμ./ώρα) και τη μεθοδολογία της παρούσας έρευνας.

Στο **κεφάλαιο 3**, που αποτελεί το **θεωρητικό υπόβαθρο**, αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στη Διπλωματική Εργασία και ειδικότερα της μεθόδου δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference). Στη συνέχεια πραγματοποιείται αναλυτική περιγραφή των στατιστικών μοντέλων που επιλέχθηκαν για να υποστηρίξουν αυτή τη μεθοδολογία, καθώς και οι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβάλλονται.

Στο **κεφάλαιο 4**, παρουσιάζεται το ερωτηματολόγιο, το οποίο φαίνεται αναλυτικά στο Παράρτημα Α, στο οποίο βασίστηκε η Διπλωματική Εργασία και το σκεπτικό πίσω από την κατασκευή του. Τα **αποτελέσματα του ερωτηματολογίου** απεικονίζονται σχηματικά με κατάλληλα διαγράμματα, τα οποία συνοδεύονται από τον απαραίτητο σχολιασμό. Ακόμη, περιλαμβάνεται η κωδικοποίηση των στοιχείων του ερωτηματολογίου και η προετοιμασία τους, ώστε να γίνει δυνατή η χρήση τους από το στατιστικό πρόγραμμα της R.

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

Στο **Κεφάλαιο 6**, παρουσιάζεται η **κοινωνικοοικονομική ανάλυση** για την εφαρμογή του ορίου ταχύτητας 80 χλμ./ώρα σε όλο το υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας. Αναλυτικότερα, παρουσιάζεται η εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων στην οδική ασφάλεια, στον χρόνο ταξιδιού, στην κατανάλωση καυσίμου και στο περιβάλλον καθώς και το 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 των 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της χώρας.

Στο **κεφάλαιο 7**, παρατίθενται συνοπτικά τα **συμπεράσματα** της Διπλωματικής Εργασίας, ενώ παράλληλα τονίζεται η χρησιμότητά τους. Τέλος, παρουσιάζονται προτάσεις που περιλαμβάνουν τον τρόπο αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της έρευνας για την περαιτέρω μελέτη πάνω στο θέμα της μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο.

Στο τέλος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας παρατίθενται οι βιβλιογραφικές αναφορές και τα παραρτήματα, η παρουσίαση των οποίων συμβαδίζει με όλα τα διεθνή πρότυπα.

Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο αφορά τη **βιβλιογραφική ανασκόπηση**, η οποία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Παρακάτω παρουσιάζονται οι επιπτώσεις από τη μείωση του ορίου ταχύτητας από 90 σε 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο όσον αφορά το χρόνο ταξιδιού, την κατανάλωση καυσίμου, το περιβάλλον και την οδική ασφάλεια.

Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση αφορά την μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα και τις επιπτώσεις που επιφέρει στο περιβάλλον και στην κοινωνία. Η εφαρμογή του εν λόγω μέτρου έχει διερευνηθεί και εφαρμοσθεί από αρκετές χώρες διεθνώς, όπως η **Γαλλία** η οποία το εφάρμοσε στις οδούς δύο κατευθύνσεων χωρίς διαχωριστικό στο υπεραστικό δίκτυο από την 01/07/2018. Ακόμα και άλλες ευρωπαϊκές χώρες έχουν προχωρήσει σε παρόμοιες μειώσεις π.χ. Σουηδία (από 90 σε 80 χλμ./ώρα), Νορβηγία (έρευνες και για 60 χλμ./ώρα), με βασικότερο σκοπό τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας μέσω της μείωσης των οδικών ατυχημάτων.

Η ταχύτητα είναι ένας από τους κύριους παράγοντες κινδύνου για την οδική ασφάλεια καθώς αυξάνει τόσο την πιθανότητα όσο και τη σοβαρότητα μίας σύγκρουσης. Προκειμένου να επιτευχθεί βελτίωση της οδικής ασφάλειας, οι οδικές αρχές έχουν αποφασίσει να μειώσουν τα επιτρεπόμενα όρια ταχύτητας (De Pauw et al., 2014). Πολλοί ειδικοί έχουν ανησυχήσει ότι η οδήγηση στο δίκτυο αυτοκινητοδρόμων υψηλής ταχύτητας, μπορεί να προκαλέσει αρνητικές επιπτώσεις, όπως ατμοσφαιρική ρύπανση, υψηλή κατανάλωση ενέργειας και σοβαρά οδικά ατυχήματα (Jangikjin and PeterRafferty, 2021). Τέλος, είναι σημαντικό να διερευνηθεί η κατανόηση των οδηγών για το πώς η αλλαγή ταχύτητας επηρεάζει τον χρόνο ταξιδιού (Fuller et al., 2009).

Το Υπουργείο Εξωτερικών της Γαλλίας αναφέρει χαρακτηριστικά τους εξής λόγους, για την εφαρμογή της μείωσης του ορίου ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό δίκτυο (Ministry for Europe and Foreign Affairs, 2018):

- Η **ταχύτητα είναι η σοβαρότερη αιτία θανατηφόρων οδικών ατυχημάτων** στην Γαλλία (31%).
- Τα περισσότερα θανατηφόρα ατυχήματα (55%) λαμβάνουν χώρα στις οδούς δύο κατευθύνσεων χωρίς διαχωριστικό.
- Η ταχύτητα επηρεάζει και την αντίληψη στις αποστάσεις ασφαλούς πέδησης και το πεδίο της ορατότητας (όσο υψηλότερη είναι η ταχύτητα τόσο στενεύει το πεδίο ορατότητας).

2.2 Χρόνος Ταξιδιού

Στην συνέχεια, καλύτερα μπορούμε να κατανοήσουμε την αύξηση του χρόνου ταξιδιού από την ήδη εφαρμογή του νέου ορίου των 80 χλμ./ώρα στην Γαλλία. Η μείωση πραγματοποιήθηκε από το υφιστάμενο όριο των 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα και ακριβώς η ίδια μείωση από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα θα εξεταστεί και στην παρούσα διπλωματική εργασία, όπου το 90 χλμ./ώρα αποτελεί το σημερινό όριο ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό εθνικό δίκτυο. Χαρακτηριστικά, από δείγμα από 298 δρομολόγια, απόστασης 25 – 30 χλμ., είχαμε αύξηση του χρόνου ταξιδιού κατά 1 δευτερόλεπτο το χιλιόμετρο (ONISR, 2020). Κάνοντας την αναγωγή στο δικό μας υπεραστικό δίκτυο για μείωση από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα για ένα τυπικό ταξίδι 3 ωρών συνεπάγεται **αύξηση ίση με 2,2% του χρόνου ταξιδιού** δίχως την μείωση του ορίου ταχύτητας.

2.3 Κατανάλωση Καυσίμου

Εκτός από τον αντίκτυπο της στα οδικά ατυχήματα, η ταχύτητα έχει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Σχετίζεται έντονα με τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (κυρίως **CO₂**) και τοπικών ρύπων (CO, NOx, HC, σωματίδια), καθώς και στην κατανάλωση καυσίμου. 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 οι εκπομπές CO₂ αυξάνονται με την αύξηση της ταχύτητας. Σε τέτοιες συνθήκες, η **μείωση της ταχύτητας οδηγεί σε μειωμένη κατανάλωση καυσίμου** και χαμηλότερο κόστος πόρων, και συμβάλλει στη λιγότερο γρήγορη εξάντληση των αποθεμάτων μη ανανεώσιμων πόρων. Για παράδειγμα, με σταθερή ταχύτητα οδήγησης στα 90 χλμ./ώρα σε σύγκριση με τα 110 χλμ./ώρα, ο/η οδηγός εξοικονομεί περίπου 23% στην κατανάλωση καυσίμου. Ωστόσο, σε χαμηλότερα επίπεδα ταχύτητας, η μείωση της ταχύτητας δεν οδηγεί απαραίτητα σε μειωμένη κατανάλωση καυσίμου. Για παράδειγμα, σε ταχύτητες κάτω από περίπου 20 χλμ./ώρα, η κατανάλωση καυσίμου αυξάνεται σημαντικά (ITF, 2018). Μελέτες που δημοσιεύθηκαν στη βιβλιογραφία σχετικά με τις επιπτώσεις της μείωσης του μέγιστου ορίου ταχύτητας στις εκπομπές και τα επίπεδα συγκέντρωσης ρύπων δείχνουν ένα ευρύ φάσμα αποτελεσμάτων. Στην Γαλλία, από την μείωση του ορίου ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα, παρατηρήθηκε μείωση το πολύ 3% σε CO₂ το οποίο παράγεται ανάλογα με την κατανάλωση καυσίμου και επομένως συνδέεται άμεσα με την ταχύτητα (ONISR, Cerema, 2020).

2.4 Οδικά Ατυχήματα

Για την **μείωση του ορίου ταχύτητας** και την **σχέση μείωσης** αυτής με τα **οδικά ατυχήματα** έχουν γίνει πληθώρα ερευνών και παρατηρούνται κάποια κοινά χαρακτηριστικά. “As a general rule of thumb”, όπως αναφέρουν χαρακτηριστικά οι Fuller et al. (Fuller et al., 2009), δηλαδή ως γενικό κανόνα, για μια αύξηση της ταχύτητας κατά 1% σχετίζεται περίπου με μια αύξηση 2% στο ποσοστό τραυματισμών, μια αύξηση 3% στο ποσοστό σοβαρών συγκρούσεων και μια αύξηση 4% στο ποσοστό θανατηφόρων ατυχημάτων. Παίρνουμε ξανά τα ίδια στοιχεία καθώς, μια αύξηση 10% στη μέση ταχύτητα θα οδηγήσει, κατά μέσο όρο και κατά προσέγγιση, σε αύξηση 20% σε όλα τα ατυχήματα με τραυματισμό, αύξηση 30% στα σοβαρά ατυχήματα και σε αύξηση 40% σε θανατηφόρα οδικά ατυχήματα. (International Transport Forum, 2018). Αυτές οι σχέσεις βασίζονται στο Power Model του Σουηδού ερευνητή Nilsson (1981) και μεταγενέστερα στην μετά-ανάλυση του Elvik (Elvik et al., 2004), τα οποία συνδέουν την ταχύτητα με τα οδικά ατυχήματα.

Σε αντίστοιχη έρευνα CBA που έγινε για την μείωση ορίου ταχύτητας από 80 σε 60 χλμ./ώρα, για περιβαλλοντικούς σκοπούς, στο Όσλο, το εύρος μείωσης των οδικών ατυχημάτων κυμαίνονταν από 24,7% – 50,9% για θανατηφόρα ατυχήματα, 19,4% – 42,8% για σοβαρά ατυχήματα και 13,6% – 32,2% για ελαφριά ατυχήματα, με το μέγιστο ποσοστό μείωσης να αφορά στην πλήρη συμμόρφωση με το μέτρο (Grythe et al., 2020). Επειδή η μείωση για το Όσλο είναι διαφορετική από την εξεταζόμενη (από 80 σε 60 χλμ./ώρα στο Όσλο σε αντίθεση με 90 σε 80 χλμ./ώρα στην Ελλάδα), θα συμπεριληφθεί με κάποιο συντελεστή για την τελική τιμή μείωσης των ατυχημάτων που θα επιλέξουμε. Αντίστοιχα στο Βέλγιο για μείωση από 90 σε 70 χλμ./ώρα χρησιμοποιούν τις δυναμικές σχέσεις του Elvik (2009) για τον υπολογισμό της μείωσης των ατυχημάτων. Στην Γαλλία, η Cerema (Γαλλική δημόσια εταιρία για οικολογικό σχεδιασμό) σημειώνει ότι η μείωση του ορίου ταχύτητας δεν είχε επίπτωση στον συνολικό αριθμό των ατυχημάτων με τραυματισμό, τα οποία παρέμειναν ισοδύναμα, αλλά είχε επίδραση στη σοβαρότητά τους: με μείωση από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα, το ποσοστό θνησιμότητας στο δίκτυο εκτός αυτοκινητοδρόμων εκτός των κατοικημένων περιοχών μειώθηκε από 15,2 νεκρούς ανά 100 ατυχήματα κατά την ίδια περίοδο αναφοράς σε 13,7 νεκρούς το 2019, μείωση 10% (ONISR, 2020).

Πίνακας 1.1: Συγκεντρωτικός Βιβλιογραφικός Πίνακας.

α/α	Αναφορά	Ετήσια Μεταβολή %	Παράμετρος	Χώρα
Κυκλοφορία				
Χρόνος Ταξιδιού				
1	French Road Safety Observatory, 2020	+2,2%	Χρόνος Ταξιδιού	Γαλλία
Κατανάλωση Καυσίμου				
1	French Road Safety Observatory, 2020	-3%	Καύσιμο	Γαλλία

Οδικά Ατυχήματα				
Ελαφρά Τραυματίες				
1	Susana Lopez-Aparicio et al., 2020	-14%	Ελαφρά Τραυματίες	Νορβηγία
2	Elvik Nilson, 2004	-16%	Ελαφρά Τραυματίες	NA
3	ITF, 2018	0%	Ελαφρά Τραυματίες	Σουηδία
Σοβαρά Τραυματίες				
1	Susana Lopez-Aparicio et al., 2020	-19%	Βαριά Τραυματίες	Νορβηγία
2	Elvik Nilson, 2004	-30%	Βαριά Τραυματίες	NA
3	ITF, 2018	0%	Βαριά Τραυματίες	Σουηδία
Νεκροί				
1	Susana Lopez-Aparicio et al., 2020	-23%	Νεκροί	Νορβηγία
2	Elvik Nilson, 2004	-41%	Νεκροί	NA
3	ITF, 2018	-42%	Νεκροί	Σουηδία
4	French Road Safety Observatory, 2020	-10%	Νεκροί	Γαλλία
Περιβάλλον				
Κλιματική Αλλαγή (CO ₂)				
1	French Road Safety Observatory, 2020	-3%	CO ₂	Γαλλία

2.5 Σύνοψη

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία τα αποτελέσματα της μείωσης ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο είναι κοινά σε πολλές περιπτώσεις. Η διεθνής και ευρωπαϊκή κοινότητα πάντως έχει επιστήσει την προσοχή των αρμοδίων για την επιτακτική ανάγκη της μείωσης των ορίων ταχύτητας. Μέτρο που θα αποφέρει πολύ θετικά αποτελέσματα σε διάφορους τομείς.

Αναλυτικότερα, δεδομένου ότι υλοποιείται μείωση της ταχύτητας οδήγησης, γίνεται κατευθείαν αντιληπτή η αύξηση χρόνου ταξιδιού. Σε παρόμοιες εφαρμογές αυτού του μέτρου και με παρόμοιες μεθόδους επιβολής, έχει παρατηρηθεί **αύξηση του χρόνου ταξιδιού** της τάξης του 2%.

Σε έρευνες όπου μείωση ορίου ταχύτητας σε υπεραστικό οδικό δίκτυο, φανερώθηκε μείωση στην κατανάλωση καυσίμου άμεσα συνδεδεμένη και με τις εκπομπές CO₂ στην ατμόσφαιρα. Αναλυτικότερα, για την κατανάλωση **CO₂ η ετήσια μείωση** ήταν 3%,

Η μείωση των οδικών ατυχημάτων συμφωνεί στις διάφορες έρευνες, με σημαντική την μελέτη του Nilsson και την δημιουργία ενός Power Model όπου αλλάζει ο εκθέτης της εξίσωσης ανάλογα με το είδος και την σοβαρότητα των ατυχημάτων. Συμπερασματικά, καταλήγουμε στα ποσοστά με βάση όλες τις πηγές της βιβλιογραφίας που εξετάζουν το ίδιο μέτρο μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο και με την ίδια μεθοδολογία, για την 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα μείωση προκύπτει, με διακύμανση από -10% έως -42% και μέσο όρο **-29% για μείωση στους νεκρούς**, διακύμανση από 0% έως -30% με μέσο όρο την τιμή **-16% για μείωση στους βαριά τραυματίες** και από 0% έως -16% για μείωση στους **ελαφριά τραυματίες** με τελικό μέσο όρο την τιμή **-10%**

Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό υπόβαθρο

3.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζεται το **θεωρητικό υπόβαθρο** στο οποίο στηρίχθηκε η παρούσα Διπλωματική Εργασία. Πιο συγκεκριμένα, θα γίνει αναφορά στις δύο βασικές μεθόδους ανάλυσης που αναπτύχθηκαν 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 των κριτηρίων αποδοχής των παραπάνω μεθόδων και της μεθόδου με την οποία έγινε η συλλογή των δεδομένων.

3.2 Μαθηματικά Πρότυπα

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

3.2.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Η **γραμμική παλινδρόμηση** (linear regression) υπολογίζει τη συνάρτηση χρησιμότητας κάποιου γεγονότος σε σχέση με παράγοντες που το επηρεάζουν καταλήγοντας σε ένα γραμμικό μαθηματικό πρότυπο. Με βάση αυτό το μαθηματικό πρότυπο υπολογίζεται η πιθανότητα πραγματοποίησης του γεγονότος (πρότυπο πρόβλεψης πιθανότητας).

Η εκτίμηση των παραμέτρων στην γραμμική παλινδρόμηση πραγματοποιείται με τη **μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων**, έτσι ώστε το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών των τιμών που έχουν παρατηρηθεί από αυτές που έχουν υπολογιστεί να είναι το ελάχιστο.

Σε αυτό το μοντέλο, προϋπόθεση αποτελεί η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι συνεχής και να ακολουθεί την **κανονική κατανομή**.

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία η εξαρτημένη μεταβλητή (συμφωνείτε με τη μείωση των ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό δίκτυο, στα 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και στα 60km/h στους ισόπεδους κόμβους;) λαμβάνει διακριτές τιμές (ναι, όχι) και ως εκ τούτου δεν μπορεί να αναλυθεί με το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης.

3.2.2 Πιθανοτική ανάλυση

Το μοντέλο της πιθανοτικής ανάλυσης (probit analysis) μπορεί να χρησιμοποιηθεί 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 και στη γραμμική παλινδρόμηση.

Για την υλοποίηση της πιθανοτικής ανάλυσης απαιτείται ο **μετασχηματισμός των ανεξάρτητων μεταβλητών** σε πιθανότητες, με τιμές από 0 έως και 1. Πρέπει να δοθεί προσοχή ωστόσο, στη διατήρηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την εξαρτημένη ακόμα και μετά τον μετασχηματισμό.

Το μοντέλο της πιθανοτικής ανάλυσης είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο όσο αφορά την χρήση του και για αυτό το λόγο επιλέχθηκε να μην χρησιμοποιηθεί εν τέλει στην παρούσα Διπλωματική Εργασία

3.2.3 Λογιστική Παλινδρόμηση

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 Ναι ή Όχι για την μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο σε 80 χλμ./ώρα). Με τη λογιστική παλινδρόμηση αναπτύσσεται ένα **μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης** της πιθανότητας επιλογής ενός εναλλακτικού σεναρίου (Pindyck & Rubinfeld, 1991) και εκφράζεται ο τρόπος και το μέγεθος της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην επιλογή αυτή. Συναντάται συχνά σε συγκοινωνιακές έρευνες, στις οποίες ζητείται η πρόβλεψη της επιρροής ορισμένων χαρακτηριστικών στην επιλογή ενός γεγονότος.

3.2.4 Σύνοψη

Με βάση τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψιν της ανάγκες και τους στόχους της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προκύπτουν τα εξής:

- Η **γραμμική παλινδρόμηση** δεν καλύπτει τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αφού η εξαρτημένη μεταβλητή δεν είναι συνεχής.
- Η **πιθανοτική ανάλυση** καλύπτει τις προϋποθέσεις γενικά, αλλά απορρίπτεται εξαιτίας της πολυπλοκότητας της και του χρόνου που θα απαιτούσε.
- Η **λογιστική παλινδρόμηση**, συνεπώς, επιλέχθηκε για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων με σκοπό την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης της επιλογής του κοινού.

3.3 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. Η παρούσα Διπλωματική Εργασία θα εξετάσει και τα δύο μοντέλα. Με το διωνυμικό μοντέλο αναλύεται η ερώτηση “ Συμφωνείτε με τη μείωση των ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό δίκτυο, στα 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και στα 60km/h στους ισόπεδους κόμβους; ” με πιθανές απαντήσεις “ναι” ή “όχι” και με το πολυωνυμικό πρότυπο αναλύονται τα σενάρια, όπου οι επιλογές είναι “1^η εναλλακτική: 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 60 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους”, “2^η εναλλακτική: 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους” και “Καμία Αλλαγή: 90 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 60 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους”.

Η **συνάρτηση χρησιμότητας** της λογιστικής παλινδρόμησης δίνεται από τη σχέση:

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

- U_i , η συνάρτηση χρησιμότητας του γεγονότος i
- $x_1 \dots x_n$, οι μεταβλητές του προβλήματος
- α_0 , η σταθερά που αντιπροσωπεύει την επιρροή των παραγόντων που δεν έχουν συμπεριληφθεί ως μεταβλητές στο μαθηματικό μοντέλο
- $\alpha_1 \dots \alpha_n$, 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 μιας και έχει χρησιμοποιηθεί σε αυτή τη Διπλωματική Εργασία 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:

Για παράδειγμα, οι πιθανότητες να είναι νικητής ένας παίκτης τένις είναι $0.5/0.5=1$ αφού η πιθανότητα για νίκη είναι 50 τοις εκατό και η πιθανότητα ήττας είναι επίσης 50 τοις εκατό, καθώς δεν υπάρχει ισοπαλία στο άθλημα αυτό. Γενικά:

$$\text{logit}(P) = \log e = \beta + \beta_1 \chi + \beta_2 \chi$$

- Όταν $\text{odds} > 1$ οι πιθανότητες αυξάνονται
- Όταν $\text{odds} < 1$ οι πιθανότητες μειώνονται

3.4 Κριτήρια αποδοχής μοντέλου

Τα **κριτήρια** βάσει των οποίων πραγματοποιείται η αξιολόγηση ενός μαθηματικού προτύπου μετά τη διαμόρφωσή του είναι τα πρόσημα και οι τιμές των συντελεστών β_i της εκάστοτε εξίσωσης, η στατιστική σημαντικότητα, η ποιότητα του μοντέλου καθώς και το σφάλμα της εξίσωσης.

- **Λογική ερμηνεία των προσήμων των συντελεστών**

Θετικό πρόσημο του συντελεστή β_i συνεπάγεται αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντιθέτως, αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Επιπλέον, θα πρέπει να ερμηνεύεται λογικά και η τιμή του συντελεστή, καθώς αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά μία μονάδα οδηγεί σε αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής κατά β_i μονάδες.

- **Ελαστικότητα**

Η ελαστικότητα αποτελεί δείκτη ο οποίος αντικατοπτρίζει την ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής Y στη μεταβολή μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί 1% μεταβολή της ανεξάρτητης. Για γραμμικά μοντέλα και συνεχείς μεταβλητές η ελαστικότητα εκφράζεται ως εξής:

$$\left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right) * \left(\frac{X}{Y} \right) = \beta_i * \left(\frac{X}{Y} \right)$$

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:

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

Όπου:

- I , το πλήθος των πιθανών επιλογών
- x_{ink} , η τιμή της μεταβλητής k , για την εναλλακτική i , του ατόμου n
- $\Delta(\beta_{ink})$, η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της x_{nk} έχει μεταβληθεί από 0 σε 1
- β_{ink} , η αντίστοιχη τιμή όταν η x_{ink} έχει τιμή 0
- β_{ik} , η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{nk}

- **Στατιστική σημαντικότητα**

Σημαντικός έλεγχος για την αξιολόγηση του προτύπου είναι ο έλεγχος t-test (κριτήριο t κατανομής Student). Μέσω του δείκτη t προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών, δηλαδή η επιλογή των μεταβλητών που θα συμπεριληφθούν στο τελικό πρότυπο. Ο συντελεστής t εκφράζεται με την παρακάτω σχέση:

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

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 κατά απόλυτη τιμή, τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στον πίνακα που παρατίθεται στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι κρίσιμες τιμές του συντελεστή t για το εκάστοτε επίπεδο εμπιστοσύνης.

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

Πίνακας 3.1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t της κατανομής Student

Για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η τιμή $t=1,7$, επομένως προκύπτει ότι για να συμπεριληφθεί κάποια μεταβλητή στο μοντέλο θα πρέπει να έχει συντελεστή t μεγαλύτερο του 1,7 κατά απόλυτη τιμή, έτσι ώστε να κρίνεται στατιστικά σημαντική. Στα μοντέλα **λογιστικής παλινδρόμησης** ισχύει ό,τι και σε αυτά της γραμμικής παλινδρόμησης, με διαφορά ότι αντί για το t-test χρησιμοποιείται το Wald test. Το συγκεκριμένο test ορίζεται και λειτουργεί ακριβώς όπως και το t-test, οπότε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η τιμή του Wald θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1,7 για τις μεταβλητές του μοντέλου.

- Το κριτήριο του R^2

Η συνολική ποιότητα του μοντέλου ελέγχεται με τον συντελεστή προσαρμογής και ως κριτήριο καλής προσαρμογής χρησιμοποιείται ο συντελεστής R^2 . Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας μιας μεταβλητής από μια άλλη και λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Όσο πιο κοντά στο 1 βρίσκεται η τιμή του R^2 , τόσο πιο ισχυρή είναι η σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Συνήθως, η τιμή του R^2 , δεν ξεπερνά το 0.45. Ως εκ τούτου, εάν η τιμή του συντελεστή βρίσκεται πάνω από 0.2 θεωρείται στις περισσότερες περιπτώσεις αποδεκτή.

- **Συντελεστής προσαρμογής R^2 Hosmer-Lemeshow test**

Ο συντελεστής R^2 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:

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

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

Ο συντελεστής R^2 εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από την μεταβλητή X , ενώ λαμβάνει τιμές από 0 έως και 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή είναι η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X . Αποδεκτές θεωρούνται οι τιμές του R^2 που είναι πάνω από 0,2 ενώ συνήθως δεν ξεπερνούν το 0,45. Για την αξιολόγηση των μοντέλων **λογιστικής παλινδρόμησης** εφαρμόζεται και ο στατιστικός έλεγχος Hosmer-Lemeshow test (Hosmer & Lemeshow, 2000), ο οποίος θεωρείται πιο αξιόπιστος από το συντελεστή R^2 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.

- **Συσχέτιση παραμέτρων**

Στο μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης οι ανεξάρτητες μεταβλητές οφείλουν να είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, δηλαδή να μην υπάρχει μεταξύ τους **συσχέτιση** (correlation). 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.

- **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:

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

Όπου:

- $L(0)$, ο λογάριθμος πιθανοφάνειας χωρίς τις μεταβλητές
- $L(b)$, ο λογάριθμος πιθανοφάνειας του μοντέλου με τις μεταβλητές
- Η **τιμή του κριτηρίου χ^2** για b βαθμούς ελευθερίας σε **επίπεδο σημαντικότητας 5 τοις εκατό**.

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

- **Το κριτήριο πληροφορίας του Ακάικε**

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.

3.5 Μέθοδοι δεδηλωμένης και αποκαλυπτόμενης προτίμησης

Για την καταγραφή 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** έχει ως σκοπό την καταγραφή των προτιμήσεων μέρους του πληθυσμού σχετικά με κάποιο ζήτημα και την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου για την περιγραφή αυτών των προτιμήσεων. Λειτουργεί καλύτερα απέναντι σε κάποια μελλοντική υποθετική κατάσταση, η οποία δεν εφαρμόζεται σήμερα.

Η πλέον εύκολη μέθοδος για τη συλλογή αυτών των στοιχείων είναι το **ερωτηματολόγιο** (Bates, 1988). Η μορφή, η έκταση, και η διατύπωση του ερωτηματολογίου επαφίεται στην ευχέρεια του ερευνητή, αλλά πρέπει να συνάδει και με το αντικείμενο και τους στόχους της έρευνας.

Από την άλλη, η **μέθοδος 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.

Παρουσιάζει, ωστόσο, τα εξής μειονεκτήματα (Kroes & Sheldon, 1988):

- Δυσκολία στην εξέταση όλων των μεταβλητών που ενδιαφέρουν την έρευνα λόγω απουσίας επαρκούς ευελιξίας των δεδομένων.
- Συχνή εμφάνιση συσχετισμών μεταξύ επεξηγηματικών μεταβλητών, όπως χρόνος ταξιδιού, που καθιστά δύσκολο τον υπολογισμό των συντελεστών του μαθηματικού μοντέλου.
- Δεν μπορεί να εφαρμοστεί για την εκτίμηση της ζήτησης σε καταστάσεις που δεν υφίστανται

Για τους παραπάνω λόγους η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης άρχισε να κερδίζει έδαφος στην συγκοινωνιακή έρευνα. Τα πλεονεκτήματά της αρκούν:

- Είναι περισσότερο εύκολο να ελεγχθεί, αφού ο ερευνητής είναι εκείνος που ορίζει τις συνθήκες που αξιολογούν οι ερωτηθέντες.
- Είναι περισσότερο ευέλικτη καθώς είναι εφικτή η αντιμετώπιση ενός μεγαλύτερου εύρους μεταβλητών.
- Εφαρμόζεται με μικρότερο κόστος, αφού κάθε άτομο προσφέρει πολλαπλές παρατηρήσεις για παραλλαγές στις επεξηγηματικές μεταβλητές που ενδιαφέρουν τον ερευνητή.

Από την άλλη πλευρά, σημαντικό μειονέκτημα της μεθόδου δεδηλωμένης προτίμησης αποτελεί το γεγονός ότι οι ερωτηθέντες είναι πιθανό να μη πράξουν αυτό το οποίο δήλωσαν. Για αυτό τον λόγο, τα αποτελέσματα σε έρευνες που βασίζονται αποκλειστικά σε αυτή τη μέθοδο οφείλουν να αξιολογηθούν προσεκτικά.

Ωστόσο, οι περισσότερες εφαρμογές της μεθόδου της δεδηλωμένης προτίμησης στη συγκοινωνιακή έρευνα έχουν σκοπό την εκτίμηση της σχετικής χρησιμότητας, αντί του υπολογισμού συγκεκριμένων τιμών (Roberts et al, 1986). Σε αυτό το πλαίσιο οι μέθοδοι δεδηλωμένης προτίμησης έχουν αποδειχτεί ιδιαίτερα χρήσιμες και υπό αυτές τις συνθήκες, η όποια πιθανότητα για υπό ή υπερεκτιμήσεις δεν είναι σχετική.

Τελικώς, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία **επιλέγεται** η χρήση της **μεθόδου δεδηλωμένης προτίμησης**.

3.6 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), τα οποία περιέχουν μόνο τις εναλλακτικές που είναι διαθέσιμες στο 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 χρησιμότητας του ατόμου n ως εξής:

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

Όπου:

- $V_{in} = \beta' X_{in}$, β 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:

$$P_n(i/C) = P(U_{in} > U_{ij}) \forall j \in C, i \neq j$$

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

Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1.2, στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της αποδοχής της μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας καθώς και η διερεύνηση της κοινωνικο-οικονομικής ανταποδοτικότητας της προτεινόμενης επέμβασης μέσω της Ανάλυση Κόστους Ωφελειών (Cost Benefit Analysis).

Για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων επιλέχθηκε η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης, μέσω ενός **κατάλληλα σχεδιασμένου ερωτηματολογίου**. Τα δεδομένα που αντλήθηκαν από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου, υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση, ώστε να εξεταστεί η σημαντικότητά τους.

4.2 Συλλογή στοιχείων

4.2.1 Το ερωτηματολόγιο

Το **ερωτηματολόγιο** χωρίζεται σε τέσσερις ενότητες καλύπτοντας συνολικά 43 ερωτήσεις, όπως φαίνεται στο **Παράρτημα Α**.

Αποτελείται από 6 σελίδες (μπρος-πίσω) και ο χρόνος συμπλήρωσης είναι κατά μέσο όρο 8-10 λεπτά, χρόνος αποδεκτός για έρευνες πεδίου. Η συλλογή όλων των ερωτηματολογίων έγινε υπό μορφή διαδικτυακής έρευνας μέσω Google Forms. Συνολικά συλλέχθηκαν **408 ερωτηματολόγια**, αριθμός ικανοποιητικός για τέτοιου είδους έρευνες, προκειμένου τα αποτελέσματα από την ανάλυσή τους να θεωρούνται αξιόπιστα.

Να σημειωθεί πως το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε και για την διπλωματική εργασία της **Στέλλας Ρούσσου**, η οποία εξέτασε την μείωση του ορίου ταχύτητας στο αστικό οδικό δίκτυο της Αθήνας. Επομένως, διαμορφώθηκε ένα ενιαίο ερωτηματολόγιο για τις ανάγκες των διπλωματικών αυτών εργασιών, με στόχο την κάλυψη μεγαλύτερου εύρους δείγματος.

Τέλος, η θεμελιώδης διαφορά είναι στα σενάρια που κατασκευάστηκαν, διαφορετικά για το αστικό και διαφορετικά για το υπεραστικό οδικό δίκτυο, γι' αυτό το λόγο η διάρκεια απάντησης ενός ερωτηματολογίου βρίσκεται ακριβώς στο όριο των 10 λεπτών, λίγο πιο αυξημένη από τα συνήθη ερωτηματολόγια αυτού του τύπου.

Καθ' όλη την έκταση του ερωτηματολογίου έγινε προσπάθεια για την δημιουργία σαφών και κατανοητών ερωτήσεων. Χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα τύπου Likert (Likert, 1932) με διαβάθμιση τεσσάρων σημείων 'Καθόλου', 'Λίγο', 'Αρκετά', 'Πάρα Πολύ' και ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής.

4.2.2 Τα μέρη του ερωτηματολογίου

Η **πρώτη ενότητα** του ερωτηματολογίου αποτελείται από ερωτήσεις που αφορούν την εμπειρία οδήγησης, το κύριο μέσο μετακίνησης, την συχνότητα οδήγησης τους αλλά και το εάν έχουν εμπλακεί σε ατυχήματα. Με αυτόν τον τρόπο οι ερωτηθέντες εισάγονται σταδιακά στο κλίμα και στη φιλοσοφία της έρευνας απαντώντας σε ερωτήσεις, οι οποίες αργότερα θα φανούν ιδιαίτερα χρήσιμες στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στη **δεύτερη ενότητα** εξετάζεται η άποψη που έχουν οι ερωτηθέμενοι για τα οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα και μάλιστα στο Β2 και στο Β3 ερώτημα «τεστάρονται» στην εκτίμηση τους για τους τραυματίες και τους νεκρούς από οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα. Έτσι επιτυγχάνεται μια αρχική ευαισθητοποίηση του κοινού για το θέμα που θα αναλυθεί και για την σοβαρότητα του. Αφού απαντήσουν, τους παρουσιάζονται και οι απαντήσεις στις ερωτήσεις αυτές. Ακόμα, εξετάζεται εάν θεωρούν σημαντικό παράγοντα την ταχύτητα στην πρόκληση ατυχημάτων και ποιοι πιστεύουν ότι είναι οι σημαντικότερες

παράγοντες για την επιλογή της ταχύτητάς τους σε μια συγκεκριμένη οδό με βαθμολογία από το 1-4 με 1 = καθόλου σημαντικό και 4 = πολύ σημαντικό.

Στην **τρίτη ενότητα** απαντάται το σημαντικότερο μέρος του ερωτηματολογίου που θα χρησιμοποιηθεί εκτενώς στις αναλύσεις και περιλαμβάνει τρεις ερωτήσεις. Στην πρώτη ερώτηση ο ερωτώμενος καλείται να απαντήσει σχετικά με το εάν συμφωνεί ή όχι με την μείωση σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και καμία αλλαγή στην ταχύτητα των ισόπεδων κόμβων (60χλμ./ώρα). Στην δεύτερη ερώτηση με το εάν συμφωνεί ή όχι με την μείωση σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα αλλά και μείωση σε 50χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους. Στο σημείο αυτό, ο ερωτώμενος καλείται να αποφασίσει, με βάση των όσων προηγήθηκαν και της εικόνας που διαμόρφωσε για το θέμα. Στην τρίτη ερώτηση εισάγονται 10 διαφορετικά σενάρια για μία υποθετική διαδρομή 3ωρών εκτός πόλης (υπεραστικό δίκτυο). Ζητείται η επιλογή μεταξύ τριών εναλλακτικών προτάσεων

- Εναλλακτική 1: μείωση της ταχύτητας από 90χλμ./ώρα σε 80χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους
- Εναλλακτική 2: μείωση της ταχύτητας από 90χλμ./ώρα σε 80χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα
- Καμία αλλαγή στους ισόπεδους κόμβους (60km/h), Καμία Μείωση) με βάση τρεις παραμέτρους (αύξηση του χρόνου ταξιδιού, μείωση κατανάλωσης καυσίμου, μείωση πιθανότητας οδικού ατυχήματος με τραυματισμό).

Στην **τέταρτη ενότητα** και τελευταία ενότητα της έρευνας περιλαμβάνονται ερωτήσεις σχετικά με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτηθέντων. Ζητούνται στοιχεία όπως είναι το φύλο, η ηλικία, το μορφωτικό επίπεδο, το επάγγελμα, η οικογενειακή κατάσταση και το ετήσιο οικογενειακό εισόδημα. Η καταγραφή των παραπάνω κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών χρησιμεύει:

- Στον έλεγχο της αντιπροσωπευτικότητας του δείγματος.
- Στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων συνδυαζόμενα με τις απαντήσεις στην τρίτη ενότητα και
- Στη χρήση κάποιων χαρακτηριστικών, στο μαθηματικό μοντέλο που θα αναπτυχθεί αργότερα.

4.2.3 Τα σενάρια

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου περιλαμβάνονται τα σενάρια μιας υπόθεσης ταξιδιού. Ζητείται από τους ερωτηθέντες η επιλογή μεταξύ τριών εναλλακτικών προτάσεων (Εναλλακτική 1: μείωση της ταχύτητας από 90χλμ./ώρα σε 80χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους, Εναλλακτική 2: μείωση της ταχύτητας από 90χλμ./ώρα σε 80χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και καμία αλλαγή στους ισόπεδους κόμβους (60km/h), Καμία Μείωση) με βάση τρεις παραμέτρους (χρόνος διαδρομής, κατανάλωση καυσίμου, και πιθανότητας οδικού ατυχήματος). Συνολικά, παρουσιάζονται **δέκα** διαφορετικά σενάρια που αφορούν μια υποθετική διαδρομή 3 ωρών εκτός πόλεων, όπου οι συνθήκες που επικρατούν είναι 90 χλμ./ώρα η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα στα οδικά τμήματα και 60 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους.

Η επιλογή των σεναρίων και των **τιμών των παραμέτρων** ακολούθησε έναν σχεδιασμό που στόχο είχε **να προβληματίσει** τον ερωτώμενο, ώστε **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 για το τρόπο επιλογής τους, βασικό αντικείμενο εξέτασης στην στατιστική ανάλυση αργότερα. 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.

	1η εναλλακτική	2η εναλλακτική	Καμία Αλλαγή
	80km/h στα οδικά τμήματα και 60km/h στους ισόπεδους κόμβους	80km/h στα οδικά τμήματα και 50km/h στους ισόπεδους κόμβους	90km/h στα οδικά τμήματα και 60km/h στους ισόπεδους κόμβους
Αύξηση Χρόνου Διαδρομής (min)	10	20	0
Μείωση Κατανάλωσης Καυσίμου (%)	10%	15%	0%
Μείωση πιθανότητας οδικών ατυχημάτων με τραυματισμό (%)	20%	50%	0%

Εικόνα 4.1: Το σενάριο 5 που χρησιμοποιήθηκε στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου.

4.2.4 Συλλογή ερωτηματολογίων

Η επιστήμη της στατιστικής είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο που βρίσκει εφαρμογή σε πολλά επιστημονικά πεδία. Η επιτυχία της οφείλεται στο ότι από την εξέταση ενός μικρού αλλά επαρκούς τμήματος του συνόλου, που ονομάζεται δείγμα, εξάγει ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα που αντιπροσωπεύουν ολόκληρο το σύνολο. Συνεπώς **όσο καταλληλότερο είναι το δείγμα** που θα εξεταστεί από τον μελετητή, **τόσο πιο αντιπροσωπευτικά και αξιόπιστα θα είναι τα αποτελέσματα** για ολόκληρο τον πληθυσμό.

Η καταλληλότητα του δείγματος εξαρτάται από το εάν αυτό πληροί ή όχι ορισμένες προϋποθέσεις, που σύμφωνα με τον P.Kotler οι βασικότερες είναι:

1. Το δείγμα πρέπει να επιλέγεται κάθε φορά από τον **κατάλληλο πληθυσμό**. Έτσι για παράδειγμα, σε μια έρευνα γύρω από την αποδοχή ενός νέου μέτρου μείωσης της ταχύτητας στο οδικό δίκτυο της Ελλάδας θα πρέπει να επιλεγεί από έναν πληθυσμό οδηγών από διάφορες περιοχές της ηπειρωτικής 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 αυτής της Διπλωματικής Εργασίας συγκεντρώθηκαν 408 απαντημένα ερωτηματολόγια, αρκετά ικανοποιητικός αριθμός για τη φύση της συγκεκριμένης έρευνας. Στο πλήθος των ερωτηματολογίων βοήθησε και το γεγονός ότι το ερωτηματολόγιο ήταν κοινό και για την παρεμφερή διπλωματική εργασία της Στέλλας Ρούσσου που εξέτασε την μείωση ορίου ταχύτητας για το αστικό οδικό δίκτυο της Αθήνας.
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 παράδειγμα, στην συγκεκριμένη περίπτωση όπου ο πληθυσμός ήταν Έλληνες και κατά πλειοψηφία Αθηναίοι πολίτες, το δείγμα έπρεπε να αποτελείται από άτομα με ποικίλα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά και ηλικίας. Έτσι, στο τέταρτο μέρος του ερωτηματολογίου που περιέχει τα δημογραφικά χαρακτηριστικά, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε να αποτελείται το δείγμα από άτομα που ανήκουν σε όλες τις αναφερόμενες κατηγορίες, με όσο το δυνατό λογικότερες αναλογίες. Στην εικόνα 4.2 δίνεται ένα απόσπασμα της μορφής του διαδικτυακού ερωτηματολογίου που δημιουργήθηκε με τη βοήθεια της εφαρμογής Google Forms.

Δ6.Επάγγελμα *

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

Εικόνα 4.2: Παράδειγμα ερώτησης πολλαπλής επιλογής σε περιβάλλον Google Forms

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. Έγινε χρήση του προγράμματος **R-Studio**, καθώς είναι πλέον κατάλληλο και χρησιμοποιείται ευρέως για τέτοιου είδους στατιστικές έρευνες. Για την στατιστική ανάλυση με **πολυωνυμική και διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση**, ξεκίνησε η ομαδοποίηση και **κωδικοποίηση των δεδομένων με τη μορφή αριθμών**, προκειμένου να είναι αντιληπτά από το πρόγραμμα ανάλυσης.

Δημιουργήθηκε έτσι ένας πίνακας **Excel (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.

Η πρώτη στήλη ήταν η “Number” στην οποία φαινόταν ο αύξων αριθμός του κάθε ερωτηθέντα. Επειδή στην Γ. ενότητα του ερωτηματολογίου υπήρχαν 10 σενάρια, για την καλύτερη ανάγνωση και χρήση του Excel, σε κάθε “Number” αντιστοιχούσαν 10 σειρές. Αυτές οι σειρές έχουν τα ίδια νούμερα ανά στήλη σε κάθε μία σειρά από τις 10, με διαφορετικές μόνο τις στήλες που αφορούσαν τις απαντήσεις των σεναρίων.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	Number	ID	Choice	Time1	Time2	Time3	Fuel1	Fuel2	Fuel3	Accident1	Accident2	Accident3	S2	S1	EXP	MEANS_T	FREQ	PROPERTY	INJURY	AVIOLATIO	WORRIED	STAT IT
2	1	1	1	1	10	20	0	15	30	0	20	20	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
3	1	2	1	1	10	40	0	15	30	0	10	20	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
4	1	3	1	1	10	20	0	30	15	0	10	50	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
5	1	4	3	20	40	0	10	15	0	20	50	0	1	1	2	5	3	1	1	1	1	3
6	1	5	1	1	10	20	0	10	15	0	20	50	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
7	1	6	1	1	10	20	0	10	15	0	10	10	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
8	1	7	1	1	20	40	0	30	10	0	20	50	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
9	1	8	1	1	10	10	0	30	10	0	10	20	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
10	1	9	1	1	10	40	0	10	30	0	10	50	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
11	1	10	1	1	10	20	0	15	30	0	10	20	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
12	2	1	2	1	10	20	0	15	30	0	20	20	0	1	1	1	1	1	2	1	2	2
13	2	2	2	1	10	40	0	15	30	0	10	20	0	1	1	1	1	1	2	1	2	2
14	2	3	1	1	10	20	0	30	15	0	10	50	0	1	1	1	1	1	2	1	2	2
15	2	4	2	2	20	40	0	10	15	0	20	50	0	1	1	1	1	1	2	1	2	2
16	2	5	1	1	10	20	0	10	15	0	20	50	0	1	1	1	1	1	2	1	2	2
17	2	6	1	1	10	20	0	10	15	0	10	10	0	1	1	1	1	1	2	1	2	2
18	2	7	2	2	20	40	0	30	10	0	20	50	0	1	1	1	1	1	2	1	2	2
19	2	8	1	1	10	10	0	30	10	0	10	20	0	1	1	1	1	1	2	1	2	2
20	2	9	2	1	10	40	0	10	30	0	10	50	0	1	1	1	1	1	2	1	2	2
21	2	10	1	1	10	20	0	15	30	0	10	20	0	1	1	1	1	1	2	1	2	2
22	3	1	3	1	10	20	0	15	30	0	20	20	0	0	0	1	1	1	1	1	1	3
23	3	2	3	1	10	40	0	15	30	0	10	20	0	0	0	1	1	1	1	1	1	3
24	3	3	3	1	10	20	0	30	15	0	10	50	0	0	0	1	1	1	1	1	1	3
25	3	4	3	3	20	40	0	10	15	0	20	50	0	0	0	1	1	1	1	1	1	3
26	3	5	3	1	10	20	0	10	15	0	20	50	0	0	0	1	1	1	1	1	1	3
27	3	6	3	1	10	20	0	10	15	0	10	10	0	0	0	1	1	1	1	1	1	3
28	3	7	3	3	20	40	0	30	10	0	20	50	0	0	0	1	1	1	1	1	1	3
29	3	8	3	1	10	10	0	30	10	0	10	20	0	0	0	1	1	1	1	1	1	3
30	3	9	3	1	10	40	0	10	30	0	10	50	0	0	0	1	1	1	1	1	1	3
			Data Set	Index	Sheet1																	

Εικόνα 4.3: Μέρος του αρχείου Excel που χρησιμοποιήθηκε στο πρόγραμμα R-Studio

Η πρώτη γραμμή περιέχει τις στήλες:

- Number, ο αύξων αριθμός των ερωτηθέντων.
- ID, ο αριθμός του εκάστοτε σεναρίου της τρίτης ενότητας
- Choice, η επιλογή μίας εκ των τριών εναλλακτικών σεναρίων, με 1 = 1^η Εναλλακτική, 2 = 2^η Εναλλακτική και 3 = Καμία Αλλαγή.
- Time1, Time2, Time3, η τιμή της μεταβλητής του χρόνου ταξιδιού
- Fuel1, Fuel2, Fuel3, η τιμή της μεταβλητής της κατανάλωσης καυσίμου, σε ποσοστό επί τις 100 (%).
- Accident1, Accident2, Accident3, η τιμή της μεταβλητής της πιθανότητας οδικού ατυχήματος με τραυματισμό, σε ποσοστό επί τις 100 (%).
- S2, S1 η κωδικοποίηση των ερωτήσεων Γ4 και Γ5 εάν συμφωνούν με την μείωση του ορίου ταχύτητας στα 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και στις 2 ερωτήσεις, και σε 60 χλμ./ώρα και σε 50 χλμ./ώρα αντίστοιχα στις 2 ερωτήσεις για τους ισόπεδους κόμβους. Για λόγους ευκολίας στην χρήση το S2 αντιστοιχεί στην Γ4 ερώτηση ενώ το S1 στην Γ5.
- EXP, MEANS TYPE, FREQ,, η κωδικοποίηση των ερωτήσεων σύμφωνα με τα ερωτηματολόγια του Α παραρτήματος

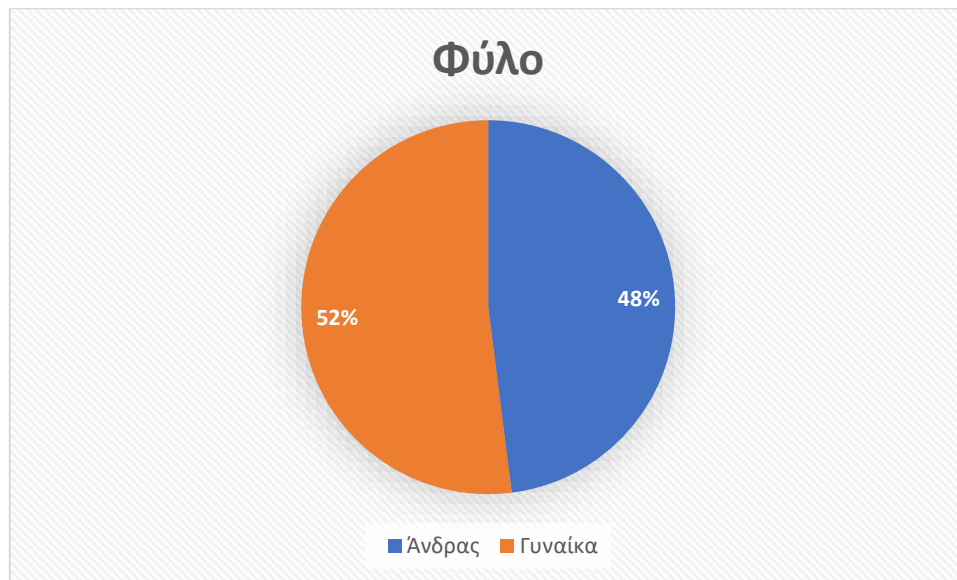
Παρατηρήσεις σχετικά με τη διαδικασία της κωδικοποίησης παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

- I. Σε ερωτήσεις, στις οποίες οι απαντήσεις ήταν δύο, για παράδειγμα μεταξύ Ναι ή Όχι, η κωδικοποίηση στο Excel αντιστοιχεί σε Ναι=1 και Όχι=0. Σε ερωτήσεις, στις οποίες οι απαντήσεις ήταν άνω των δύο, η πρώτη απάντηση αντιστοιχεί στο 1, η δεύτερη απάντηση στο 2, και ούτω καθεξής.
- II. Σε όλες τις υπόλοιπες ερωτήσεις έγινε κωδικοποίησης στο Excel με αντιστοιχία 1=η πρώτη απάντηση στην ερώτηση, 2= η δεύτερη απάντηση στην ερώτηση ...
- III. Στις εναλλακτικές των Σεναρίων στα σενάρια 1 και 2 υπήρχαν οι τιμές που δόθηκαν σαν επιλογές στο εκάστοτε σενάριο και στο σενάριο 3 δηλαδή για τα Time3, Fuel3 και Accident3 υπάρχει η τιμή μηδέν, καθώς αντιπροσωπεύουν την μηδενική αλλαγή στο σενάριο μείωσης ταχύτητας, ουσιαστικά την σημερινή κατάσταση.

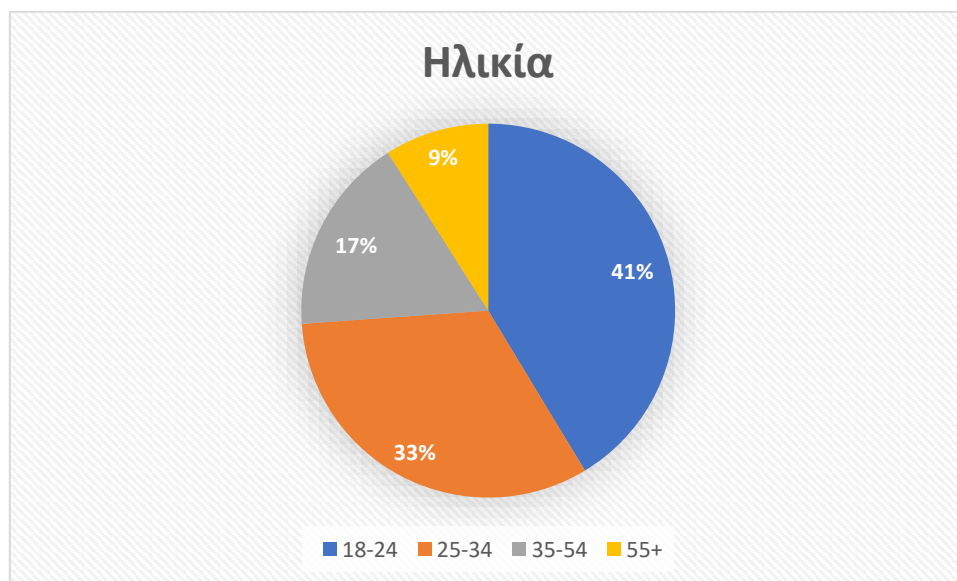
4.4 Συγκεντρωτικά στοιχεία

Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθενται συγκεντρωτικά τα **σημαντικότερα στατιστικά στοιχεία** με τη μορφή πινάκων σχετικά με το δείγμα της έρευνας.

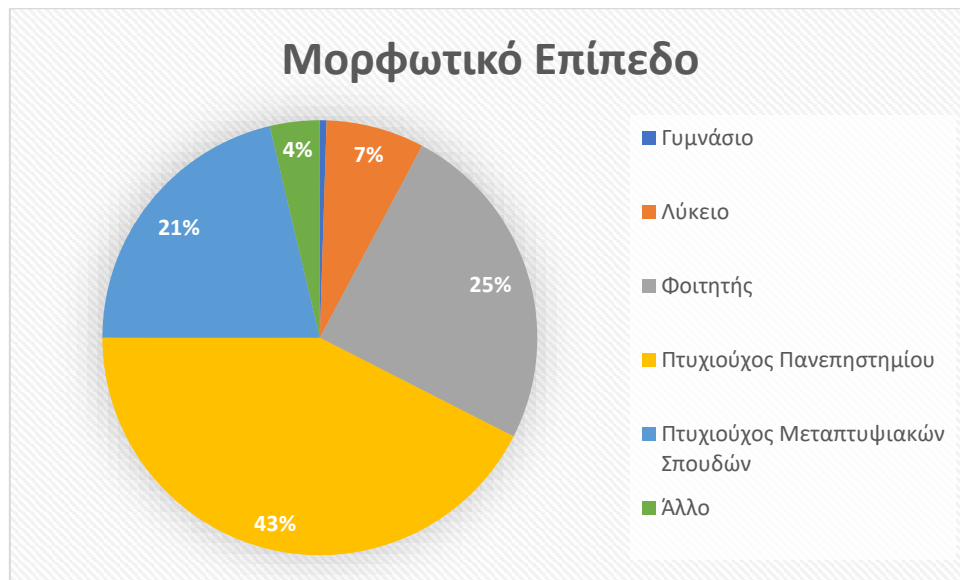
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η **ποσοστιαία κατανομή του δείγματος**:



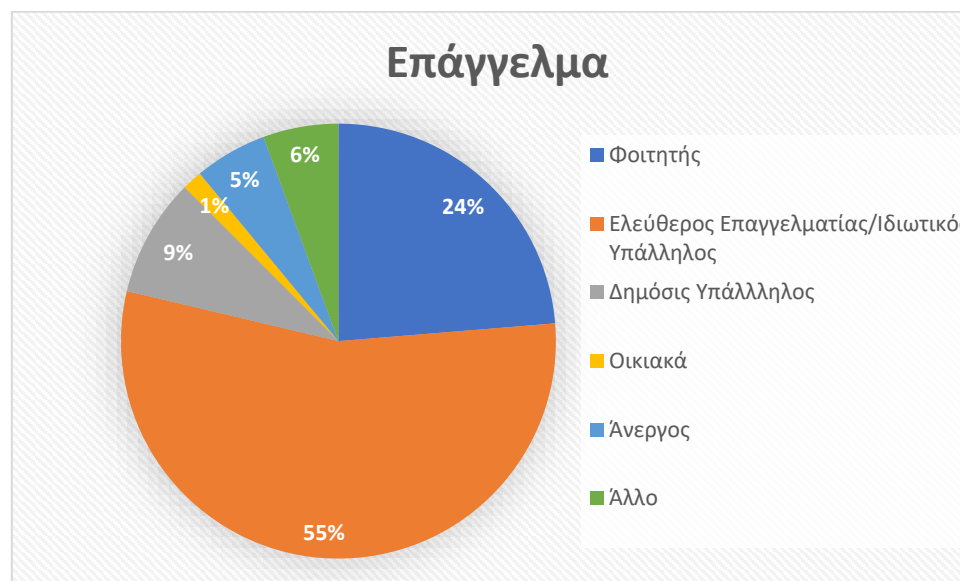
Διάγραμμα 4.1: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος με βάση το φύλο



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 και η κατανομή του φύλου είναι ισομοιρασμένη και ότι οι ερωτηθέντες ήταν στην πλειοψηφία τους νέοι έως 35 ετών.

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



Διάγραμμα 4.6: Ποσοστιαία κατανομή ενδεχομένου εμπλοκής σε οδικό ατύχημα με παθόντες



Διάγραμμα 4.7: Ποσοστιαία κατανομή του ρόλου ταχύτητας στα ατυχήματα

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι οι συμμετέχοντες στην έρευνα είναι κυρίως λίγο έως αρκετά ανήσυχοι για το ενδεχόμενο να εμπλακούν σε οδικό ατύχημα, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό αντιλαμβάνεται πως ο αντίκτυπος της ταχύτητας στην πρόκληση των ατυχημάτων είναι αρκετά σημαντικός.



Διάγραμμα 4.8: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος για την μείωση της ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο στα **80 χλμ./ώρα** στα οδικά τμήματα και **60 χλμ./ώρα** στους ισόπεδους κόμβους



Διάγραμμα 4.9: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος για την μείωση της ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο στα **80 χλμ./ώρα** στα οδικά τμήματα και **50 χλμ./ώρα** στους ισόπεδους κόμβους

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι **περισσότερο από 60%** του πληθυσμού που συμμετείχε στην έρευνα **συμφωνεί** με την μείωση των ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο σε χαμηλότερη ταχύτητα, ενώ με την επιπλέον αυστηρότερη μείωση και στους ισόπεδους κόμβους στα 50 χλμ./ώρα, τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι αρκετά κοντινά με **ποσοστό αποδοχής** ακριβώς κάτω από το **50%**.

Κεφάλαιο 5: Στατιστική Ανάλυση Αποδοχής Ορίου Ταχύτητας 80 χλμ./ώρα

5.1 Εισαγωγή

Σε συνέχεια του 4ου Κεφαλαίου, μετά τη συλλογή των στοιχείων, την επεξεργασία και οργάνωσή τους στο **Master Table** ακολουθεί η στατιστική τους επεξεργασία, με σκοπό να απαντηθούν τα ερωτήματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

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^η και 2^η Εναλλακτική και Καμία αλλαγή. Η χρήση τώρα, της διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης (binomial logistic regression) γίνεται για την ερώτηση που σχετίζεται με το Ναι ή Όχι, δηλαδή εάν συμφωνούν ή όχι, για την μείωση του ορίου ταχύτητας στα 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους.

Στη συνέχεια περιγράφονται τα βήματα που έγιναν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης των κατάλληλων μοντέλων. Σημαντικό κομμάτι των αποτελεσμάτων, αποτελούν οι **στατιστικοί έλεγχοι** που απαιτούνται για την αποδοχή ή απόρριψη των μοντέλων. Τέλος, παρατίθενται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των μεθοδολογιών, η περιγραφή τους, και η ερμηνεία τους με βάση το γενικότερο πλαίσιο της έρευνας.

5.2 Στατιστικό πρότυπο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

Με το μοντέλο αυτό, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, πραγματοποιείται η στατιστική ανάλυση χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των σεναρίων του ερωτηματολογίου. Για την ανάλυση αυτή χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα R-Studio.

5.2.1 Εισαγωγή δεδομένων στο R-Studio

Σε πρώτο στάδιο δημιουργείται το script, δηλαδή το περιβάλλον της συγγραφής του κώδικα, μέσω της εντολής File -> New File -> R Script.

Ξεκινώντας γίνεται εγκατάσταση της εντολής mlogit από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος, η οποία εκτελεί την πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση των στοιχείων που της δίνονται. Κατόπιν, εισάγεται το αρχείο με τα κωδικοποιημένα δεδομένα του ερωτηματολογίου μέσω της εντολής "read_excel" "library(readxl)". Να σημειωθεί πως οτιδήποτε ακολουθεί το σύμβολο '#' στην ίδια γραμμή, αποτελεί σχολιασμό και δεν μεταφράζεται από το πρόγραμμα.

```
library(mlogit)
```

```
#Import DATA from MasterTable
```

```
library(readxl)
```

```
MASTER_TABLE4_r <- read_excel("C:/Users/PC/OneDrive/Desktop/
```

```
RDATA=MASTER_TABLE4_r
```

Εικόνα 5.1: Εισαγωγή του αρχείου Excel με τα κωδικοποιημένα στοιχεία στο R-Studio

	Number	ID	Choice	Time1	Time2	Time3	Fuel1	Fuel2	Fuel3	Accident1	Accident2	Accident3	S2	S1	EXP	MEANS_TYPE	FREQ	PROPERTY_ACCID	INJURY_ACCID	VIOLATIONS	WORRIED	
1	1	1	1	1	10	20	0	15	30	0	20	20	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
2	1	2	1	1	10	40	0	15	30	0	10	20	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
3	1	3	1	1	10	20	0	30	15	0	10	50	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
4	1	4	3	20	40	0	10	15	0	20	50	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3	
5	1	5	1	1	10	20	0	10	15	0	20	50	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
6	1	6	1	1	10	20	0	10	15	0	10	10	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
7	1	7	1	20	40	0	30	10	0	20	50	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3	
8	1	8	1	10	10	0	30	10	0	10	20	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3	
9	1	9	1	10	40	0	10	30	0	10	50	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3	
10	1	10	1	1	10	20	0	15	30	0	10	20	0	1	1	2	5	3	1	1	1	3
11	2	1	2	10	20	0	15	30	0	20	20	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2
12	2	2	2	10	40	0	15	30	0	10	20	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2
13	2	3	1	10	20	0	30	15	0	10	50	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2
14	2	4	2	20	40	0	10	15	0	20	50	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2
15	2	5	1	10	20	0	10	15	0	20	50	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2
16	2	6	1	10	20	0	10	15	0	10	10	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2
17	2	7	2	20	40	0	30	10	0	20	50	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2
18	2	8	1	10	10	0	30	10	0	10	20	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2
19	2	9	2	10	40	0	10	30	0	10	50	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2
20	2	10	1	1	10	20	0	15	30	0	10	20	0	1	1	1	1	1	2	1	2	2
21	3	1	3	10	20	0	15	30	0	20	20	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3
22	3	2	3	10	40	0	15	30	0	10	20	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3
23	3	3	3	10	20	0	30	15	0	10	50	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3
24	3	4	3	20	40	0	10	15	0	20	50	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3
25	3	5	3	10	20	0	10	15	0	20	50	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3
26	3	6	3	10	20	0	10	15	0	10	10	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3
27	3	7	3	20	40	0	30	10	0	20	50	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3
28	3	8	3	10	10	0	30	10	0	10	20	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3
29	3	9	3	10	40	0	10	30	0	10	50	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3
30	3	10	3	10	20	0	15	30	0	10	20	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3

Εικόνα 5.2: Η τελική μορφή του αρχείου RDATA στο R-Studio

Οι μεταβλητές και οι αντίστοιχες τιμές της εικόνας 5.2 τους είναι ίδιες με αυτές της εικόνας 4.2, αφού είναι ίδιο το αρχείο εισαγμένο αυτή τη φορά στο R-Studio.

```

1 ##Diploma This is###
2
3 library(mlogit)
4
5 #Import DATA from MasterTable
6 library(readxl)
7 MASTER_TABLE4_r <- read_excel("C:/Users/PC/OneDrive/Desktop/APHIPA_EPOTHMATONOFIA/MasterTable-speedlimit-5-km.xlsx")
8 RDATA=MASTER_TABLE4_r
9 RDATA$choiceId <- 1:nrow(RDATA)
10 view(RDATA)
11 str(RDATA)
12
13 #correlation test between independent variables
14 RDATA_numeric<-RDATA[,sapply(RDATA, 1s,numeric)]
15 cor[RDATA_numeric,method = c("pearson")]
16 cor[RDATA[,unlist(lapply(RDATA, 1s,numeric))]]
17
18 ## Gia na mporeis na ta deis ola!!
19 dt=cor(RDATA_numeric,method = c("pearson"))
20 view(dt)
21
22 ###Multinomial Logistic Regression Analysis
23
24
25 #transform to long format
26 RDATA2 <- dfidx(RDATA, shape = "wide", choice = "Choice", varying = 4:12, sep = "", idx = list(c("ChoiceId", "ID")),
27               idnames = c("chid", "alt"))
28
29 view(RDATA2)
30
31 #group answers, panta me ayti tin logiki swira opos sto paradeigma, allis yparxei provlima
32 RDATA2$EXP[RDATA2$EXP>2]<-61 #10-14 & >15
33 RDATA2$EXP[RDATA2$EXP<=2]<-62 #0-4 & 5-9
34
1541 [Top Level]

```

Environment pane contents:

- MASTER_TAB: 4080 obs. of 38 variables
- MLR1: Large mlogit (17 elements)
- MLR2: Large mlogit (17 elements)
- MLR3: Large mlogit (17 elements)
- RDATA: 4080 obs. of 39 variables
- RDATA_num: 4080 obs. of 39 variables

System Library:

- base: The R Base Package 4.1.3
- boot: Bootstrap Functions 1.3- (Originally by Angelo Canty for S)
- cellranger: Translate Spreadsheet Cell Ranges to Rows and Columns 1.1.0
- class: Functions for Classification 7.3- 20
- cli: Helpers for Developing Command Line Interfaces 3.2.0
- cluster: "Finding Groups in Data" Cluster Analysis Extended Rousseeuw et al. 2.1.2
- codetools: Code Analysis Tools for R 0.2- 18
- compiler: The R Compiler Package 4.1.3
- crayon: Colored Terminal Output 1.5.0
- datasets: The R Datasets Package 4.1.3
- dfidx: Indexed Data Frames 0.0-4
- dplyr: A Grammar of Data Manipulation 1.0.8
- ellipsis: Tools for Working with ... 0.3.2
- fansi: ANSI Color Sequence Aware String Functions 1.0.2
- foreign: Read Data Stored by 'minitab', 'SAS', 'SPSS', 'Stata', 'SyStat', 'Weka', 'dBase', ... 0.8- 82
- Formula: Extended Model Formulas 1.2-4
- genetics: Common S3 Genetics not Provided by Base R Methods Related to Model Fitting 0.1.2
- glue: Interpreted String Literals 1.6.2
- graphics: The R Graphics Package 4.1.3

Εικόνα 5.3: Η τελική μορφή του μοντέλου στο R-Studio

5.2.2 Ο Κώδικας

Στο πάνω αριστερά μέρος της Εικόνας 5.3 απεικονίζεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης. Προχωρώντας, ακριβώς από κάτω στο παράθυρο Console απεικονίζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Ολόκληρος ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε παρατίθεται στο Παράρτημα Β. Παρακάτω, περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που κατέληξαν στο τελικό μοντέλο.

Αρχικά, η πρώτη γραμμή περιλαμβάνει την εντολή `library(mlogit)`, με την οποία γίνεται επίκληση του πακέτου `mlogit`, το οποίο επιτρέπει την εκτίμηση των πολυωνυμικών λογιστικών μοντέλων.

Στη συνέχεια με την εντολή `RDATA_TABLE <- read_excel ("C:/.../MasterTable-speedlimit-5-km.xlsx")` μετατρέπεται το αρχείο `excel` σε βάση δεδομένων για το πρόγραμμα R-Studio και με την εντολή `RDATA=MASTER_TABLE` ονομάζομαι το MASTER TABLE πλέον σαν RDATA. Με την εντολή `"str(RDATA)"` φαίνεται η μορφή των μεταβλητών στη βάση δεδομένων της R-Studio.

Στη συνέχεια με την εντολή `RDATA[sapply(RDATA, is.factor)] <- (RDATA[sapply(RDATA, is.numeric)]` μετατρέπονται όλα τα κατηγορικά στοιχεία (factors), στο αρχείο RDATA, σε αριθμούς (numerics), ώστε να είναι πιο εύκολη η διαχείρισή τους. Με την εντολή `cor(RDATA_numeric, method = ("pearson"))`, ουσιαστικά με τη εντολή `correlation` βλέπουμε την συσχέτιση όλων των μεταβλητών μεταξύ τους. Όσες μεταβλητές εμφανίζουν συσχέτιση μεγαλύτερη του 0.5, σε απόλυτη τιμή, τότε πρόκειται για αρκετά συσχετισμένες μεταβλητές μεταξύ τους και έτσι δεν τις λαμβάνουμε υπόψιν στα ίδια μοντέλα. Η επιλογή της αφαίρεσης μιας εκ των δύο μεταβλητών έγινε εφόσον υλοποιήθηκαν πολύ μεγάλο πλήθος δοκιμών, καθώς έπρεπε να εξεταστεί ποια μεταβλητή θα είναι πιο χρήσιμη στην ανάπτυξη των μοντέλων. Το αποτέλεσμα της εντολής φαίνεται στην Εικόνα 5.4.

	Number	ID	Choice	Time1	Time2	Time3	Fuel1	Fuel2	Fuel3	Accident1	Accident2	Accident3	S2	S1	EXP
Number	1.000000000	0.000000000	0.008434329	0.000000000	0.000000000	NA	0.000000e+00	0.000000000	NA	0.000000000	0.000000e+00	NA	0.063124942	0.064315194	3.567203e-
ID	0.000000000	1.000000000	0.034697939	0.000000000	-0.0791262073	NA	5.155735e-02	-0.0832250379	NA	-0.3553345273	2.142748e-02	NA	0.000000000	0.000000000	-3.151935e-
Choice	0.008434329	0.034697939	1.000000000	0.0301913439	0.0178403396	NA	7.025782e-03	-0.0266959485	NA	0.0005400955	5.240738e-02	NA	-0.411784448	-0.274094413	6.219402e-
Time1	0.000000000	0.000000000	0.030191344	1.000000000	0.5909090909	NA	1.480672e-01	-0.4482107285	NA	0.6123724357	4.923660e-01	NA	0.000000000	0.000000000	-1.005916e-
Time2	0.000000000	-0.0791262073	0.017840340	0.5909090909	1.000000000	NA	-2.423245e-01	0.2173142926	NA	0.2226808857	4.587956e-01	NA	0.000000000	0.000000000	-1.280257e-
Time3	NA	NA	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	/
Fuel1	0.000000000	0.0515573521	0.007025782	0.1480672194	-0.2423245409	NA	1.000000e+00	-0.4955946278	NA	-0.1209127084	1.093697e-01	NA	0.000000000	0.000000000	-5.958533e-
Fuel2	0.000000000	-0.0832250379	-0.026695948	-0.4482107285	0.2173142926	NA	-4.955946e-01	1.000000000	NA	-0.2439750182	-2.942449e-01	NA	0.000000000	0.000000000	2.404599e-
Fuel3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	/
Accident1	0.000000000	-0.3553345273	0.006540095	0.6123724357	0.2226808857	NA	-1.209127e-01	-0.2439750182	NA	1.000000000	4.271411e-01	NA	0.000000000	0.000000000	2.463961e-
Accident2	0.000000000	0.0214274782	0.052407379	0.4923665939	0.4587955573	NA	1.093697e-01	-0.2942449432	NA	0.4271410715	1.000000e+00	NA	0.000000000	0.000000000	-1.733476e-
Accident3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	NA	/
S2	0.063124942	0.000000000	-0.411784448	0.000000000	0.000000000	NA	0.000000e+00	0.000000000	NA	0.000000000	0.000000e+00	NA	1.000000000	0.466271841	-5.655799e-
S1	0.064315194	0.000000000	-0.274094413	0.000000000	0.000000000	NA	0.000000e+00	0.000000000	NA	0.000000000	0.000000e+00	NA	0.466271841	1.000000000	1.511926e-
EXP	0.356720321	-0.0003151935	0.062194020	-0.0001005916	-0.0001280257	NA	-5.958533e-05	0.0002404599	NA	0.0002463961	-1.733476e-04	NA	-0.056557988	0.015119262	1.000000e+
MEANS_TYP	-0.091461631	-0.0002741826	-0.082705781	-0.0000875033	-0.0001113678	NA	-5.183248e-05	0.0002091729	NA	0.0002143384	-1.507928e-04	NA	0.144160212	0.028191777	-2.801905e-
FREQ	-0.064441686	-0.0014655563	-0.111115707	-0.0004677211	-0.0005952814	NA	-2.770541e-04	0.0011180673	NA	0.0011456781	-8.060149e-04	NA	0.121627255	0.120741116	-3.231522e-
PROPERTY_ACCID	0.135979870	0.000000000	0.024047589	0.000000000	0.000000000	NA	0.000000e+00	0.000000000	NA	0.000000000	0.000000e+00	NA	-0.052939577	-0.028929542	4.043669e-
INJURY_ACCID	-0.019411637	0.0023176450	-0.00967240	0.0007396587	0.0009413838	NA	4.381360e-04	-0.0017681225	NA	-0.0018117865	1.274640e-03	NA	-0.038557621	0.035974635	1.070193e-
VIOLATIONS	0.048240930	0.0013331778	0.030639157	0.0004254735	0.0005415118	NA	2.520286e-04	-0.0010170762	NA	-0.0010421930	7.332104e-04	NA	-0.080823533	-0.036230613	1.033488e-
WORRIED	-0.021404924	0.0004258699	-0.026848045	0.0001359131	0.0001729804	NA	8.050799e-05	-0.0003248945	NA	-0.0003329178	2.342165e-04	NA	0.103600485	0.053778641	-2.116808e-
STAT_INJURIES	0.041033339	0.0006011394	0.004770748	0.0001918491	0.0002441715	NA	1.136416e-04	-0.0004586070	NA	-0.0004699323	3.306098e-04	NA	-0.058256325	-0.073463984	-3.519558e-
STAT_DEATHS	0.085602614	0.000000000	-0.021547513	0.000000000	0.000000000	NA	0.000000e+00	0.000000000	NA	0.000000000	0.000000e+00	NA	0.107325662	0.031768779	2.819755e-
SPEED_ROLE	-0.007850946	-0.0012837314	-0.154551453	-0.0004096931	-0.0005214276	NA	-2.426812e-04	0.0009793538	NA	0.0010035390	-7.060163e-04	NA	0.151719297	0.151406690	-4.304660e-
VULN_PROT	-0.108611991	0.0005459949	0.128474015	0.0001742501	0.0002217729	NA	1.032169e-04	-0.0004165374	NA	-0.0004268238	3.002819e-04	NA	-0.170906437	-0.215387200	-4.777732e-
IF_ROAD_TYPE	-0.054322435	-0.0005121638	-0.001336343	-0.0001634532	-0.0002060313	NA	-9.682130e-05	0.0003907278	NA	0.0004003769	-2.816757e-04	NA	-0.093083723	-0.103142757	-6.716018e-
IF_TRAFFIC	-0.024866294	0.0005127032	0.034864685	0.0001636253	0.0002082504	NA	9.692328e-05	-0.0003911394	NA	-0.0004007886	2.819724e-04	NA	-0.112475250	-0.030600611	-2.253211e-
IF_FREQ	-0.019298937	0.000000000	-0.068437264	0.000000000	0.000000000	NA	0.000000e+00	0.000000000	NA	0.000000000	0.000000e+00	NA	0.065972435	0.006151800	-9.742569e-
IF_OTHERS_SPEED	0.108503069	0.0008491226	-0.015216241	0.0002709910	0.0003448976	NA	1.605212e-04	-0.0006477924	NA	-0.0006637897	4.669936e-04	NA	0.032453884	0.075573198	-1.226118e-
IF_PEDE	-0.011559221	-0.0010704935	0.034023541	-0.0003416398	-0.0004348143	NA	-2.023700e-04	0.0008166754	NA	0.0008368432	-5.887414e-04	NA	-0.019634158	-0.041125263	-4.299488e-
IF_POLICE	-0.037064007	0.0003779510	0.043660764	0.0001206202	0.0001535166	NA	7.144924e-05	-0.0002883374	NA	-0.0002954579	2.078625e-04	NA	-0.030799573	0.029758702	-1.033458e-

Εικόνα 5.4: Συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών

Η σημαντικότερη εντολή για την εφαρμογή της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης είναι η `RDATA2 <- dfidx(RDATA, shape = "wide", choice = "Choice", varying = 4:12, sep = "", idx = list(c("Choiceid", "ID")))`, `idnames = c("chid", "alt")`), με την οποία η ομάδα των δεδομένων RDATA μετατρέπεται σε κατάλληλη μορφή σε ένα άλλο αρχείο RDATA2, ώστε να είναι αναγνωρίσιμο από το στατιστικό πρόγραμμα και έτσι, να συνεχιστεί η επεξεργασία του.

Συγκεκριμένα:

- Με το `shape="wide"` μετατρέπεται το αρχικό σετ δεδομένων του RDATA από μία σειρά για κάθε σενάριο (1 row per choice situation), σε μια σειρά ανά εναλλακτική επιλογή (1 row per alternative) λαμβάνοντας τον χαρακτηρισμό TRUE ή FALSE ανάλογα την επιλογή του κάθε ερωτηθέντα. Δηλαδή, ενώ το RDATA περιλάμβανε 10 σειρές για κάθε ερωτηθέντα, το RDATA2 περιλαμβάνει 30 σειρές (τρεις επιλογές επί 10 σενάρια) για τον καθένα.
- Με το `choice="Choice"` ορίζεται η μεταβλητή (Choice) που αντιπροσωπεύει την επιλογή των ερωτηθέντων.
- Με το `varying=4:12` δηλώνεται ότι οι μεταβλητές από την τέταρτη ως την δωδέκατη στήλη αντιπροσωπεύουν τις alternative specific μεταβλητές, δηλαδή την αύξηση του χρόνου ταξιδιού, την μείωση στην κατανάλωση καυσίμου και την μείωση της πιθανότητας οδικών ατυχημάτων με τραυματισμό.
- Με το `idx = list(c("Choiceid", "Nr"))` και με το `idnames = c("chid", "alt")` μετατρέπονται σε λίστα οι τέσσερις μεταβλητές και δίνεται αντίστοιχα ονομασία στις μεταβλητές αυτές.

Ακολουθεί η σύμπτυξη ορισμένων απαντήσεων με την ανάθεση των τιμών των αρχικών απαντήσεων σε καινούργιες τιμές. Μέσα από αυτή την αλλαγή δημιουργείται καλύτερη οπτική παρουσίαση και κατανόηση των μεταβλητών από τον χρήστη. Παράδειγμα της διαδικασίας φαίνεται στην εικόνα 5.5

```

33 #Group Answers, panta me ayti tin logiki seira opos sto paradeigma, alliws yparxei provlima
34 RDATA2$EXP[RDATA2$EXP>2]<-61 #10-14 & >15
35 RDATA2$EXP[RDATA2$EXP<=2]<-62 #0-4 & 5-9
36 RDATA2$FREQ[RDATA2$FREQ>2]<-63 #1 A week & 1 A MONTH
37 RDATA2$FREQ[RDATA2$FREQ<=2]<-64 #EVERY DAY & 2-3 TIMES A WEEK
38 RDATA2$PROPERTY_ACCID[RDATA2$PROPERTY_ACCID>2]<-65 #2 & 3 & >3
39 RDATA2$PROPERTY_ACCID[RDATA2$PROPERTY_ACCID<=2]<-66 #NONE & 1
40 RDATA2$INJURY_ACCID[RDATA2$INJURY_ACCID>2]<-67 #2 & 3 & >3
41 RDATA2$INJURY_ACCID[RDATA2$INJURY_ACCID<=2]<-68 #NONE & 1
42 RDATA2$VIOLATIONS[RDATA2$VIOLATIONS>2]<-69 #3-6 & >6
43 RDATA2$VIOLATIONS[RDATA2$VIOLATIONS<=2]<-70 #NONE & <3
44 RDATA2$WORRIED[RDATA2$WORRIED>2]<-71 #ENOUGH & 2MUCH
45 RDATA2$WORRIED[RDATA2$WORRIED<=2]<-72 #NONE & ALTLBIT
46 RDATA2$STAT_INJURIES[RDATA2$STAT_INJURIES>2]<-73 #10.001-15.000 & 15.001-25.000 & >25.000
47 RDATA2$STAT_INJURIES[RDATA2$STAT_INJURIES<=2]<-74 #1.000-5.000 & 5.001-10.000
48 RDATA2$STAT_DEATHS[RDATA2$STAT_DEATHS>2]<-75 #10.001-15.000 & 15.001-25.000 & >25.000
49 RDATA2$STAT_DEATHS[RDATA2$STAT_DEATHS<=2]<-76 #1.000-5.000 & 5.001-10.000
50 RDATA2$SPEED_ROLE[RDATA2$SPEED_ROLE>2]<-77 #ENOUGH & 2MUCH
51 RDATA2$SPEED_ROLE[RDATA2$SPEED_ROLE<=2]<-78 #NONE & ALTLBIT
52 RDATA2$SVULN_PROT[RDATA2$SVULN_PROT>2]<-79 #ENOUGH & 2MUCH
53 RDATA2$SVULN_PROT[RDATA2$SVULN_PROT<=2]<-80 #NONE & ALTLBIT
54 RDATA2$IF_ROAD_TYPE[RDATA2$IF_ROAD_TYPE>2]<-81 #ENOUGH & 2MUCH
55 RDATA2$IF_ROAD_TYPE[RDATA2$IF_ROAD_TYPE<=2]<-82 #NONE & ALTLBIT
56 RDATA2$IF_TRAFFIC[RDATA2$IF_TRAFFIC>2]<-83 #ENOUGH & 2MUCH
57 RDATA2$IF_TRAFFIC[RDATA2$IF_TRAFFIC<=2]<-84 #NONE & ALTLBIT
58 RDATA2$IF_FREQ[RDATA2$IF_FREQ>2]<-85 #ENOUGH & 2MUCH
59 RDATA2$IF_FREQ[RDATA2$IF_FREQ<=2]<-86 #NONE & ALTLBIT
60 RDATA2$IF_OTHERS_SPEED[RDATA2$IF_OTHERS_SPEED>2]<-87 #ENOUGH & 2MUCH
61 RDATA2$IF_OTHERS_SPEED[RDATA2$IF_OTHERS_SPEED<=2]<-88 #NONE & ALTLBIT
62 RDATA2$IF_PEDE[RDATA2$IF_PEDE>2]<-89 #ENOUGH & 2MUCH
63 RDATA2$IF_PEDE[RDATA2$IF_PEDE<=2]<-90 #NONE & ALTLBIT
64 RDATA2$IF_POLICE[RDATA2$IF_POLICE>2]<-91 #ENOUGH & 2MUCH
65 RDATA2$IF_POLICE[RDATA2$IF_POLICE<=2]<-92 #NONE & ALTLBIT
66 RDATA2$AGE[RDATA2$AGE>2]<-93 #35-54 & >55
67 RDATA2$AGE[RDATA2$AGE<=2]<-94 #18-24 & 25-34
68 RDATA2$EDUCATION[RDATA2$EDUCATION>3]<-95 #DGR & MSC & OTHR
69 RDATA2$EDUCATION[RDATA2$EDUCATION<=3]<-96 #G & HS & ST

```

Εικόνα 5.5: Παράδειγμα αλλαγής επιπέδου αναφοράς των μεταβλητών

Οι παραπάνω γραμμές αναλύονται ως εξής:

Οτιδήποτε ακολουθεί το σύμβολο # στην ίδια γραμμή, αποτελεί σχολιασμό και δεν μεταφράζεται από το πρόγραμμα.

Ακόμα, χρησιμεύει στην παροχή πληροφοριών και στην **ομαδοποίηση των απαντήσεων** που δόθηκαν. Για παράδειγμα, στις δύο πρώτες γραμμές του παραπάνω κώδικα, ενημερώνεται ο χρήστης ότι στην ερώτηση περί οδικής εμπειρίας (EXP -> EXPIRENCENCE) η τιμή 61 περιλαμβάνει τις απαντήσεις “10-14 έτη” και “>15 έτη”, ενώ η τιμή 62 περιλαμβάνει τις απαντήσεις “0-4 έτη” και “5-9 έτη”. Ο λόγος που άρχισε η αρίθμηση από το 61 είναι γιατί αποτελεί έναν μεγάλο αριθμό ώστε να μην υπάρξει κάποια σύγχυση με άλλους αριθμούς και μεταβλητές μέσα από το πρόγραμμα, σε περίπτωση δηλαδή που ξεκινούσαμε την αρίθμηση από το 1. Επίσης, έχει παρατηρηθεί πως είναι πιο εύχρηστο με βάση το δεδομένο πρόγραμμα να αρχίσουμε την αρίθμηση με τις επιλογές γ και δ στο ερωτηματολόγιο και μετά σε αρίθμηση να

βάλουμε τις επιλογές α και β π.χ. 61-> γ και δ/ 62 -> α και β. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλες τις μεταβλητές για τις οποίες αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί ομαδοποίηση των απαντήσεων.

Ακολουθεί η ανάθεση των μεταβλητών ως προς το είδος της. Δηλαδή, αν λαμβάνει διακριτή (factor) ή συνεχή (numeric) τιμή. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία όλες τις μεταβλητές με εξαίρεση τις ίδιες τις απαντήσεις στα Σενάρια, μετατράπηκαν σε διακριτές (factor), ώστε να χρησιμοποιηθούν για τα μοντέλα στην πολυωνυμική και στην διωνυμική παλινδρόμηση.

```
78 #Include factor variables after converting them #### edo tha deis poies metavlites soy prepei na metatrepseis se factor
79 RDATA2$S2 = as.factor(RDATA2$S2)
80 RDATA2$S1 = as.factor(RDATA2$S1)
81 RDATA2$EXP = as.factor(RDATA2$EXP)
82 RDATA2$MEANS_TYPE = as.factor(RDATA2$MEANS_TYPE)
83 RDATA2$FREQ = as.factor(RDATA2$FREQ)
84 RDATA2$PROPERTY_ACCID = as.factor(RDATA2$PROPERTY_ACCID)
85 RDATA2$INJURY_ACCID = as.factor(RDATA2$INJURY_ACCID)
86 RDATA2$VIOLATIONS = as.factor(RDATA2$VIOLATIONS)
87 RDATA2$WORRIED = as.factor(RDATA2$WORRIED)
88 RDATA2$STAT_INJURIES = as.factor(RDATA2$STAT_INJURIES)
89 RDATA2$STAT_DEATHS = as.factor(RDATA2$STAT_DEATHS)
90 RDATA2$SPEED_ROLE = as.factor(RDATA2$SPEED_ROLE)
91 RDATA2$VULN_PROT = as.factor(RDATA2$VULN_PROT)
92 RDATA2$IF_ROAD_TYPE = as.factor(RDATA2$IF_ROAD_TYPE)
93 RDATA2$IF_TRAFFIC = as.factor(RDATA2$IF_TRAFFIC)
94 RDATA2$IF_FREQ = as.factor(RDATA2$IF_FREQ)
95 RDATA2$IF_OTHERS_SPEED = as.factor(RDATA2$IF_OTHERS_SPEED)
96 RDATA2$IF_PEDE = as.factor(RDATA2$IF_PEDE)
97 RDATA2$IF_POLICE = as.factor(RDATA2$IF_POLICE)
98 RDATA2$GENDER = as.factor(RDATA2$GENDER)
99 RDATA2$AGE = as.factor(RDATA2$AGE)
100 RDATA2$RLTNSHIP = as.factor(RDATA2$RLTNSHIP)
101 RDATA2$INCOME = as.factor(RDATA2$INCOME)
102 RDATA2$EDUCATION = as.factor(RDATA2$EDUCATION)
103 RDATA2$PROF = as.factor(RDATA2$PROF)
104 RDATA2$CITY = as.factor(RDATA2$CITY)
```

Εικόνα 5.6: Δήλωση των διακριτών μεταβλητών του αρχείου RDATA2

Μετά από αυτή τη διαδικασία συντάσσεται το τελικό μοντέλο **MLR2** με το πακέτο mlogit ως εξής:

```
MLR2 <- mlogit (Choice ~ Time + Fuel + Accident | EXP + MEANS_TYPE + SPEED_ROLE + IF_PEDE + GENDER
+ INCOME + EDUCATION, reflevel = "3", data = RDATA2)
```

Πιο αναλυτικά:

- Η **εξαρτημένη μεταβλητή Choice** υπολογίζεται συναρτήσει των μεταβλητών του χρόνου ταξιδιού, της μείωσης κατανάλωσης καυσίμου και της μείωσης πιθανότητας οδικών ατυχημάτων, οι οποίες λαμβάνουν διαφορετικές τιμές ανάλογα με την εναλλακτική επιλογή του ερωτηματολογίου.
- Επιπλέον η Choice επηρεάζεται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές EXP + MEANS_TYPE + SPEED_ROLE + IF_PEDE + GENDER + INCOME + EDUCATION, οι τιμές των οποίων παραμένουν σταθερές ανεξάρτητα της εναλλακτικής επιλογής. Ο συνδυασμός αυτών των παραμέτρων επετεύχθη μετά από πολλές (σχεδόν όλες τις δυνατές) δοκιμές.

Όπου:

1. EXP: ΟΔΗΓΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ
 2. MEANS_TYPE: ΚΥΡΙΟ ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ ΑΠΟ ΚΑΙ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ
 3. SPEED_ROLE: ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ
 4. IF_PEDE: ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΠΕΖΩΝ ΚΑΙ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ: παράγοντας για να επιλογή της ταχύτητας οδήγησής
 5. GENDER: ΦΥΛΟ
 6. INCOME: ΕΤΗΣΙΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ
EDUCATION: ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
- Τέλος, το reflevel = '3', αναφέρεται στο επίπεδο αναφοράς με βάση το οποίο γίνονται όλες οι συγκρίσεις, δηλαδή με βάση την 3^η εναλλακτική. Η 3^η εναλλακτική αντιστοιχεί στην σημερινή κατάσταση (Καμία αλλαγή). Η επιλογή αυτή είναι λογική καθώς θεωρήθηκε πως τα συμπεράσματα πρέπει να βγουν για τις προτιμήσεις των δύο εναλλακτικών λύσεων που προτείνουμε, με άξονα αναφοράς την υπάρχουσα κατάσταση των ορίων ταχύτητας.

5.2.3 Συναρτήσεις χρησιμότητας

Από το MLR2 που εξετάστηκε παραπάνω προκύπτουν οι **δύο συναρτήσεις χρησιμότητας** για την πρώτη επιλογή: μείωση ορίου ταχύτητας στα υπεραστικά οδικά τμήματα από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα και καμία μείωση στους ισόπεδους κόμβους και δεύτερη επιλογή: μείωση ορίου ταχύτητας στα υπεραστικά οδικά τμήματα από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα και μείωση από 60 χλμ./ώρα σε 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους. Οι συντελεστές αυτών των συναρτήσεων εμφανίζονται στο R-Studio με την εντολή `summary(MLR2)`, της οποίας το αποτέλεσμα απεικονίζεται στην επόμενη σελίδα.

Συγκεκριμένα, απεικονίζονται οι σταθερές τιμές των δύο συναρτήσεων, καθώς και οι συντελεστές των μεταβλητών για κάθε συνάρτηση που επιλέχθηκαν για το μοντέλο. Όπως είναι εύκολα κατανοητό, η διαδικασία επιλογής των μεταβλητών περιλάμβανε διεξοδικές δοκιμές με ένα μεγάλο εύρος μεταβλητών, των οποίων η σημαντικότητα κρινόταν με βάση την τιμή $Pr(>|t|)$. Έτσι, η τιμή μιας μεταβλητής έπρεπε να είναι σε απόλυτη τιμή μικρότερη του 0.05, ώστε να θεωρηθεί σημαντική για το μοντέλο και συνολικά οι μισές τουλάχιστον σημαντικές για μία συγκεκριμένη μεταβλητή. Λόγου χάριν, για να είναι σημαντική η μεταβλητή MEANS_TYPE που εμφανίζεται 8 φορές στα αποτελέσματα, είναι σημαντική 5 στις 8 φορές άρα συνολικά σημαντική μεταβλητή.

Ως εκ τούτου, οι τελικές συναρτήσεις και οι μεταβλητές που συμπεριληφθήκαν στο μοντέλο προέκυψαν μετά από πολλές δοκιμές (σχεδόν όλους του δυνατούς συνδυασμούς), ώστε να βρεθεί ένας ικανοποιητικός συνδυασμός μεταβλητών.

Η μορφή του τελικού μοντέλου στο R-Studio παρουσιάζεται παρακάτω:

```
Call:
mlogit(formula = Choice ~ Time + Fuel + Accident | EXP + MEANS_TYPE +
        SPEED_ROLE + IF_PEDE + GENDER + INCOME + EDUCATION, data = RDATA2,
        reflevel = "3", method = "nr")
```

```
Coefficients :
              Estimate Std. Error z-value Pr(>|z|)
(Intercept):1  0.3789809  0.1300397  2.9143 0.0035643 **
(Intercept):2  0.2249384  0.1609859  1.3973 0.1623370
Time          -0.0377266  0.0043565 -8.6598 < 2.2e-16 ***
Fuel           0.0083520  0.0028823  2.8977 0.0037592 **
Accident       0.0267274  0.0026820  9.9653 < 2.2e-16 ***
EXP62:1       -0.0770335  0.0934186 -0.8246 0.4095958
EXP62:2       -0.3412999  0.0978029 -3.4897 0.0004836 ***
MEANS_TYPE2:1 -0.3445338  0.1327744 -2.5949 0.0094623 **
MEANS_TYPE2:2 -0.4420089  0.1433100 -3.0843 0.0020404 **
MEANS_TYPE3:1  1.4910434  1.0649412  1.4001 0.1614780
MEANS_TYPE3:2  2.0863305  1.0518356  1.9835 0.0473101 *
MEANS_TYPE4:1  0.6872056  0.1158409  5.9323 2.987e-09 ***
MEANS_TYPE4:2  0.7289945  0.1214592  6.0020 1.949e-09 ***
MEANS_TYPE5:1  0.1440057  0.1884330  0.7642 0.4447318
MEANS_TYPE5:2 -0.1771540  0.2092735 -0.8465 0.3972631
SPEED_ROLE78:1 -1.3851966  0.1950861 -7.1004 1.244e-12 ***
SPEED_ROLE78:2 -1.2013540  0.2024895 -5.9329 2.976e-09 ***
IF_PEDE90:1    0.8043192  0.1696036  4.7423 2.113e-06 ***
IF_PEDE90:2    1.0903368  0.1725893  6.3175 2.658e-10 ***
GENDER1:1      0.4885030  0.0865026  5.6473 1.630e-08 ***
GENDER1:2      0.5610117  0.0913040  6.1444 8.025e-10 ***
INCOME2:1      -0.4287165  0.0970062 -4.4195 9.894e-06 ***
INCOME2:2      -0.3267770  0.1026732 -3.1827 0.0014591 **
INCOME3:1      -0.0719189  0.1191785 -0.6035 0.5462058
INCOME3:2      -0.0922981  0.1265015 -0.7296 0.4656224
EDUCATION96:1  0.2243154  0.0911709  2.4604 0.0138789 *
EDUCATION96:2  0.1604182  0.0969488  1.6547 0.0979917 .
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Log-Likelihood: -4171.7
McFadden R^2:  0.047563
Likelihood ratio test : chisq = 416.65 (p.value = < 2.22e-16)
```

Με βάση τα παραπάνω, οι τελικές συναρτήσεις χρησιμότητας U_1 και U_2 για την 1^η Εναλλακτική και 2^η Εναλλακτική αντίστοιχα, με επίπεδο αναφοράς την σημερινή κατάσταση (καμία αλλαγή) είναι οι εξής:

1. Συνάρτηση επιλογής, μείωσης ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 60 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους (καμία μεταβολή)

$$U_1 = 0,379 - 0,038 * \text{Time} + 0,008 * \text{Fuel} + 0,027 * \text{Accident} - 0,345 * \text{MEANS_TYPE2} + 0,687 * \text{MEANS_TYPE4} - 1,385 * \text{SPEED_ROLE} + 0,804 * \text{IF_PEDE} + 0,489 * \text{GENDER} - 0,429 * \text{INCOME2} + 0,224 * \text{EDUCATION}$$

Και η πιθανότητα επιλογής της 1^{ης} εναλλακτικής ορίζεται:

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

Αναλυτικά:

- Ο όρος 0,379 αποτελεί τον **σταθερό όρο** της συνάρτησης.
- **Time**, η μεταβλητή της αύξησης του χρόνου ταξιδιού.
- **Fuel**, η μεταβλητή της μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου.
- **Accident**, η μεταβλητή της μείωσης πιθανότητας ατυχήματος με τραυματισμό
- **EXP**, η επιλογή “0-4 έτη & 5-9 έτη” στην ερώτηση “Α1. Ποια είναι η οδηγική σας εμπειρία;”.
- **MEANS_TYPE2,4** οι επιλογές “Δίκυκλο” και “MMM” στην ερώτηση “Α2. Ποιο είναι το κύριο μέσο μετακίνησής σας από και προς την εργασία σας;”
- **SPEED_ROLE**, οι επιλογές “Καθόλου” και “Λίγο” αντίστοιχα στην ερώτηση “Β4. Πόσο σημαντικός πιστεύετε ότι είναι ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση των ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους;”.
- **IF_PEDE**, οι επιλογές “Καθόλου” και “Λίγο” στην ερώτηση “Β.6 Πόσο σημαντικοί είναι οι παρακάτω παράγοντες για να επιλέξετε την ταχύτητα οδήγησής σας / Η παρουσία πεζών και ποδηλάτων;”.
- **GENDER**, η επιλογή “Ανδρας” στην ερώτηση “Δ1. Φύλο:”
- **INCOME2**, οι επιλογές “10.000€ έως 25.000€” στην ερώτηση “Δ4. Ετήσιο Οικογενειακό Εισόδημα”.
- **EDUCATION**, οι επιλογές “Γυμνάσιο” και “Λύκειο” “Φοιτητής” στην ερώτηση “Δ5. Μορφωτικό Επίπεδο”.

2. Συνάρτηση επιλογής, μείωσης ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και από 60 χλμ./ώρα σε 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους

$$U_2 = 0,225 - 0,038 * \text{Time} + 0,008 * \text{Fuel} + 0,027 * \text{Accident} - 0,341 * \text{EXP} - 0,442 * \text{MEANS_TYPE2} + 2,086 * \text{MEANS_TYPE3} + 0,729 * \text{MEANS_TYPE4} - 1,201 * \text{SPEED_ROLE} + 1,090 * \text{IF_PEDE} + 0,561 * \text{GENDER} - 0,327 * \text{INCOME2}$$

Και η πιθανότητα επιλογής της 2^{ης} εναλλακτικής ορίζεται:

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

Αναλυτικά:

- Ο όρος 0,225 αποτελεί τον **σταθερό όρο** της συνάρτησης.
- **Time**, η μεταβλητή της αύξησης του χρόνου ταξιδιού.
- **Fuel**, η μεταβλητή της μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου.
- **Accident**, η μεταβλητή της μείωσης πιθανότητας ατυχήματος με τραυματισμό
- **EXP**, η επιλογή “0-4 έτη & 5-9 έτη” στην ερώτηση “Α1. Ποια είναι η οδηγική σας εμπειρία;”.
- **MEANS_TYPE2,3,4** οι επιλογές “Δίκυκλο”, “Ταξί” και “MMM” στην ερώτηση “Α2. Ποιο είναι το κύριο μέσο μετακίνησής σας από και προς την εργασία σας;”
- **SPEED_ROLE**, οι επιλογές “Καθόλου” και “Λίγο” αντίστοιχα στην ερώτηση “Β4. Πόσο σημαντικός πιστεύετε ότι είναι ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση των ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους;”.
- **IF_PEDE**, οι επιλογές “Καθόλου” και “Λίγο” στην ερώτηση “Β.6 Πόσο σημαντικοί είναι οι παρακάτω παράγοντες για να επιλέξετε την ταχύτητα οδήγησής σας / Η παρουσία πεζών και ποδηλάτων;”.
- **GENDER**, η επιλογή “Ανδρας” στην ερώτηση “Δ1. Φύλο:”
- **INCOME2**, οι επιλογές “10.000€ έως 25.000€” στην ερώτηση “Δ4. Ετήσιο Οικογενειακό Εισόδημα”.

5.2.4 Στατιστικός Έλεγχος Μοντέλου

Απολύτως απαραίτητος για την αποδοχή του μοντέλου και των συναρτήσεων χρησιμότητας είναι ο στατιστικός έλεγχος του μοντέλου, ο οποίος πραγματοποιείται αυτόματα στο R-Studio κατά την εξαγωγή των μαθηματικών μοντέλων.

Τα δεδομένα αυτά έχουν συγκεντρωθεί στον πίνακα της επόμενης σελίδας συγκεντρωτικά για κάθε συνάρτηση που αναπτύχθηκε παραπάνω.

Πίνακας 5.1: Στατιστικός έλεγχος των μεταβλητών του μοντέλου πολυωνυμικής παλινδρόμησης.

Μεταβλητές	Συντελεστές	p-value	Odds Ratio	Σημαντικότητα
στ.όρος:1	0,379	<0.01	1,461	0.01
στ.όρος:2	0,225	0.162	1,252	Μη σημαντικό
Time	-0,038	<0.01	0,963	0.001
Fuel	0,008	<0.01	1,008	0.01
Accident	0,027	<0.01	1,027	0.001
EXP62:1	-0,077	0.41	0,926	Μη σημαντικό
EXP62:2	-0,341	<0.01	0,711	0.001
MEANS_TYPE2:1	-0,345	<0.01	0,708	0.01
MEANS_TYPE2:2	-0,442	<0.01	0,643	0.01
MEANS_TYPE3:1	1,491	0.161	4,442	Μη σημαντικό
MEANS_TYPE3:2	2,086	0.047	8,053	0.05
MEANS_TYPE4:1	0,687	<0.01	1,988	0.001
MEANS_TYPE4:2	0,729	<0.01	2,073	0.001
MEANS_TYPE5:1	0,144	0.444	1,155	Μη σημαντικό
MEANS_TYPE5:2	-0,177	0.397	0,838	Μη σημαντικό
SPEED_ROLE78:1	-1,385	<0.01	0,250	0.001
SPEED_ROLE78:2	-1,201	<0.01	0,301	0.001

IF_PEDE90:1	0,804	<0.01	2,234	0.001
IF_PEDE90:2	1,09	<0.01	2,974	0.001
GENDER1:1	0,486	<0.01	1,626	0.001
GENDER1:2	0,561	<0.01	1,752	0.001
INCOME2:1	-0,429	<0.01	0,651	0.001
INCOME2:2	-0,429	<0.01	0,651	0.01
INCOME3:1	-0,327	0.546	0,721	Μη σημαντικό
INCOME3:2	-0,009	0.466	0,991	Μη σημαντικό
EDUCATION96:1	0,224	0.014	1,251	0.05
EDUCATION96:2	0,16	0.098	1,174	0.1

Αναλυτικότερα:

“Μεταβλητές”, το όνομα των μεταβλητών που έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο. Οι αριθμοί 1 και 2 στο τέλος του ονόματος αντιπροσωπεύουν τις συναρτήσεις χρησιμότητας 1 και 2 αντίστοιχα, στις οποίες αναφέρονται οι μεταβλητές. Οι μεταβλητές Time, Fuel, Accident δεν έχουν αυτόν τον αριθμό μπροστά αφού είναι κοινές και για τις δύο συναρτήσεις.

“Συντελεστές”, η αριθμητική τιμή των συντελεστών για κάθε μεταβλητή.

“P-Value”, η τιμή του P-Value με βάση την οποία κρίνεται η σημαντικότητα κάθε μεταβλητής στο μοντέλο. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία υιοθετήθηκε **επίπεδο σημαντικότητας 0.05 για διάστημα εμπιστοσύνης 95 τοις εκατό**. Ως εκ τούτου, οποιαδήποτε τιμή του P-Value μικρότερη ή ίση του 0.05 γίνεται αποδεκτή για το μοντέλο.

“Odds Ratio”, μαθηματικά ορίζεται ως $\exp(\text{Συντελεστές})$, δηλαδή την εκθετική συνάρτηση $\exp(\dots)$ και μέσα στην παρένθεση βάζουμε την στήλη του παραπάνω πίνακα: Συντελεστές. Ερμηνεύεται ως πόσες φορές πιο πιθανόν είναι να επιλεγεί η εκάστοτε εναλλακτική επιλογή σε σχέση με την επιλογή αναφοράς με βάση τη συγκεκριμένη μεταβλητή.

Αναλυτικότερα, η ερμηνεία του Odds Ratio έχει δοθεί στο Κεφάλαιο 3.3

“Σημαντικότητα”, το επίπεδο σημαντικότητας με βάση την τιμή του **P-Value**. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία χρησιμοποιήθηκε επίπεδο σημαντικότητας 0.05 για διάστημα εμπιστοσύνης 95 τοις εκατό. Μικρότερη τιμή από την 0.05 σημαίνει μεγαλύτερο επίπεδο σημαντικότητας και έτσι, αποδεκτή τιμή της μεταβλητής.

Οι **συντελεστές** των μεταβλητών ακολουθούν μια λογική ερμηνεία, ικανοποιώντας και αυτό το κριτήριο, όπως είχε αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3.6.

Όσον αφορά στον **έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών**, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3.4, ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα R-Studio με την εντολή `cor(RDATA2)` αφού είχε προηγηθεί η μετατροπή όλων των μεταβλητών σε αριθμούς. Τα ζευγάρια των μεταβλητών MEANS_TYPE & FREQ, EXP & AGE & RLTNSHIP και STAT_INJURIES & STAT_DEATHS παρουσίασαν συσχέτιση μεταξύ τους άνω του 0.5 και συνεπώς δεν χρησιμοποιήθηκαν ταυτόχρονα σε κανένα μοντέλο. Το μοντέλο αυτό αναπτύχθηκε στο R-Studio. Το Pseudo R-Square (McFadden R^2) αντιμετωπίζεται ως δείκτης αξιολόγησης της ποιότητας του προτύπου, παρόμοιο με το πώς αντιμετωπίζεται το R^2 στην τυπική πολλαπλή παλινδρόμηση. Ωστόσο, αυτοί οι τύποι μετρήσεων δεν αντιπροσωπεύουν το ποσό της διακύμανσης στη μεταβλητή αποτελέσματος που λαμβάνεται υπόψη από τις μεταβλητές πρόβλεψης. Οι υψηλότερες τιμές δείχνουν καλύτερη προσαρμογή, αλλά θα πρέπει να ερμηνεύονται με προσοχή. Το **τεστ χ^2 Αναλογίας Πιθανότητας**, είναι εναλλακτικό τεστ καλής προσαρμογής. Ωστόσο, όπως συμβαίνει με τις περισσότερες δοκιμές που βασίζονται στο chi-square, είναι επιρρεπές σε πληθωρισμό καθώς αυξάνεται το μέγεθος του δείγματος. Εδώ, βλέπουμε ότι η προσαρμογή του μοντέλου είναι σημαντική $\chi^2 = 416.65$, $p < 0,05$, που

δείχνει ότι το πλήρες μοντέλο μας προβλέπει σημαντικά καλύτερα ή ακριβέστερα από το μηδενικό μοντέλο. Για να είμαστε σαφείς, επιθυμούμε η τιμή p να είναι μικρότερη από την καθορισμένη (γενικά $p=0,05$) για να υποδηλώνει καλή προσαρμογή (Jon Starkweather & Amanda Kay Moske, 2011).

5.2.5 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων Πολυωνυμικού Μοντέλου

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρατίθεται η ερμηνεία της συνάρτησης χρησιμότητας που παρουσιάστηκε παραπάνω.

Αρχικά, η **συνάρτηση χρησιμότητας U1**, η οποία εκφράζει τη συνάρτηση για μείωση ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 60 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους (καμία μεταβολή) ορίζεται ως εξής:

$$U1 = 0,379 - 0,038 * \text{Time} + 0,008 * \text{Fuel} + 0,027 * \text{Accident} - 0,345 * \text{MEANS_TYPE2} + 0,687 * \text{MEANS_TYPE4} - 1,385 * \text{SPEED_ROLE} + 0,804 * \text{IF_PEDE} + 0,489 * \text{GENDER} - 0,429 * \text{INCOME2} + 0,224 * \text{EDUCATION}$$

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται **10 μεταβλητές και 1 σταθερά**, όπως αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5.2.3.

Από τη συνάρτηση **U1 συμπεραίνει** κανείς με τη βοήθεια και των **Odds Ratio του πίνακα 5.1** τα εξής:

- Αύξηση στην αύξηση του χρόνου ταξιδιού (**Time**) κατά μία μονάδα, οδηγεί σε **μείωση της πιθανότητας επιλογής** μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο κατά 0,96 φορές ή **κατά 4%**.
- Αύξηση στη μείωση του ποσοστού (Π%) της κατανάλωσης καυσίμου (**Fuel**) κατά μία μονάδα, οδηγεί σε **αύξηση της πιθανότητας επιλογής** μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο **κατά 100%**
- Αύξηση στη μείωση του ποσοστού (Π%) πιθανότητας οδικών ατυχημάτων με τραυματισμό (**Accident**) κατά μία μονάδα, οδηγεί σε **αύξηση της πιθανότητας επιλογής** μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο **κατά 103%**
- Οι ερωτώμενοι με κύριο μέσο μετακίνησης το Δίκυκλο ήταν κατά 0,71 φορές ή **κατά 29% λιγότερο πιθανό να επιλέξουν** μείωση ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, με **2 φορές περισσότερο πιθανό να επιλέξουν** αυτοί που χρησιμοποιούν ΜΜΜ. Παρατηρείται πως αυτοί που χρησιμοποιούν ΜΜΜ ως κύριο μέσο μετακίνησης τους αντιδρούν κατά κύριο λόγο πιο πρόθυμα σε μία επερχόμενη μείωση του ορίου ταχύτητας καθώς αντιλαμβάνονται τα οφέλη της οδικής ασφάλειας ενώ ο οδηγός αυτοκινήτου σκέφτεται πιθανώς πως με μειωμένο όριο ταχύτητας θα αυξάνεται ο χρόνος ταξιδιού.
- Οι ερωτώμενοι που απάντησαν “Καθόλου” και “Λίγο” στην ερώτηση “ Πόσο σημαντικός πιστεύετε ότι είναι ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση των ατυχημάτων”, ήταν κατά 0,25 φορές ή **κατά 75% λιγότερο πιθανό να επιλέξουν** την μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο κάτι που φαίνεται λογικό καθώς, δεν θεωρούν σημαντικό τον ρόλο της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων.
- Οι ερωτώμενοι που απάντησαν “Καθόλου” και “Λίγο” στην ερώτηση “Πόσο σημαντική είναι η παρουσία πεζών και ποδηλάτων για να επιλέξετε την ταχύτητα οδήγησής σας;”, ήταν **κατά 2,2 φορές περισσότερο πιθανό να επιλέξουν** θετικά στη μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Το αποτέλεσμα αυτό δικαιολογείται, καθώς θα περίμενε κανείς ότι η ευαισθητοποίηση προς τους ευάλωτους χρήστες θα υπάρχει κυρίως από οδηγούς που σέβονται έτσι και αλλιώς τα όρια ταχύτητας και οδηγούν σύμφωνα με αυτά. Επομένως, η παρουσία ή όχι

πεζών δεν τους επηρεάζει την ταχύτητα τους αφού εκ των προτέρων οδηγούν με χαμηλή ταχύτητα.

- Οι ερωτώμενες γυναίκες ήταν **1,75 φορές περισσότερες πιθανότητες να είναι θετικές** στη μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο σε σχέση με τους άνδρες, οι οποίοι στην πλειοψηφία τους τείνουν να οδηγούν πιο επικίνδυνα και είναι διατεθειμένοι να αναλάβουν υψηλότερα ρίσκα στην οδήγησή τους επομένως μια επερχόμενη μείωση ορίου ταχύτητας θα τους περιορίζε και δεν θα ήταν θεμιτή γι' αυτούς.
- Οι ερωτώμενοι με "10.000€ έως 25.000€" ετήσιο οικογενειακό εισόδημα, είχαν 0,65 φορές ή **35% λιγότερες πιθανότητες να στηρίξουν θετικά** την μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, καθώς μέσα στην μέρα θα ήθελαν να κινούνται πιο γρήγορα για να φτάσουν στον προορισμό-εργασία τους.
- Τέλος οι ερωτώμενοι με χαμηλότερο μορφωτικό επίπεδο που αντιπροσωπεύει και τον μικρότερο πληθυσμό σε ηλικία, φαίνεται πως **ανταποκρίνονται πιο θετικά** στη μείωση του ορίου ταχύτητας μόνο στα οδικά τμήματα του υπεραστικού οδικού δικτύου της Ελλάδας, συμπεριφορά που γίνεται κατανοητή καθώς οι μεγαλύτερης ηλικίας είναι πιθανό να αντιστέκονται περισσότερο σε αλλαγές και στον τρόπο που ξέρουν και έχουν μάθει να μετακινούνται.

Επιπλέον, η **συνάρτηση χρησιμότητας U2**, η οποία εκφράζει τη συνάρτηση για μείωση ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και από 60 χλμ./ώρα σε 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους.

$$U2 = 0,225 - 0,038 * \text{Time} + 0,008 * \text{Fuel} + 0,027 * \text{Accident} - 0,341 * \text{EXP} - 0,442 * \text{MEANS_TYPE2} + 2,086 * \text{MEANS_TYPE3} + 0,729 * \text{MEANS_TYPE4} - 1,201 * \text{SPEED_ROLE} + 1,090 * \text{IF_PEDE} + 0,561 * \text{GENDER} - 0,327 * \text{INCOME2}$$

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται **11 μεταβλητές και 1 σταθερά**, όπως αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5.2.3.

Ομοίως από τη συνάρτηση **U2 συμπεραίνει** κανείς με τη βοήθεια και των **Odds Ratio του πίνακα 5.1** τα εξής:

- Αύξηση στην αύξηση του χρόνου ταξιδιού (**Time**) κατά μία μονάδα, οδηγεί σε **μείωση της πιθανότητας επιλογής** μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο κατά 0,96 φορές ή **κατά 4%**.
- Αύξηση στη μείωση του ποσοστού (Π%) της κατανάλωσης καυσίμου (**Fuel**) κατά μία μονάδα, οδηγεί σε **αύξηση της πιθανότητας επιλογής** μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο **κατά 100%**
- Αύξηση στη μείωση του ποσοστού (Π%) πιθανότητας οδικών ατυχημάτων με τραυματισμό (**Accident**) κατά μία μονάδα, οδηγεί σε **αύξηση της πιθανότητας επιλογής** μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο **κατά 103%**
- Οι ερωτώμενοι με "0-4 έτη & 5-9 έτη" οδηγικής εμπειρίας είχαν κατά 0,71 φορές ή **κατά 29% λιγότερες πιθανότητες να επιλέξουν** μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, συγκριτικά με αυτούς με μεγαλύτερη οδηγική εμπειρία, το οποίο μπορεί να είναι λογικό καθώς οι πιο έμπειροι οδηγοί φαίνεται να έχουν κατανοήσει καλύτερα την σημασία της ταχύτητας στην οδική ασφάλεια και επιπλέον οι νέοι οδηγοί έχουν μεγαλύτερη διάθεση να οδηγούν με υψηλές ταχύτητες.
- Οι ερωτώμενοι με κύριο μέσο μετακίνησης το Δίκυκλο ήταν κατά 0,64 φορές ή **κατά 36% λιγότερο πιθανό να επιλέξουν** μείωση ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, σε αντίθεση με αυτούς που χρησιμοποιούν ως κύριο μέσο μετακίνησης Ταξί και ΜΜΜ όπου ήταν κατά **8,1 φορές και 2,1 φορές αντίστοιχα πιο πιθανό να επιλέξουν** την μείωση σε 80 χλμ./ώρα από 90 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Παρατηρείται πως αυτοί που χρησιμοποιούν ΜΜΜ ως κύριο μέσο

μετακίνησης αντιδρούν κατά κύριο λόγο πιο θετικά σε μία επερχόμενη μείωση του ορίου ταχύτητας καθώς αντιλαμβάνονται τα οφέλη της οδικής ασφάλειας ενώ ο οδηγός αυτοκινήτου σκέφτεται πιθανόν πως με μειωμένο όριο ταχύτητας θα αυξάνεται ο χρόνος που θα διανύει μία διαδρομή.

- Οι ερωτώμενοι που απάντησαν “Καθόλου” και “Λίγο” στην ερώτηση “ Πόσο σημαντικός πιστεύετε ότι είναι ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση των ατυχημάτων”, ήταν κατά 0,3 φορές ή **κατά 70% λιγότερο πιθανό να επιλέξουν** την μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο κάτι που πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι δεν θεωρούν σημαντικό τον ρόλο της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων.
- Οι ερωτώμενοι που απάντησαν “Καθόλου” και “Λίγο” στην ερώτηση “Πόσο σημαντική είναι η παρουσία πεζών και ποδηλάτων για να επιλέξετε την ταχύτητα οδήγησής σας;”, ήταν **κατά 3 φορές περισσότερο πιθανό να επιλέξουν θετικά** την μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Το αποτέλεσμα αυτό δικαιολογείται, καθώς θα περίμενε κανείς ότι η ευαισθητοποίηση προς τους ευάλωτους χρήστες θα παρατηρείται κυρίως από οδηγούς που σέβονται έτσι και αλλιώς τα όρια ταχύτητας και οδηγούν σύμφωνα με αυτά. Επομένως, η παρουσία ή όχι πεζών δεν τους επηρεάζει στην ταχύτητα οδήγησής τους αφού εκ των προτέρων οδηγούν με χαμηλή ταχύτητα.
- Οι ερωτώμενες γυναίκες ήταν **1,75 φορές περισσότερες πιθανότητες να είναι υπέρ** στη μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο σε σχέση με τους άνδρες, οι οποίοι στην πλειοψηφία τους τείνουν να οδηγούν πιο επικίνδυνα και είναι διατεθειμένοι να αναλάβουν υψηλότερα ρίσκα στην οδήγησή τους επομένως μια επερχόμενη μείωση ορίου ταχύτητας θα τους περιορίζε και δεν θα ήταν θεμιτή γι’ αυτούς.
- Οι ερωτώμενοι με “10.000€ έως 25.000€” ετήσιο οικογενειακό εισόδημα, είχαν 0,65 φορές ή **κατά 35% λιγότερες πιθανότητες να στηρίξουν θετικά** την μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, καθώς μέσα στην μέρα θα ήθελαν να κινούνται πιο γρήγορα για να φτάσουν στον προορισμό-εργασία τους, εάν και η συγκεκριμένη ερώτηση δεν αφορά τόσο τους Αθηναίους που κινούνται μέσα στο αστικό δίκτυο της πόλης για να μετακινηθούν προς και από την εργασία τους, που αποτελούσε και το μεγαλύτερο ποσοστό που απάντησαν το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο.

5.2.6 Ανάλυση Ευαισθησίας

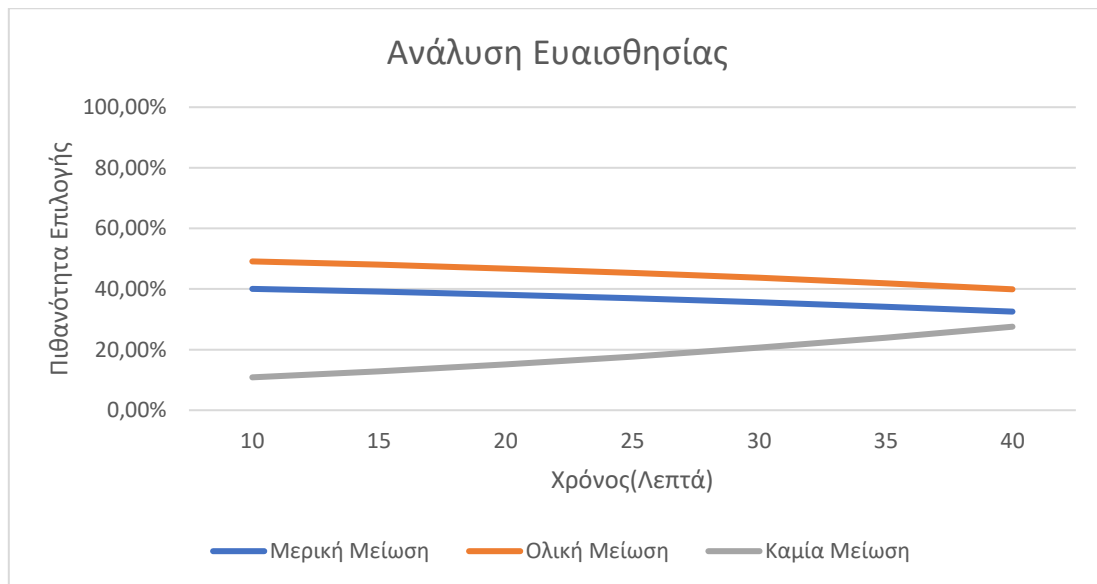
Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένα **διαγράμματα ευαισθησίας** που δημιουργήθηκαν με σκοπό την ευχέρεια στην κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην επιλογή, **1^η εναλλακτική**: μείωση ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 60 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους και **2^η εναλλακτική**: μείωση ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και από 60 χλμ./ώρα σε 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους.

Για την κατασκευή των διαγραμμάτων πιθανοτήτων χρησιμοποιήθηκαν κοινές τιμές στην συνεχή μεταβλητή του χρόνου(Λεπτά), ανάλογες με τις τιμές που παρουσιάστηκαν στο ερωτηματολόγιο.

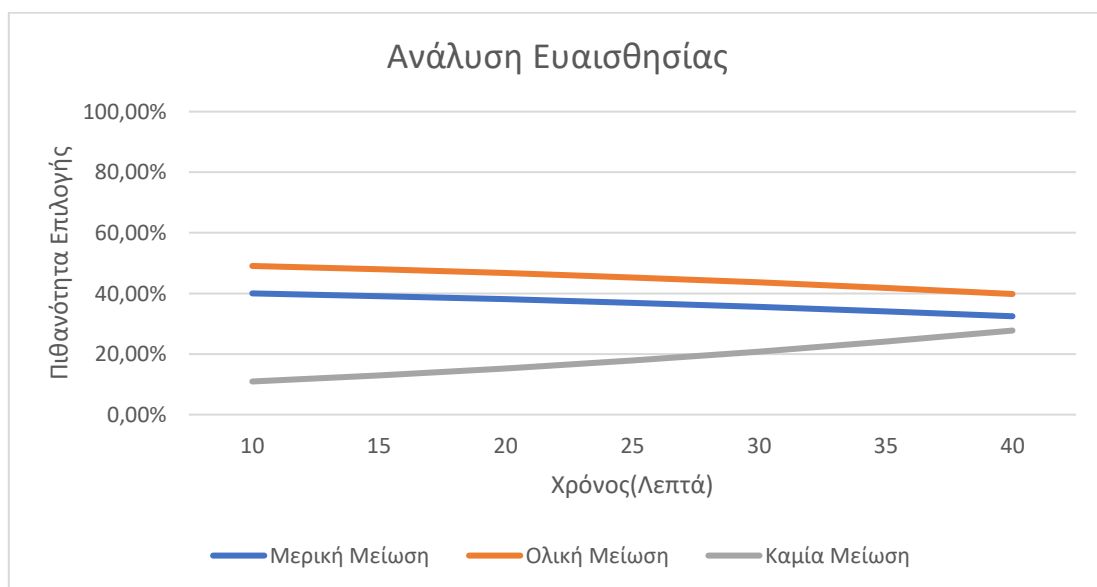
Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η παρούσα έρευνα βασίστηκε στη **μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης** και σε υποθετικά σενάρια πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα ενδεχομένως να διαφέρουν σε περίπτωση που η έρευνα διεξαχθεί με κάποια άλλη μεθοδολογία ή εάν αλλάξουν τα δεδομένα.

Να σημειωθεί ότι τα διαγράμματα ευαισθησίας κατασκευάζονται μόνο για το Πολυωνυμικό Μοντέλο.

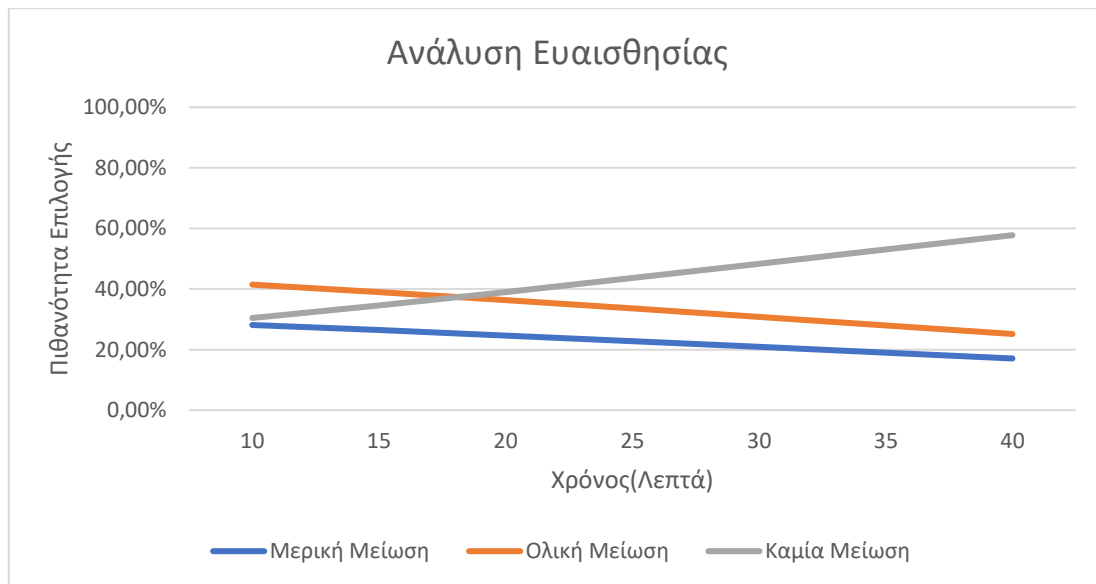
Τα **διαγράμματα ανάλυσης ευαισθησίας** παρουσιάζονται στις επόμενες σελίδες:



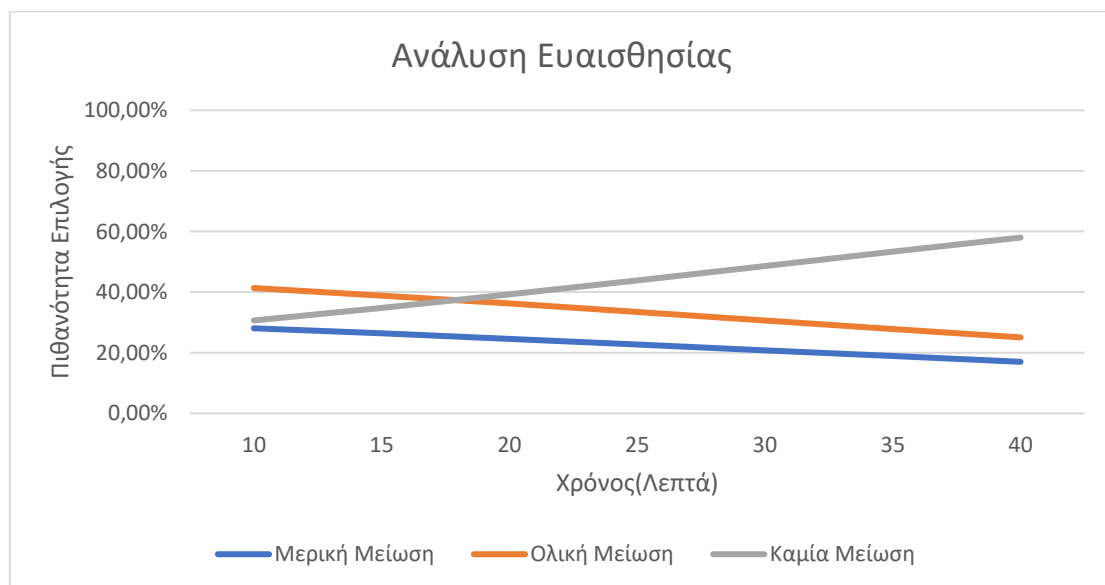
Διάγραμμα 5.1: : Μεταβολή πιθανότητας επιλογής Σεναρίου με το χρόνο, για χαμηλή μείωση κατανάλωσης καυσίμου, υψηλή μείωση πιθανότητας ατυχήματος με τραυματισμό, για γυναίκες οδηγούς που επηρεάζονται λίγο ή καθόλου από την παρουσία πεζών για την επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους.



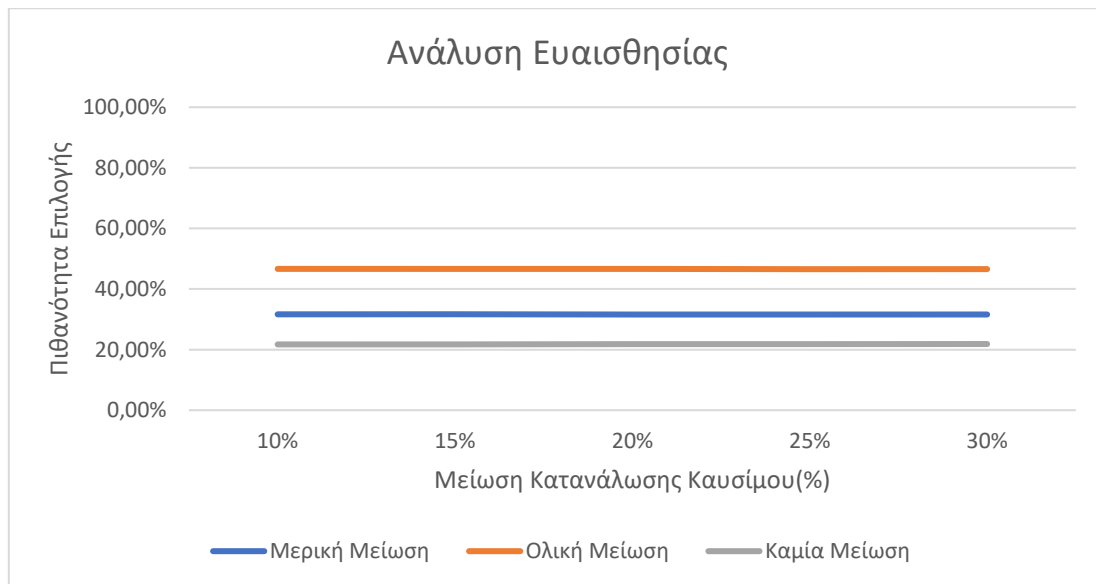
Διάγραμμα 5.2: : Μεταβολή πιθανότητας επιλογής Σεναρίου με το χρόνο, για υψηλή μείωση κατανάλωσης καυσίμου, χαμηλή μείωση πιθανότητας ατυχήματος με τραυματισμό, για γυναίκες οδηγούς που επηρεάζονται λίγο ή καθόλου από την παρουσία πεζών για την επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους.



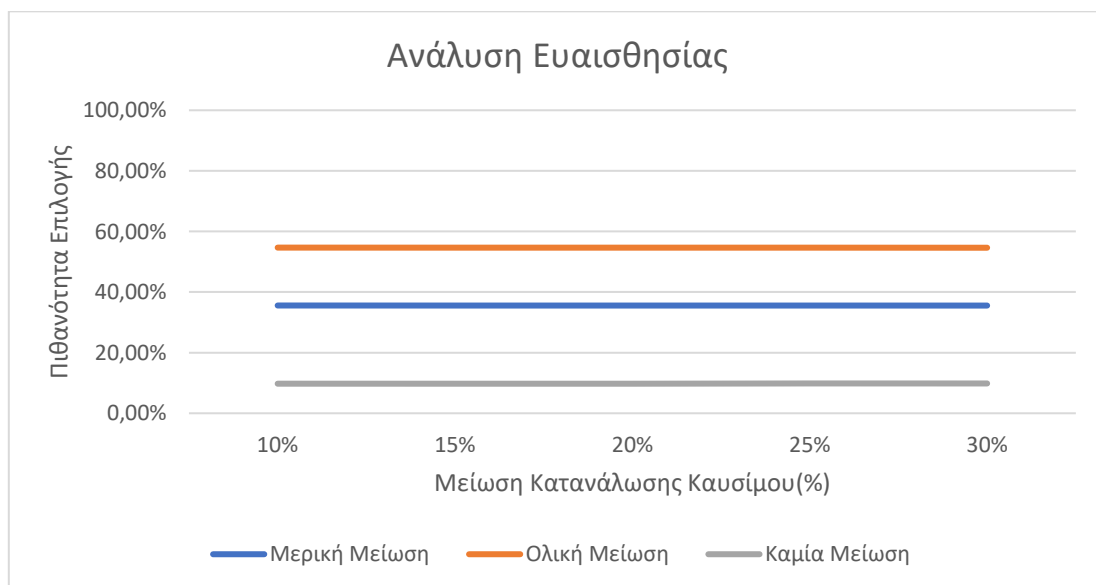
Διάγραμμα 5.3: : Μεταβολή πιθανότητας επιλογής Σεναρίου με το χρόνο, για χαμηλή μείωση κατανάλωσης καυσίμου, υψηλή μείωση πιθανότητας ατυχήματος με τραυματισμό, για Γυναίκες οδηγούς που θεωρούν πως ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους είναι λίγο σημαντικός και επηρεάζονται λίγο από την παρουσία πεζών για την επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους.



Διάγραμμα 5.4: : Μεταβολή πιθανότητας επιλογής Σεναρίου με το χρόνο, για υψηλή μείωση κατανάλωσης καυσίμου, χαμηλή μείωση πιθανότητας ατυχήματος με τραυματισμό, για Γυναίκες οδηγούς που θεωρούν πως ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους είναι λίγο σημαντικός και επηρεάζονται λίγο από την παρουσία πεζών για την επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους.



Διάγραμμα 5.5: : Μεταβολή πιθανότητας επιλογής Σεναρίου με τη μείωση κατανάλωσης καυσίμου(%), για μικρή αύξηση χρόνου ταξιδιού και υψηλή μείωση πιθανότητας ατυχήματος με τραυματισμό, για Γυναίκες που θεωρούν πως ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους είναι λίγο ή καθόλου σημαντικός και επηρεάζονται λίγο ή καθόλου από την παρουσία πεζών για την επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους.



Διάγραμμα 5.6: : Μεταβολή πιθανότητας επιλογής Σεναρίου με τη μείωση κατανάλωσης καυσίμου(%), για μεγάλη αύξηση χρόνου ταξιδιού και χαμηλή μείωση πιθανότητας ατυχήματος με τραυματισμό, για Γυναίκες που θεωρούν πως ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους είναι λίγο ή καθόλου σημαντικός και επηρεάζονται λίγο ή καθόλου από την παρουσία πεζών για την επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους.

Από τα προηγούμενα διαγράμματα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Καταρχάς παρατηρείται πως σε όλα τα διαγράμματα η ολική μείωση (2^η εναλλακτική) δηλαδή η μείωση 80χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους **κόμβους προτιμάται**

περισσότερο από την μερική μείωση (1^η εναλλακτική) δηλαδή τη μείωση του ορίου ταχύτητας μόνο στα οδικά τμήματα κατά 80 χλμ./ώρα και το υφιστάμενο όριο 60 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους. γεγονός που αποδεικνύει την επιθυμία της μεταβολής της ταχύτητας ώστε να αποφευχθούν τα οδικά ατυχήματα.

- Όσο **αυξάνεται ο χρόνος ταξιδιού** σε λεπτά, οι πιθανότητες οι οδηγοί να προτιμήσουν εν γένει την μείωση του ορίου ταχύτητας στα 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο μειώνεται σταδιακά, καθώς η αύξηση του χρόνου ταξιδιού αποτελεί μία μη επιθυμητή συνέπεια, καθώς φαίνεται.
- Με τη μεταβολή του χρόνου, στα δύο διαγράμματα (Διάγραμμα 5.1 και 5.2), παρατηρείται έντονο ενδιαφέρον για επιλογή μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, όμως οι διαφορές είναι πολύ μικρές είτε σε περίπτωση υψηλής μείωσης κατανάλωσης καυσίμου και χαμηλής μείωσης πιθανότητας ατυχήματος με τραυματισμό, είτε στην περίπτωση χαμηλής μείωσης κατανάλωσης καυσίμου και υψηλής μείωσης πιθανότητας ατυχήματος με τραυματισμό. Οπότε φαίνεται η υψηλή σημασία της **αύξησης του χρόνου ταξιδιού** για την επιλογή της μείωσης του ορίου ταχύτητας συμπεριλαμβανομένου του γεγονότος πως οι συμμετέχοντες είναι γυναίκες και επηρεάζονται λίγο ή καθόλου από την παρουσία πεζών για την επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους.
- Όπως παρατηρείται ξανά οι **γυναίκες οδηγοί** είναι γενικώς περισσότερο πρόθυμες στη μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο σε σχέση με τους άνδρες που τείνουν να οδηγούν πιο επικίνδυνα και να θέλουν να παίρνουν περισσότερα ρίσκα και επομένως μια επερχόμενη μείωση ορίου ταχύτητας θα δεν θα ήταν θεμιτή γι' αυτούς.
- Όσες **γυναίκες** επηρεάζονται λίγο ή καθόλου από την **παρουσία πεζών** για την επιλογή της ταχύτητας οδήγησής τους, είναι πολύ πιθανό να επιλέξουν ολική κατά κύριο λόγο αλλά και μερική μείωση του ορίου ταχύτητας, καθώς πιθανόν να οδηγούν με χαμηλή ταχύτητα και μία μείωση δεν θα τους επηρέαζε στην οδήγησή τους αλλά μάλιστα θα ήταν πιο πρόθυμοι προς αυτήν.
- Τέλος με γνώμονα την μεταβολή της μείωσης κατανάλωση καυσίμου παρατηρείται πως οι επιλογές των ερωτηθέντων μένουν σχεδόν σταθερές, καθώς οι ερωτηθέντες επιλέγουν τόσο την μερική αλλά περισσότερο την ολική μείωση ορίου ταχύτητας. Ακόμα από τα δύο διαγράμματα (Διάγραμμα 5.5 και 5.6) προκύπτει πως το ποσοστό αποδοχής είναι μεγαλύτερο σε αυτό με την μεγάλη μείωση των οδικών ατυχημάτων, από ότι στην μικρή αύξηση του χρόνου ταξιδιού. Επομένως, προκύπτει πως **η προτίμηση για μείωση των οδικών ατυχημάτων έρχεται πιο ψηλά** σε σύγκριση με την **αύξηση του χρόνου ταξιδιού**

5.3 Στατιστικό πρότυπο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

5.3.1 Επεξεργασία δεδομένων

Η δημιουργία του μοντέλου της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** αφορά, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως, την ερώτηση “ Συμφωνείτε με τη μείωση των ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό δίκτυο, στα 80km/h στα οδικά τμήματα και 50km/h στους ισόπεδους κόμβους; **ΝΑΙ ή ΌΧΙ**”. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το ίδιο Script με αυτό της Πολυωνυμικής Παλινδρόμησης στο R-Studio που είχε δημιουργηθεί νωρίτερα, με τη μόνη διαφορά πως τώρα αλλάζει η εντολή της εκτέλεσης του μοντέλου αλλά και το αρχείο των στοιχείων, αφού η καινούργια εντολή εκμεταλλεύεται το αρχείο RDATA και όχι το RDATA2.

Number	ID	Choice	Time1	Time2	Time3	Fuel1	Fuel2	Fuel3	Accident1	Accident2	Accident3	S2	S1	EXP	MEANS_TYPE	FREQ	PROPERTY_ACCID	INJURY_ACCID
1	1	1	1	10	20	0	15	30	0	20	20	0	1	1	62	5	63	66
2	1	2	1	10	40	0	15	30	0	10	20	0	1	1	62	5	63	66
3	1	3	1	10	20	0	30	15	0	10	50	0	1	1	62	5	63	66
4	1	4	3	20	40	0	10	15	0	20	50	0	1	1	62	5	63	66
5	1	5	1	10	20	0	10	15	0	20	50	0	1	1	62	5	63	66
6	1	6	1	10	20	0	10	15	0	10	10	0	1	1	62	5	63	66
7	1	7	1	20	40	0	30	10	0	20	50	0	1	1	62	5	63	66
8	1	8	1	10	10	0	30	10	0	10	20	0	1	1	62	5	63	66
9	1	9	1	10	40	0	10	30	0	10	50	0	1	1	62	5	63	66
10	1	10	1	10	20	0	15	30	0	10	20	0	1	1	62	5	63	66
11	2	1	2	10	20	0	15	30	0	20	20	0	1	1	62	1	64	66
12	2	2	2	10	40	0	15	30	0	10	20	0	1	1	62	1	64	66
13	2	3	1	10	20	0	30	15	0	10	50	0	1	1	62	1	64	66
14	2	4	2	20	40	0	10	15	0	20	50	0	1	1	62	1	64	66
15	2	5	1	10	20	0	10	15	0	20	50	0	1	1	62	1	64	66
16	2	6	1	10	20	0	10	15	0	10	10	0	1	1	62	1	64	66
17	2	7	2	20	40	0	30	10	0	20	50	0	1	1	62	1	64	66
18	2	8	1	10	10	0	30	10	0	10	20	0	1	1	62	1	64	66
19	2	9	2	10	40	0	10	30	0	10	50	0	1	1	62	1	64	66
20	2	10	1	10	20	0	15	30	0	10	20	0	1	1	62	1	64	66
21	3	1	3	10	20	0	15	30	0	20	20	0	0	0	62	1	64	66
22	3	2	3	10	40	0	15	30	0	10	20	0	0	0	62	1	64	66
23	3	3	3	10	20	0	30	15	0	10	50	0	0	0	62	1	64	66
24	3	4	3	20	40	0	10	15	0	20	50	0	0	0	62	1	64	66
25	3	5	3	10	20	0	10	15	0	20	50	0	0	0	62	1	64	66
26	3	6	3	10	20	0	10	15	0	10	10	0	0	0	62	1	64	66
27	3	7	3	20	40	0	30	10	0	20	50	0	0	0	62	1	64	66
28	3	8	3	10	10	0	30	10	0	10	20	0	0	0	62	1	64	66
29	3	9	3	10	40	0	10	30	0	10	50	0	0	0	62	1	64	66
30	3	10	3	10	20	0	15	30	0	10	20	0	0	0	62	1	64	66

Εικόνα 5.7: Η τελική μορφή του αρχείου RDATA στο R-Studio

Όπου:

- Nr, ο αύξων αριθμός των ερωτηθέντων
- ID, ο αριθμός του εκάστοτε σεναρίου της τρίτης ενότητας
- Choice, η επιλογή ενός εκ των τριών εναλλακτικών σεναρίων, με 1="1^η Εναλλακτική", 2="2^η Εναλλακτική" και 3="Καμία Μείωση"
- Time 1, Time 2, Time 3 η τιμή της μεταβλητής της αύξησης του χρόνου ταξιδιού (min)
- Fuel 1, Fuel 2, Fuel3 η τιμή της μεταβλητής της μείωσης κατανάλωσης καυσίμου (%)
- Accident 1, Accident 2, Accident3 η τιμή της μεταβλητής της μείωσης πιθανότητας οδικών ατυχημάτων με τραυματισμό (%)
- S2, S1 η επιλογή Ναι ή Όχι με 1="Ναι" και 0="Όχι" στις ερωτήσεις Γ4. Συμφωνείτε με τη μείωση των ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό δίκτυο, στα 80 km/h στα οδικά τμήματα και στα 60km/h στους ισόπεδους κόμβους; " και Γ5. Συμφωνείτε με τη μείωση των ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό δίκτυο, στα 80km/h στα οδικά τμήματα και 50km/h στους ισόπεδους κόμβους; "
- EXP, MEANS_TYPE, FREQ, PROPERTY_ACCID, INJURY_ACCID...η κωδικοποίηση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου

5.3.2 Ο κώδικας

Η διαδικασία δημιουργίας του αρχείου RDATA αναλύεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο 5.2.2 της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.

Καταρχάς, ομαδοποιούμε τις μεταβλητές όπως ακριβώς στην πολυωνυμική παλινδρόμηση που αναφέρεται αναλυτικά η διαδικασία στο 5.2.2

```

148 #Group Answers, panta me ayti tin logiki seira , alliws yparxei provlima
149 RDATA$EXP[RDATA$EXP>2]<-61 #10-14 & >15
150 RDATA$EXP[RDATA$EXP<=2]<-62 #0-4 & 5-9
151 RDATA$FREQ[RDATA$FREQ>2]<-63 #1 A week & 1 A MONTH
152 RDATA$FREQ[RDATA$FREQ<=2]<-64 #EVERY DAY & 2-3 TIMES A WEEK
153 RDATA$PROPERTY_ACCID[RDATA$PROPERTY_ACCID>2]<-65 #2 & 3 & >3
154 RDATA$PROPERTY_ACCID[RDATA$PROPERTY_ACCID<=2]<-66 #NONE & 1
155 RDATA$INJURY_ACCID[RDATA$INJURY_ACCID>2]<-67 #2 & 3 & >3
156 RDATA$INJURY_ACCID[RDATA$INJURY_ACCID<=2]<-68 #NONE & 1
157 RDATA$VIOLATIONS[RDATA$VIOLATIONS>2]<-69 #3-6 & >6
158 RDATA$VIOLATIONS[RDATA$VIOLATIONS<=2]<-70 #NONE & <3
159 RDATA$WORRIED[RDATA$WORRIED>2]<-71 #ENOUGH & 2MUCH
160 RDATA$WORRIED[RDATA$WORRIED<=2]<-72 #NONE & ALTLBIT
161 RDATA$STAT_INJURIES[RDATA$STAT_INJURIES>2]<-73 #10.001-15.000 & 15.001-25.000 & >25.000
162 RDATA$STAT_INJURIES[RDATA$STAT_INJURIES<=2]<-74 #1.000-5.000 & 5.001-10.000
163 RDATA$STAT_DEATHS[RDATA$STAT_DEATHS>2]<-75 #10.001-15.000 & 15.001-25.000 & >25.000
164 RDATA$STAT_DEATHS[RDATA$STAT_DEATHS<=2]<-76 #1.000-5.000 & 5.001-10.000
165 RDATA$SPEED_ROLE[RDATA$SPEED_ROLE>2]<-77 #ENOUGH & 2MUCH
166 RDATA$SPEED_ROLE[RDATA$SPEED_ROLE<=2]<-78 #NONE & ALTLBIT
167 RDATA$VULN_PROT[RDATA$VULN_PROT>2]<-79 #ENOUGH & 2MUCH
168 RDATA$VULN_PROT[RDATA$VULN_PROT<=2]<-80 #NONE & ALTLBIT
169 RDATA$IF_ROAD_TYPE[RDATA$IF_ROAD_TYPE>2]<-81 #ENOUGH & 2MUCH
170 RDATA$IF_ROAD_TYPE[RDATA$IF_ROAD_TYPE<=2]<-82 #NONE & ALTLBIT
171 RDATA$IF_TRAFFIC[RDATA$IF_TRAFFIC>2]<-83 #ENOUGH & 2MUCH
172 RDATA$IF_TRAFFIC[RDATA$IF_TRAFFIC<=2]<-84 #NONE & ALTLBIT
173 RDATA$IF_FREQ[RDATA$IF_FREQ>2]<-85 #ENOUGH & 2MUCH
174 RDATA$IF_FREQ[RDATA$IF_FREQ<=2]<-86 #NONE & ALTLBIT
175 RDATA$IF_OTHERS_SPEED[RDATA$IF_OTHERS_SPEED>2]<-87 #ENOUGH & 2MUCH
176 RDATA$IF_OTHERS_SPEED[RDATA$IF_OTHERS_SPEED<=2]<-88 #NONE & ALTLBIT
177 RDATA$IF_PEDE[RDATA$IF_PEDE>2]<-89 #ENOUGH & 2MUCH
178 RDATA$IF_PEDE[RDATA$IF_PEDE<=2]<-90 #NONE & ALTLBIT
179 RDATA$IF_POLICE[RDATA$IF_POLICE>2]<-91 #ENOUGH & 2MUCH
180 RDATA$IF_POLICE[RDATA$IF_POLICE<=2]<-92 #NONE & ALTLBIT
181 RDATA$AGE[RDATA$AGE>2]<-93 #35-54 & >55
182 RDATA$AGE[RDATA$AGE<=2]<-94 #18-24 & 25-34
183 RDATA$EDUCATION[RDATA$EDUCATION>3]<-95 #DGR & MSC & OTHR
184 RDATA$EDUCATION[RDATA$EDUCATION<=3]<-96 #G & HS & ST

```

Εικόνα 5.8: Παράδειγμα αλλαγής επιπέδου αναφοράς των μεταβλητών

Στο επόμενο βήμα, ανατίθεται για κάθε μεταβλητή του αρχείου RDATA το είδος της (διακριτή-factor ή συνεχής-numeric). Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία όλες τις μεταβλητές με εξαίρεση τις ίδιες τις απαντήσεις στα Σενάρια, μετατράπηκαν σε διακριτές (factor), ώστε να χρησιμοποιηθούν για τα μοντέλα στην πολυωνυμική και στην διωνυμική παλινδρόμηση.

```

187 ##Convert to useful class!!
188 RDATA2$S2 = as.factor(RDATA2$S2)
189 RDATA2$S1 = as.factor(RDATA2$S1)
190 RDATA$EXP = as.factor(RDATA$EXP)
191 RDATA$MEANS_TYPE = as.factor(RDATA$MEANS_TYPE)
192 RDATA$FREQ = as.factor(RDATA$FREQ)
193 RDATA$PROPERTY_ACCID = as.factor(RDATA$PROPERTY_ACCID)
194 RDATA$INJURY_ACCID = as.factor(RDATA$INJURY_ACCID)
195 RDATA$VIOLATIONS = as.factor(RDATA$VIOLATIONS)
196 RDATA$WORRIED = as.factor(RDATA$WORRIED)
197 RDATA$STAT_INJURIES = as.factor(RDATA$STAT_INJURIES)
198 RDATA$STAT_DEATHS = as.factor(RDATA$STAT_DEATHS)
199 RDATA$SPEED_ROLE = as.factor(RDATA$SPEED_ROLE)
200 RDATA$VULN_PROT = as.factor(RDATA$VULN_PROT)
201 RDATA$IF_ROAD_TYPE = as.factor(RDATA$IF_ROAD_TYPE)
202 RDATA$IF_TRAFFIC = as.factor(RDATA$IF_TRAFFIC)
203 RDATA$IF_FREQ = as.factor(RDATA$IF_FREQ)
204 RDATA$IF_OTHERS_SPEED = as.factor(RDATA$IF_OTHERS_SPEED)
205 RDATA$IF_PEDE = as.factor(RDATA$IF_PEDE)
206 RDATA$IF_POLICE = as.factor(RDATA$IF_POLICE)
207 RDATA$GENDER = as.factor(RDATA$GENDER)
208 RDATA$AGE = as.factor(RDATA$AGE)
209 RDATA$RLTNSHIP = as.factor(RDATA$RLTNSHIP)
210 RDATA$INCOME = as.factor(RDATA$INCOME)
211 RDATA$EDUCATION = as.factor(RDATA$EDUCATION)
212 RDATA$PROF = as.factor(RDATA$PROF)
213 RDATA$CITY = as.factor(RDATA$CITY)

```

Εικόνα 5.9: Δήλωση των διακριτών μεταβλητών του αρχείου RDATA

Με την εντολή glm, η οποία χρησιμοποιείται για τη δημιουργία γενικών διωνυμικών μοντέλων, συντάσσεται το τελικό μοντέλο BLR1 με τον κώδικα ως εξής:

```
BLR2 <- glm(S1 ~ EXP + FREQ + SPEED_ROLE + IF_PEDE + GENDER + EDUCATION + PROF, data = RDATA, family = "binomial")
```

Συγκεκριμένα:

Η εξαρτημένη μεταβλητή S1, η οποία αναφέρεται στην ερώτηση “Γ5. Συμφωνείτε με τη μείωση των ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό δίκτυο, στα 80km/h στα οδικά τμήματα και 50km/h στους ισόπεδους κόμβους;”, υπολογίζεται συναρτήσει των ανεξάρτητων μεταβλητών EXP, FREQ, SPEED_ROLE, IF_PEDE, GENDER, EDUCATION, PROF, των οποίων οι τιμές παραμένουν σταθερές ανεξάρτητα της εναλλακτικής επιλογής. Ο παραπάνω συνδυασμός των μεταβλητών επετεύχθη ύστερα από πολύ μεγάλο πλήθος δοκιμών, ελέγχοντας διάφορους συνδυασμούς των παραμέτρων.

5.3.3 Συνάρτηση χρησιμότητας

Η μορφή του τελικού μοντέλου BLR2 στο R-Studio για τη διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση παρουσιάζεται παρακάτω:

```
Call:
glm(formula = S1 ~ EXP + FREQ + SPEED_ROLE + IF_PEDE + GENDER + EDUCATION + PROF, family = "binomial", data = RDATA)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.7332	-1.0803	-0.5459	1.0867	1.7736

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	0.65188	0.15853	4.112	3.92e-05	***
EXP62	-0.28732	0.07907	-3.634	0.000279	***
FREQ64	-0.63664	0.08823	-7.216	5.37e-13	***
SPEED_ROLE78	-1.10766	0.18944	-5.847	5.01e-09	***
IF_PEDE90	0.74574	0.11728	6.358	2.04e-10	***
GENDER1	0.73708	0.06670	11.051	< 2e-16	***
EDUCATION96	-0.44852	0.08899	-5.040	4.65e-07	***
PROF2	-0.24795	0.10541	-2.352	0.018656	*
PROF3	-0.04358	0.15096	-0.289	0.772827	
PROF4	0.02941	0.29637	0.099	0.920961	
PROF5	-0.90715	0.17224	-5.267	1.39e-07	***
PROF6	-0.54255	0.16864	-3.217	0.001295	**

signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 5654.5 on 4079 degrees of freedom
Residual deviance: 5319.7 on 4068 degrees of freedom
AIC: 5343.7

Number of Fisher Scoring iterations: 4

Η συνάρτηση χρησιμότητας που προκύπτει από αυτό το μοντέλο είναι:

U3 = 0,652 – 0,287 EXP – 0,637 FREQ – 1,108 SPEED_ROLE + 0,746 IF_PEDE + 0,737 GENDER – 0,449 EDUCATION – 0,247 PROF2 – 0,907 PROF5 – 0,543 PROF6

Οι μεταβλητές που περιλαμβάνονται στην εξίσωση είναι:

- Η συνάρτηση περιέχει σταθερό όρο
- **EXP**, η επιλογή “0-4 έτη” & “5-9 έτη” στην ερώτηση “Α1. Ποια είναι η οδηγική σας εμπειρία;”.
- **FREQ**, η επιλογή “Κάθε μέρα” & “2-3 φορές την εβδομάδα” στην ερώτηση “Α3. Η συχνότητα οδήγησής σας είναι;”.
- **SPEED_ROLE**, οι επιλογές “Καθόλου” και “Λίγο” αντίστοιχα στην ερώτηση “Β4. Πόσο σημαντικός πιστεύετε ότι είναι ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση των ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους;”.
- **IF_PEDE**, οι επιλογές “Καθόλου” και “Λίγο” στην ερώτηση “Β.6 Πόσο σημαντικοί είναι οι παρακάτω παράγοντες για να επιλέξετε την ταχύτητα οδήγησής σας / Η παρουσία πεζών και ποδηλάτων;”.
- **GENDER**, η επιλογή “Ανδρας” στην ερώτηση “Δ1. Φύλο:”
- **EDUCATION**, οι επιλογές “Γυμνάσιο” και “Λύκειο” “Φοιτητής” στην ερώτηση “Δ5. Μορφωτικό Επίπεδο ” .
- **PROF2,5,6**, οι επιλογές “Ελεύθερος Επαγγελματίας /Ιδιωτικός Υπάλληλος”, “Ανεργος” “Άλλο” στην ερώτηση “Δ6. Επάγγελμα ” .

5.3.4 Στατιστικός έλεγχος μοντέλου

Απολύτως απαραίτητος για την αποδοχή του μοντέλου και της συνάρτησης χρησιμότητας αποτελεί ο στατιστικός έλεγχος του μοντέλου, ο οποίος πραγματοποιείται αυτόματα στο R-Studio κατά την εξαγωγή των μαθηματικών μοντέλων.

Πίνακας 5.2: Στατιστικός έλεγχος των μεταβλητών του μοντέλου διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

Μεταβλητές	Συντελεστές	p-value	Odds Ratio	Σημαντικότητα
στ.όρος:1	0,652	<0.01	1,919	0.001
EXP62	-0,287	<0.01	0,751	0.001
FREQ64	-0,637	<0.01	0,529	0.001
SPEED_ROLE78	-1,108	<0.01	0,330	0.001
IF_PEDE90	0,746	<0.01	2,109	0.001
GENDER1	0,737	<0.01	2,090	0.001
EDUCATION96	-0,449	<0.01	0,638	0.001
PROF2	-0,248	0.019	0,780	0.05
PROF3	-0,044	0.773	0,957	Μη σημαντικό
PROF4	0,029	0.921	1,029	Μη σημαντικό
PROF5	-0,907	<0.01	0,404	0.001
PROF6	-0,543	<0.01	0,581	0.01

Αναλυτικότερα:

“Μεταβλητές”, το όνομα των μεταβλητών που έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο.

“Συντελεστές”, η αριθμητική τιμή των συντελεστών για κάθε μεταβλητή.

“P-Value”, η τιμή του P-Value με βάση την οποία κρίνεται η σημαντικότητα κάθε μεταβλητής στο μοντέλο. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία υιοθετήθηκε επίπεδο σημαντικότητας 0.05 για διάστημα εμπιστοσύνης 95 τοις εκατό. Ως εκ τούτου, οποιαδήποτε τιμή του P-Value μικρότερη ή ίση του 0.05 γίνεται αποδεκτή για το μοντέλο.

“Odds Ratio”, μαθηματικά ορίζεται ως $\exp(\Sigma \text{ συντελεστές})$. Ερμηνεύεται ως πόσες φορές πιο πιθανόν είναι να επιλεγεί η εκάστοτε εναλλακτική επιλογή σε σχέση με την επιλογή αναφοράς με βάση τη συγκεκριμένη μεταβλητή.

Αναλυτικότερα, η ερμηνεία του Odds Ratio έχει δοθεί στο Κεφάλαιο 3.3

“Σημαντικότητα”, το επίπεδο σημαντικότητας με βάση την τιμή του **P-Value**. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία χρησιμοποιήθηκε επίπεδο σημαντικότητας 0.05 ή 95 τοις εκατό. Μικρότερη τιμή από την 0.05 σημαίνει μεγαλύτερο επίπεδο σημαντικότητας και έτσι, αποδεκτή τιμή της μεταβλητής.

Οι συντελεστές των μεταβλητών ακολουθούν μια **λογική ερμηνεία**, ικανοποιώντας και αυτό το κριτήριο, όπως είχε αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3.6.

Όσον αφορά στον **έλεγχο συσχέτισης** των μεταβλητών, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3.6, ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα R-Studio με την εντολή `dt=cor(RDATA_numeric, method = c("pearson"))` αφού είχε προηγηθεί η μετατροπή όλων των μεταβλητών σε αριθμούς. Τα ζευγάρια των μεταβλητών MEANS_TYPE & FREQ, EXP & AGE & RLTNSHIP και STAT_INJURIES & STAT_DEATHS παρουσίασαν συσχέτιση μεταξύ τους άνω του 0.5 και συνεπώς δεν χρησιμοποιήθηκαν ταυτόχρονα σε κανένα μοντέλο.

Σύμφωνα με τον έλεγχο **Hosmer – Lemshow**, που αποτελεί που πραγματοποιήθηκε με την εντολή:

```
hl2 <- hoslem.test (BLR2$y, fitted (BLR2), g=5),
```

- δείκτης **X²** του μοντέλου βρέθηκε ίσος με **3,011** και το
- **P-Value=0,3899 (P-Value > 0,05)**, οπότε οι τιμές είναι **αποδεκτές**.

5.3.5 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων Διωνυμικού Μοντέλου

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρατίθεται η **ερμηνεία της συνάρτησης χρησιμότητας** που παρουσιάστηκε παραπάνω. Αρχικά, η συνάρτηση χρησιμότητας: **«Συμφωνείτε με τη μείωση των ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό δίκτυο, στα 80km/h στα οδικά τμήματα και 50km/h στους ισόπεδους κόμβους; ΝΑΙ ή ΌΧΙ».**

U3 = 0,652 – 0,287 EXP – 0,637 FREQ – 1,108 SPEED_ROLE + 0,746 IF_PEDE + 0,737 GENDER – 0,449 EDUCATION – 0,247 PROF2 – 0,907 PROF5 – 0,543 PROF6

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται **9 μεταβλητές** και **μία σταθερά**, όπως αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5.3.3.

Από την συνάρτηση **U3** μπορεί κανείς να συμπεράνει με τη βοήθεια και των Odds Ratio του Πίνακα 5.2 τα εξής:

- Οι ερωτώμενοι με “0-4 έτη & 5-9 έτη” οδηγικής εμπειρίας είχαν κατά 0,75 φορές ή **κατά 25% λιγότερες πιθανότητες να επιλέξουν ΝΑΙ** στη μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, συγκριτικά με αυτούς με μεγαλύτερη οδηγική εμπειρία, το οποίο μπορεί να είναι λογικό καθώς οι πιο έμπειροι οδηγοί έχουν κατανοήσει καλύτερα την σημασία της ταχύτητας στην οδική ασφάλεια και επιπλέον οι νέοι οδηγοί έχουν μεγαλύτερη διάθεση να τρέχουν με υψηλότερες ταχύτητες.
- Οι ερωτώμενοι με συχνότητα οδήγησης «Κάθε μέρα» και «2-3 φορές την εβδομάδα» ήταν κατά 0,53 φορές ή **κατά 47% λιγότερο πιθανό να επιλέξουν ΝΑΙ** στη μείωση ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, σε αντίθεση με αυτούς που η συχνότητα οδήγησης τους ήταν «1 φορά

την εβδομάδα» και «1 φορά το μήνα». Παρατηρείται πως οι οδηγοί που οδηγούν πιο συχνά και μάλιστα οι περισσότεροι οδηγούν και καθημερινά, αντιδρούν κατά κύριο λόγο σε μία επερχόμενη μείωση του ορίου ταχύτητας, καθώς αντιλαμβάνονται ότι το μειωμένο όριο ταχύτητας θα αυξήσει το χρόνο ταξιδιού τους.

- Οι ερωτώμενοι που απάντησαν “Καθόλου” και “Λίγο” στην ερώτηση “ Πόσο σημαντικός πιστεύετε ότι είναι ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση των ατυχημάτων”, ήταν κατά **0,33 φορές ή κατά 67% λιγότερο πιθανό να επιλέξουν ΝΑΙ** στη μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο κάτι που φαίνεται λογικό καθώς, δεν θεωρούν σημαντικό τον ρόλο της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων.
- Οι ερωτώμενοι που απάντησαν “Καθόλου” και “Λίγο” στην ερώτηση “Πόσο σημαντική είναι η παρουσία πεζών και ποδηλάτων για να επιλέξετε την ταχύτητα οδήγησής σας;”, ήταν κατά **2,1 φορές περισσότερο πιθανό να επιλέξουν ΝΑΙ** στη μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Το αποτέλεσμα αυτό δικαιολογείται, καθώς θα περίμενε κανείς ότι η ευαισθητοποίηση προς τους ευάλωτους χρήστες θα παρατηρείται κυρίως από οδηγούς που σέβονται έτσι και αλλιώς τα όρια ταχύτητας και οδηγούν σύμφωνα με αυτά. Επομένως, η παρουσία ή όχι πεζών δεν τους επηρεάζει στην ταχύτητα οδήγησής τους αφού εκ των προτέρων οδηγούν με χαμηλή ταχύτητα.
- Οι ερωτώμενες γυναίκες ήταν **2,1 φορές περισσότερο πιθανό να επιλέξουν ΝΑΙ** στη μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο σε σχέση με τους άνδρες, οι οποίοι στην πλειοψηφία τους τείνουν να οδηγούν πιο επικίνδυνα και είναι διατεθειμένοι να αναλάβουν υψηλότερα ρίσκα στην οδήγησή τους επομένως μια επερχόμενη μείωση ορίου ταχύτητας θα τους περιόριζε και δεν θα ήταν θεμιτή γι’ αυτούς.
- Οι ερωτώμενοι με χαμηλότερο μορφωτικό επίπεδο που αντιπροσωπεύει και τον μικρότερο ηλικιακά πληθυσμό, φαίνεται πως **ανταποκρίνονται πιο αρνητικά** στη μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας, συμπεριφορά που γίνεται κατανοητή καθώς οι νεότερης ηλικίας είναι πιο επιπόλαιοι στην οδήγησή τους, οδηγώντας με υψηλότερες ταχύτητες και παίρνουν υψηλότερα ρίσκα επομένως μια μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο θα τους έκανε να πρέπει να υπακούσουν σε χαμηλότερες ταχύτητες οδήγησης.
- Οι ερωτώμενοι με επαγγέλματα: “Ελεύθερος Επαγγελματίας /Ιδιωτικός Υπάλληλος”, “Ανεργος” και “Άλλο”, ήταν κατά **0,78 φορές ή κατά 22%, 0,4 φορές ή κατά 60% και 0,58 φορές ή κατά 42%, αντίστοιχα, λιγότερο πιθανό να επιλέξουν ΝΑΙ** στη μείωση του ορίου ταχύτητάς στο υπεραστικό οδικό δίκτυο και στους ισόπεδου κόμβους. Οπότε σε αυτήν την περίπτωση ενδεχομένως υπάρχει η πεποίθηση πως για τη χρήση του υπεραστικού δικτύου κυρίως για επαγγελματικούς σκοπούς, μία μείωση στο όριο ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο θα προκαλέσει αύξηση του χρόνου ταξιδιού, μία μη επιθυμητή συνέπεια, καθώς φαίνεται.

Κεφάλαιο 6: Κοινωνικο-οικονομική Ανάλυση

Σε αυτήν την ενότητα, πραγματοποιείται η κοινωνικο-οικονομική ανάλυση στο πλαίσιο της Ανάλυση Κόστους-Οφέλους, για την μείωση του ορίου της ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας έως το έτος 2030. Για την εκπόνηση της παρούσας ανάλυσης λήφθηκαν υπόψη οι 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 στο υπεραστικό οδικό δίκτυο εκτιμάται και λαμβάνεται υπόψη το επενδυτικό και λειτουργικό κόστος, καθώς και τα ακόλουθα άμεσα κοινωνικο-οικονομικά οφέλη:

Πίνακας 6.1: Πίνακας Κόστη - Οφέλη

Κόστη (€)	Οικονομικές Επιπτώσεις-Οφέλη (€)
K1. Κόστος Επένδυσης (€)	Πλεόνασμα Μετακινούμενων
K1.1 Εκπόνηση μελέτης	B1. Χρόνος ταξιδιού
K1.2 Αγορά και τοποθέτηση πινακίδων	B2. Κατανάλωση Καυσίμου
K1.3 Αγορά και τοποθέτηση καμερών	
K2. Λειτουργικά Κόστη (€)	Οφέλη Εξωτερικών Επιδράσεων
K2.1 Πρόσληψη προσωπικού	B3. Οδική Ασφάλεια
K2.2 Λειτουργία και συντήρηση συστήματος	B4. Εκπομπές CO ₂
K2.3 Ετήσιος έλεγχος καμερών-ηλεκτρονικών	
K2.4 Εκστρατείες ενημέρωσης	
K2.5 Έλεγχος αποτελεσματικότητας μέτρου	

Τέλος, για το σενάριο μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας, προκύπτουν κατάλληλοι δείκτες οικονομικής απόδοσης, συμπεριλαμβανομένης της Οικονομικής Καθαρής Παρούσας Αξίας (ENPV) και του Οικονομικού Δείκτη Εσωτερικής Απόδοσης (ERR) για τη μέτρηση της οικονομικής απόδοσης του μέτρου προς διερεύνηση.

6.1 Αποδοχή Σεναρίου

Για τον υπολογισμό των κοινωνικο-οικονομικών επιπτώσεων σε όλη την Ελλάδα από **την μείωση του ορίου της ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα**, διερευνήθηκε το σενάριο S1 που αφορά στην εφαρμογή της εν λόγω μείωσης του ορίου ταχύτητας. Το σενάριο S0 αντιπροσωπεύει την υφιστάμενη κατάσταση, δηλαδή την εφαρμογή και λειτουργία του ορίου ταχύτητας των 90 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 60 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους στο υπεραστικό οδικό δίκτυο.

Σκοπός της σύγκρισης των δύο εν λόγω σεναρίων είναι η εκτίμηση της οικονομικής απόδοσης και της ανταποδοτικότητας του σεναρίου μείωσης του ορίου ταχύτητας στα 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο καθώς και του οικονομικού οφέλους ή κόστους που προκύπτει από τη μείωση αυτή. Επομένως, το Σενάριο S1, αντιστοιχεί στη μείωση στα 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και στα 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους για το υπεραστικό οδικό δίκτυο, για την οποία ερωτήθηκαν οι συμμετέχοντες στο ερωτηματολόγιο και το Σενάριο S0 αντιστοιχεί στην σημερινή κατάσταση όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.2).

Πίνακας 6.2: Κωδικοποίηση Σεναρίων

Κωδικός	Περιγραφή
S0	90km/h στα οδικά τμήματα και 60km/h στους ισόπεδους κόμβους
S1	80km/h στα οδικά τμήματα και 50km/h στους ισόπεδους κόμβους

Για τη **διερεύνηση αποδοχής του σεναρίου** που εξετάζεται από τους οδηγούς, αξιοποιήθηκαν οι απαντήσεις της ερώτησης Γ5 του ερωτηματολογίου «Συμφωνείτε με τη μείωση των ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό δίκτυο, στα 80km/h στα οδικά τμήματα και 50km/h στους ισόπεδους κόμβους;». 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 Γ5 προέκυψε πως για τους οδηγούς επιβατικού ΙΧ οχήματος το ποσοστό αποδοχής της μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο στα 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους είναι ίσο με **57%**, το οποίο αποτελεί την 2^η εναλλακτική στα σενάρια του ερωτηματολογίου όπως αναφέρεται και στον παρακάτω πίνακα ως Choice 2.

Πίνακας 6.3: Πιθανότητα αποδοχής του σεναρίου S1 για επιβατικά ΙΧ

Choice 2	U=	0,65
	P=	57%

Ακολούθως, λαμβάνεται υπόψη ότι τα δύο πρώτα έτη της μείωσης τους ορίου ταχύτητας η αποδοχή του μέτρου προβλέπεται να είναι μειωμένη, καθώς θεωρείται ότι δεν έχει γίνει πλήρης συμμόρφωση στο μέτρο. Συγκεκριμένα, λαμβάνεται υπόψη αποδοχή ίση με 57% όπως υπολογίστηκε από το ερωτηματολόγιο. **Από το έτος 2025 και έπειτα θεωρείται πλήρης αποδοχή του μέτρου** και πλήρης συμμόρφωση των οδηγών σε αυτό.

Πίνακας 6.4: Ποσοστά αποδοχής ανά έτος, του σεναρίου S1 για επιβατικά ΙΧ

Ημερολογιακό Έτος	Έτος Λειτουργίας Μέτρου	Αποδοχή S1
2023	1	57%
2024	2	80%
2025	3	100%
2026	4	100%
2027	5	100%
2028	6	100%
2029	7	100%
2030	8	100%

6.2 Κυκλοφοριακά Μεγέθη

Στο πλαίσιο της ανάπτυξης της κοινωνικο-οικονομικής ανάλυσης αξιοποιήθηκαν τα κυκλοφοριακά μεγέθη που εκτιμήθηκαν για το υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας. Τα **κυκλοφοριακά μεγέθη** που αξιοποιήθηκαν στην παρούσα ανάλυση παρατίθενται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα. Για την ετήσια μεταβολή των οχηματοωρών και οχηματοχιλιομέτρων, θεωρήθηκε ετήσια αύξηση ίση με ένα τις εκατό (1%) και δύο τις εκατό (2%), αντίστοιχα. Επιπλέον, έγινε η παραδοχή ότι τα οχηματο-χιλιόμετρα του 2017 θα είναι ίσα με αυτά του έτους 2022. Αξίζει να γίνει ακόμα μία φορά η σημείωση πως το αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί μόνο το υπεραστικό οδικό δίκτυο, όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1.1, και επομένως τα στοιχεία του παρακάτω πίνακα δεν αφορούν τους αυτοκινητοδρόμους.

Πίνακας 6.5: Κυκλοφοριακά δεδομένα για τα επιβατικά ΙΧ οχήματα στο υπεραστικό δίκτυο της Ελλάδας (Systema, 2022)

	2022	2030
Οχηματο-ώρες	186.815	202.294
Οχηματο-χιλιόμετρα	12.744.476	14.932.185

Εικόνα 6. 1: Χάρτης του οδικού δικτύου της Ελλάδας ανά κατηγορία (Systema, 2022)



6.3 Επιπτώσεις στην Οδική Ασφάλεια

Για την ποσοτικοποίηση και εκτίμηση των επιπτώσεων όσον αφορά την Οδική Ασφάλεια από τη μείωση του ορίου της ταχύτητας στα 80χλμ/ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας, λαμβάνονται υπόψη ο αριθμός **ελαφρά, βαριά τραυματιών και νεκρών σε οδικά ατυχήματα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο**. Αναλυτικά όπως είχε γίνει αναφορά και στο Κεφάλαιο 1, υπεραστικό οδικό δίκτυο αποτελούν οι: νέες εθνικές οδοί, παλαιές εθνικές οδοί, επαρχιακές οδοί, εκτός αυτοκινητοδρόμων και κατοικημένων περιοχών. Συγκεκριμένα, αξιοποιήθηκαν τα πιο πρόσφατα διαθέσιμα δεδομένα από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ), για το υπεραστικό οδικό δίκτυο και για το έτος 2019 (Πίνακας 6.6).

Πίνακας 6.6: Αριθμός παθόντων οδηγών και επιβατών επιβατικών οχημάτων στο Υπεραστικό Οδικό Δίκτυο της Ελλάδας το 2019 ανά σοβαρότητα

Νεκροί	Βαριά τραυματίες	Ελαφρά τραυματίες
82	61	845

Για την **εκτίμηση των επιπτώσεων στην οδική ασφάλεια** από την εφαρμογή του υπό εξέταση μέτρου, λαμβάνεται υπόψη η επιρροή της μείωσης του ορίου ταχύτητας σε 80 χλμ./ώρα στην οδική ασφάλεια όπως παρατηρείται σε άλλες πόλεις κυρίως της Ευρώπης, σύμφωνα με την βιβλιογραφία (Κεφάλαιο 2.1). Επομένως, λαμβάνεται υπόψη η μέση μείωση για τους νεκρούς κατά 29%, για τους βαριά τραυματίες 16%, ενώ για τους ελαφρά τραυματίες κατά 10%. Συγκεκριμένα, πραγματοποιείται η παραδοχή ότι οι νεκροί, οι ελαφρά και οι βαριά τραυματίες σε οδικά ατυχήματα, με την 100% αποδοχή του ορίου ταχύτητας σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και σε 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους, πρόκειται να μειωθούν κατά 29%, 16% και 10% αντίστοιχα, σε σχέση με το βασικό Σενάριο S0.

Επισημαίνεται ότι με βάση την ανάλυση των τάσεων στην Ελλάδα και στην Ευρώπη (National Technical University of Athens Road Safety Observatory, Official website, 2022) οι νεκροί και τραυματισμοί σε οδικά ατυχήματα που συμβαίνουν στην Ελλάδα, εκτιμάται ότι πρόκειται να μειώνονται ετησίως κατά 2,5%. Οπότε, **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 6.7: Συνολικός Αριθμός Νεκρών, Σοβαρά και Ελαφρά Τραυματιών για το κάθε σενάριο

		S0	S1	S0-S1		S0	S1	S0-S1		S0	S1	S0-S1
2023	Ελαφρά Τραυματίες	824	776	-48	Βαριά Τραυματίες	60	55	-5	Νεκροί	80	67	-13
2024		804	739	-65		59	52	-7		78	60	-18
2025		784	705	-79		58	49	-9		77	55	-22
2026		765	703	-62		57	50	-7		76	59	-17
2027		746	686	-60		56	49	-7		75	58	-17
2028		728	669	-59		55	48	-7		74	57	-17
2029		710	653	-57		54	47	-7		73	57	-16
2030		693	637	-56		53	47	-6		72	56	-16
Σύνολο		6054	5568	-486		452	397	-55		605	469	-136

Με βάση τον παραπάνω πίνακα και στα δύο σενάρια **ανά έτος παρατηρείται μείωση στους ελαφρά, βαριά τραυματίες και νεκρούς** γεγονός που οφείλεται κυρίως στην γενικότερη ετήσια βελτίωση της οδικής ασφάλειας (-2,5%). Επιπλέον, παρατηρείται μείωση λόγω της εφαρμογής του μέτρου όπως έχει προκύψει από τη βιβλιογραφία και πιο συγκεκριμένα, τα 2 πρώτα έτη παρατηρείται μειωτική τάση στην μεταβολή των τραυματιών και νεκρών λόγω της μειωμένης αποδοχής του μέτρου άρα και της μη πλήρους συμμόρφωσης με αυτό (βλ. πίνακα 6.4). Συνοψίζοντας εκτιμάται μείωση των ελαφρά τραυματιών κατά 486, των βαριά τραυματιών κατά 55 και των νεκρών κατά 136, σε βάθος 8ετίας λόγω της μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο.

Το **κοινωνικό 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.

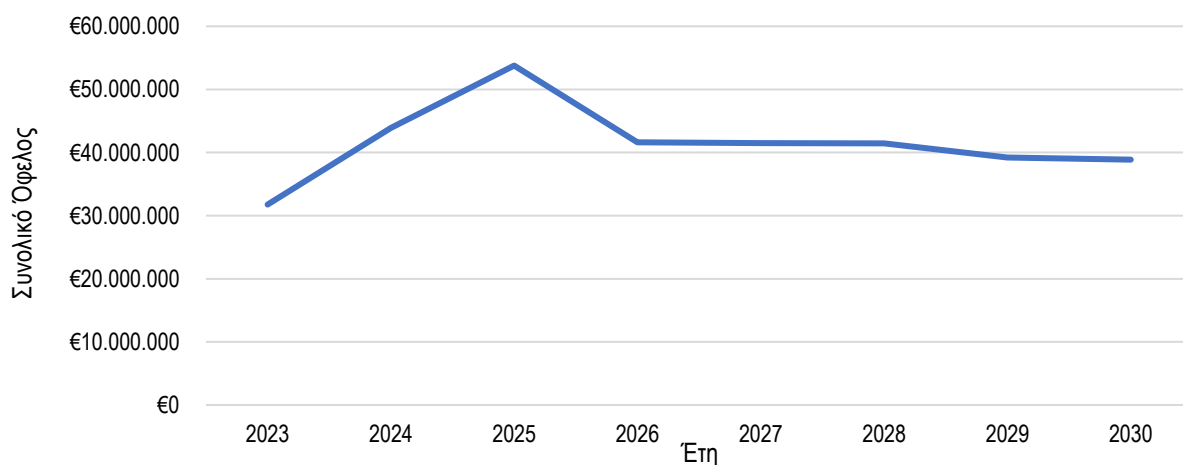
Με σκοπό τον υπολογισμό του κόστους της οδικής ασφάλειας για κάθε Σενάριο, διαμορφώνεται το **κοινωνικό κόστος** ανά νεκρό, βαριά και ελαφρά τραυματία, όπως έχει ήδη υπολογιστεί για την Ελλάδα (Kourtis et al., 2018). Επισημαίνεται ότι το κόστος των νεκρών και τραυματισμών σε οδικά ατυχήματα που προτείνουν οι Κούρτης et al. είναι: **51.400 € ανά ελαφρά τραυματία, 273.600 € για κάθε βαριά τραυματία και 2.148.000 € για κάθε νεκρό.**

Συγκεκριμένα, οι επιπτώσεις στην οδική ασφάλεια προκύπτουν από το γινόμενο του κοινωνικού κόστους ανά νεκρό, σοβαρά και ελαφρά τραυματία, επί τον ετήσιο αριθμό τραυματισμών και νεκρών που αποφεύγονται λόγω της μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο (Πίνακας 6.7). Τα **ετήσια οφέλη οδικής ασφάλειας** που προκύπτουν από την εφαρμογή της μείωσης του ορίου ταχύτητας

στα 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας, σε σχέση με το Σενάριο S0, έως το 2030 παρουσιάζονται στον **Πίνακα 6.8**.

Πίνακας 6.8: Συνολικό Κοινωνικο-Οικονομικό Όφελος Νεκρών και Σοβαρά και Ελαφρά Τραυματιών

Συνολικό Όφελος	S1
2023	31.758.216,00 €
2024	43.918.875,00 €
2025	53.777.381,00 €
2026	41.616.722,00 €
2027	41.513.976,00 €
2028	41.462.603,00 €
2029	39.211.823,00 €
2030	38.886.876,00 €



Διάγραμμα 6.1: Συνολικό Οικονομικό Όφελος Οδικής Ασφάλειας ανά Έτος

Με βάση τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται σημαντικό ετήσιο κοινωνικο-οικονομικό όφελος στο σενάριο της εφαρμογής της μείωσης του ορίου ταχύτητας στα 80 χλμ./ώρα, στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Ακόμα, παρατηρείται ότι τα **μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη προέρχονται από την μείωση των νεκρών**. Επιπλέον, επισημαίνεται πως τα οικονομικά οφέλη αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου έως το έτος 2025, ενώ στη συνέχεια μειώνονται σταδιακά γεγονός που οφείλεται στο ότι το έτος 2025 παρατηρείται η μέγιστη διαφορά τόσο των τραυματιών και κυρίως των νεκρών, που όπως προαναφέρθηκε έχουν και την μεγαλύτερη βαρύτητα στις επιπτώσεις της οδικής ασφάλειας λόγω του υψηλότερου κοινωνικού κόστους.

6.4 Χρόνος Ταξιδιού

Η αξία του χρόνου ταξιδιού αφορά στο κόστος του χρόνου που ξοδεύεται εντός του μέσου μεταφοράς για ένα ταξίδι. Με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση (Κεφάλαιο 2) παρατηρείται πως από την μείωση του ορίου ταχύτητας στα 80 χλμ./ώρα σε υπεραστικά οδικά δίκτυα διαφόρων χωρών και συγκεκριμένα της Γαλλίας που εφάρμοσε το μέτρο της μείωσης ταχύτητας, παρατηρείται **αύξηση του χρόνου ταξιδιού της τάξης του 2%**.

Για την **εκτίμηση της αξίας του χρόνου ταξιδιού** 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 ταξιδιού και οι κυκλοφοριακές συνθήκες (Santori et al.,2020). Συγκεκριμένα, όσον αφορά την Ελλάδα, η τιμή του χρόνου εργασίας ανέρχεται στα 11,4 €/ώρα, ενώ η τιμή του χρόνου που δεν αφορά την εργασία εκτιμάται στα 4,10 €/ώρα (European Commission, 2019). Στην παρούσα ανάλυση θεωρείται ότι η αξία χρόνου ταξιδιού στο υπεραστικό δίκτυο της Ελλάδας είναι ίση με **7,75 €/ώρα**.

Για την εκτίμηση της επίπτωσης στον χρόνο ταξιδιού εκφρασμένη σε χρηματικές μονάδες, λόγω της εφαρμογής του υπό εξέταση μέτρου, υπολογίζεται ο χρόνος ταξιδιού που ξοδεύεται κατ' έτος σε κάθε σε κάθε Σενάριο υπολογίζοντας το γινόμενο: ετήσιες οχηματοώρες χωρίς και με την μείωση του ορίου ταχύτητας, επί την αξία του χρόνου ταξιδιού (7,75 €/ώρα), επί την μέση πλήρωση επιβατικού οχήματος (1,3 άτομα ανά όχημα) σε υπεραστικό οδικό δίκτυο.

Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη τις εκτιμώμενες ετήσιες επιβατο-ώρες στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, υπολογίζεται το **κοινωνικο-οικονομικό 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 στο υπεραστικό οδικό δίκτυο (Πίνακας 6.9). Στην ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, λήφθηκε υπόψη ετήσια αύξηση 1% για τις οχηματοώρες και 2% για το οχηματοχιλιόμετρα, όπως προαναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 6.2.

Πίνακας 6.9: Συνολικός χρόνος και κόστος ταξιδιού

Έτος	Χρόνος ταξιδιού (ώρες)		Αύξηση χρόνου ταξιδιού (ώρες)	Οικονομική Επίπτωση
	S0	S1		
2023	245.289	248.407	3.118	12.157 €
2024	247.742	252.142	4.400	17.485 €
2025	250.220	255.775	5.555	22.552 €
2026	252.723	258.333	5.610	23.303 €
2027	255.251	260.918	5.667	24.082 €
2028	257.804	263.527	5.723	24.842 €
2029	260.383	266.164	5.781	25.526 €
2030	262.987	268.825	5.838	26.314 €
Σύνολο	2.032.399	2.074.091	41.692	176.261 €

Με βάση τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται **αύξηση του χρόνου ταξιδιού στο Σενάριο S1 σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση (S0)**. Συγκεκριμένα, παρατηρείται μεγαλύτερη αύξηση στο κόστος μέχρι το 2025 και στην συνέχεια αύξηση με μικρότερο ρυθμό. Συνοψίζοντας εκτιμάται αύξηση ωρών ταξιδιού των οδηγών κατά 41.700 ώρες συνολικά σε βάθος 8ετίας λόγω της μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο.

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 80 χλμ./ώρα. Διατηρώντας την ταχύτητα των 80 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 6.5) και την κατανάλωση σε λίτρο/χλμ. για τα επιβατικά (Zifei Yang and Anup Bandivadekar, ICCT 2017). Η κατανάλωση καυσίμου με βάση την βιβλιογραφία παρατηρήθηκε πως ποικίλει και σίγουρα εξαρτάται από το αρχικό όριο ταχύτητας και την μείωση αυτού. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία λαμβάνεται υπόψη **μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 3%** (ONISR, Cerema, 2020) λόγω της μείωσης του ορίου ταχύτητας από 90 σε 80 χλμ./ώρα.

Στις αρχές του 2022, η μέση τιμή της βενζίνης στην Αθήνα ανήλθε στα 2,05€/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 **0,9€/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 και επομένως γίνεται μία παραδοχή μείωσης σύμφωνα με το ιστορικό τιμών των τελευταίων τιμών.

Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη τα οχηματοχιλιόμετρα των ΙΧ, την **ετήσια κατανάλωση καυσίμου των επιβατικών οχημάτων** που χρησιμοποιούν το υπεραστικό οδικό δίκτυο, 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 6.10: Συνολική κατανάλωση καυσίμου και οικονομικό όφελος

Έτος	Κατανάλωση Καυσίμου (Λίτρα)		Μείωση Κατανάλωσης Καυσίμου (Λίτρα)	Οικονομικό Όφελος €
	S0	S1		
2023	776.566	763.227	-13.339	12.006 €
2024	769.137	750.678	-18.459	16.615 €
2025	759.152	736.378	-22.775	20.499 €
2026	747.272	724.854	-22.418	20.178 €
2027	734.528	712.492	-22.036	19.834 €
2028	722.668	700.988	-21.680	19.514 €
2029	713.754	692.342	-21.413	19.273 €
2030	701.161	680.126	-21.035	18.933 €
Σύνολο	5.924.238	5.761.084	-163.154	146.850 €

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 του ορίου ταχύτητας σε 80 χλμ./ώρα σε όλο το υπεραστικό οδικό δίκτυο και στον συντελεστή αποδοχής του μέτρου που από το 2025 και μετά θεωρείται ίσος με το 100%. Επομένως, μέγιστη τιμή παρατηρείται το 2025 και από εκεί και ύστερα η διαφορά μειώνεται καθώς πρώτον το ποσοστό αποδοχής συνεχίζει να παραμένει 100% και προφανώς δεν αυξάνεται και δεύτερον η κατανάλωση καυσίμου μειώνεται με τις οικολογικότερες νέες τεχνολογίες καύσης **καυσίμου** (ICCT, 2017). Συνοψίζοντας εκτιμάται μείωση κατανάλωσης καυσίμου κατά 163 χιλιάδες λίτρα συνολικά, σε βάθος δετίας, λόγω της μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο.

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.

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 2023, ένα επιβατικό όχημα εκπέμπει κατά μέσο όρο **142 gr. CO₂/οχηματοχιλιόμετρο** (European Environment Agency, CO₂ performance of new passenger cars in Europe). Οπότε η κατανάλωση εκπεμπόμενων ρύπων για τα επιβατικά οχήματα προκύπτει από τα οχηματοχιλιόμετρα που διανύονται ανά έτος στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της χώρας (Πίνακας 6.5) 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 (€/γραμμάριο CO₂), το οποίο ανέρχεται για το έτος 2023 στα 131€/γραμμάριο CO₂ και αυξάνεται σταδιακά μέχρι την τιμή 250 €/γραμμάριο CO₂ το 2030 (European Commission, 2021).

Για τον υπολογισμό του οφέλους που προκύπτει από την μείωση της ταχύτητας στα 80 χλμ./ώρα, δηλαδή για το σενάριο S1, υπολογίζεται αρχικά η ποσότητα των εκπεμπόμενων ρύπων που προκύπτει με βάση το σενάριο S0 για το έτος 2023 και για τα επόμενα έτη μέσω της **μείωσης της μεταβολής των εκπεμπόμενων** CO₂ που με βάση την βιβλιογραφία (Κεφάλαιο 2) ανέρχεται στο **3%**. 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 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 60 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους του σεναρίου S1.

Πίνακας 6.11: Συνολικές εκπομπές CO₂ και οικονομικό όφελος

Έτος	Εκπομπές CO ₂ (τόνοι)		Μείωση Εκπομπών CO ₂ (τόνοι)	Οικονομικό Όφελος €
	S0	S1		
2023	1.851	1.819	-32	4.165 €
2024	1.828	1.784	-44	6.494 €
2025	1.802	1.759	-43	7.137 €
2026	1.768	1.725	-42	7.722 €
2027	1.733	1.691	-42	8.275 €
2028	1.700	1.659	-41	8.813 €
2029	1.675	1.635	-40	9.366 €
2030	1.653	1.613	-40	9.917 €
Σύνολο	14.010	13.686	-324	61.889 €

Με βάση τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στο Σενάριο S1. Σημειώνεται ότι η μείωση των εκπομπών και άρα το όφελος είναι πολύ μικρότερο συγκριτικά με την μείωση των οδικών ατυχημάτων και την κατανάλωση καυσίμου. Συνοψίζοντας εκτιμάται μείωση εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα κατά 324 τόνους συνολικά, σε βάθος 8ετίας, λόγω της μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο.

6.7 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 στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας σε 80 χλμ./ώρα.

6.7.1 Κόστος Επένδυσης

Το κόστος επένδυσης αποτελεί το **αρχικό κόστος επένδυσης** που απαιτείται ώστε να επιτευχθεί η εφαρμογή του μέτρου μείωσης του ορίου της ταχύτητας στα 80χλμ/ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας.

Σε αυτό συμπεριλαμβάνεται το **κόστος που απαιτείται για την εκπόνηση της μελέτης**, ώστε να επιλεγθούν οι σωστές θέσεις τοποθέτησης των καμερών και των πινακίδων, δηλαδή κάθετης και οριζόντιας σήμανσης, και των επιπρόσθετων λειτουργιών που απαιτούνται για την υλοποίηση του μέτρου. Ακόμα, στην εκπόνηση μελέτης προστίθενται και τα κόστη αγοράς νέων λογισμικών ειδικών για την εξασφάλιση της βέλτιστης οδικής ασφάλειας.

Τα **κόστη για την κατακόρυφη σήμανση** αποτελούνται από την αγορά νέων πινακίδων, στύλων καθώς και την τοποθέτησή αυτών και αποξήλωση των παλαιών. Ο απαιτούμενος συνολικός αριθμός πινακίδων προέκυψε ότι ανέρχεται στις 8.000 πινακίδες για το σύνολο του ελληνικού υπεραστικού δικτύου. Ο αριθμός αυτός αποτελεί ανάλογη συμπεριφορά τοποθέτησης πινακίδων από πραγματικό έργο που υλοποιήθηκε πρόσφατα στον ελληνικό κατασκευαστικό χώρο και είναι το παρακάτω: «Βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας στον οδικό άξονα Θεσσαλονίκη-Πολύγυρος (Ε.Ο.16), τμήμα Θέρμη-Γαλάτιστα» (Νοέμβριος 2019), το οποίο αφορά αντιπροσωπευτικό παράδειγμα βελτίωσης της οδικής ασφάλειας σε κομμάτι οδού του υπεραστικού οδικού δικτύου εκτός κατοικημένων περιοχών. Η τοποθέτηση σήμανσης αποσκοπεί στην ενημέρωση και υπενθύμιση των οδηγών για το νέο όριο ταχύτητας.

Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητη η **αγορά και τοποθέτηση νέων καμερών** και καμερών-ραντάρ που θα χρησιμεύσουν στην ομαλή εφαρμογή και αποτελεσματικό έλεγχο του μέτρου. Μαζί με την αγορά τους, συμπεριλαμβάνεται το κόστος εγκατάστασής τους, τα λογισμικά συστήματα που απαιτούνται και όλος ο πρόσθετος λειτουργικός εξοπλισμός, όπως η ασύρματη επικοινωνία, τα καλώδια, οι κάρτες κ.ά. Στην παρούσα ανάλυση λήφθηκε σαν μέση τιμή αγοράς κάμερας ταχύτητας τόσο σταθερών αλλά και για κινητές κάμερες της τάξης των 35.000€ (Intelligent Transportation Systems Joint Program Office, 2004). Επίσης, με σκοπό την όσο το δυνατόν καλύτερη αποτελεσματικότητα του μέτρου κρίθηκε απαραίτητη η τοποθέτηση των καμερών ανά 8 χιλιόμετρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο (Max Cameron, Stuart Newstead, 2021). Η τιμή των 15 εκατ. € για το back office σύστημα του συνολικού προγράμματος, αποτελεί μία παραδοχή, σύμφωνα με εφαρμογή άλλων παρόμοιων έργων με συστήματα καμερών ελέγχου ταχύτητας οδήγησης.

Όλα τα κόστη που συμπεριλαμβάνονται στο **κόστος επένδυσης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα** (Πίνακας 6.14 Κόστος Επένδυσης).

Πίνακας 6.14: Κόστος Επένδυσης

Αρχικό Κόστος Επένδυσης		
1	Μελέτη για την επιλογή των θέσεων των καμερών-πινακίδων και αγορά νέου λογισμικού	750.000 €
2	Πινακίδες και σημάνσεις	
	Ρυθμιστική Πινακίδα αναγραφής 80 χλμ./ώρα	54 €
	Κόστος Στύλων (€/Στύλο)	49 €
	Τοποθέτηση Πινακίδας και Αποξήλωση Πινακίδας 90 χλμ./ώρα	100 €
	Συνολικό κόστος αγοράς και τοποθέτησης πινακίδας νέου ορίου ταχύτητας	203 €
	Αριθμός Πινακίδων στο Υπεραστικό Δίκτυο	8.030
	Συνολικό Κόστος Πινακίδων και Σήμανσης	1.630.090 €
3	Κάμερες	
	Κόστος Κάμερας	35.058 €
	Αριθμός Καμερών (σταθερές και φορητές)	3012

Συνολικό κόστος καμερών	105.595.993 €
Back Office Σύστημα	15.000.000 €
Συνολικό Κόστος Καμερών	120.595.993 €
Συνολικό Κόστος Επένδυσης	122.976.083 €

6.7.2 Λειτουργικό Κόστος

Για την λειτουργία του μέτρου απαιτείται **πρόσληψη νέου προσωπικού** στην αστυνομία-τροχαία όπου θα ελέγχει την τήρηση του νέου ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Ο αναλυτικός υπολογισμός του προσωπικού που χρειάζεται για την εφαρμογή του μέτρου μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την έρευνα Cost-Benefit assessment of selected road safety measures in Greece, (Yannis et. al., 2005), για τον υπολογισμό βαρδιών και ανθρωποωρών ανά βάρδιες κ.λπ. Επιπλέον, άκρως σημαντική αποτελεί η δημιουργία κάποιων κέντρων ενημέρωσης πολιτών που 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 υπεραστικό οδικό δίκτυο της χώρας.

Στο λειτουργικό κόστος εμπεριέχεται το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος τήρησης του νέου ορίου ταχύτητας, δηλαδή της κατακόρυφης σήμανσης. 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 ενημέρωσης των πολιτών στο νέο όριο ταχύτητας. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται **συγκεντρωτικά τα λειτουργικά κόστη** (Πίνακας 6.14 Λειτουργικά Κόστη).

Πίνακας 6.15: Λειτουργικά Κόστη

Λειτουργικό Κόστος		
1	Πρόσληψη προσωπικού	
	Αστυνομία -Τροχαία	1.100
	Μέσος μισθός	2.500 €
	Συνολικοί Μισθοί	2.756.210 €
2	Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης συστήματος	300.000 €
3	Ετήσιος Επανέλεγχος καμερών-ηλεκτρονικών ελέγχων	100.000 €
4	Ετήσιο Κόστος Εκστρατειών ενημέρωσης σε ΜΜΕ	400.000 €
5	Έλεγχος για την αποτελεσματικότητα του μέτρου (έρευνα πεδίου κ.ά.)	20.000 €
6	Ετήσιο συντήρησης πινακίδων και σημάνσεων	16.301 €
	Συνολικό Λειτουργικό Ετήσιο Κόστος	3.592.511 €

6.8 Σύνοψη

Η Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα εκτιμώμενα για τα έτη 2023 έως 2030, κοινωνικο-οικονομικά κόστη και οφέλη από την μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας. Συγκεκριμένα, εκτιμώνται το απαιτούμενο κόστος επένδυσης και τα λειτουργικά κόστη για την εφαρμογή

του μέτρου, καθώς και οι επιπτώσεις στο χρόνο ταξιδιού, στην κατανάλωση καυσίμου, στην οδική ασφάλεια και στο περιβάλλον.

Για την αξιολόγηση της οικονομικής απόδοσης της μείωσης του ορίου ταχύτητας στα 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας, με δεδομένα τα οφέλη και κόστη από την εφαρμογή του μέτρου έως το έτος 2030, εκτιμήθηκαν οι ακόλουθοι οικονομικοί δείκτες όπως:

- **οικονομική καθαρή παρούσα αξία (ENPV):** τη διαφορά μεταξύ των συνολικών προεξοφλημένων κοινωνικών παροχών και δαπανών
- **οικονομικός δείκτης εσωτερικής απόδοσης (ERR):** το επιτόκιο που παράγει μηδενική τιμή για το ENPV
- **ο λόγος Β/Σ:** 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 «σκιάδεις» (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 δείκτης 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,...,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 ανταποδοτικότητα και αποδοχή 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 6.16: Ανάλυση Κόστους Ωφελειών

		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
		Υλοποίηση	Λειτουργία						
	NPV 0,8%								
Οφέλη και Κόστοι									
K1. Κόστος Επένδυσης (€)	-122.000.083	-122.976.083	0	0	0	0	0	0	0
K1.1 Κόστος εκπόνηση μελέτης για την επιλογή των θέσεων των καμερών-πινακίδων	-744.048	-750.000	0	0	0	0	0	0	0
K1.2 Κόστος πινακίδων	-1.617.153	-1.630.090	0	0	0	0	0	0	0
K1.3 Κόστος καμερών	-119.638.882	-120.595.993	0	0	0	0	0	0	0
K2. Λειτουργικά Κόστη (€)	-27.732.441	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511
K2.1 Κόστος πρόσληψη προσωπικού	-21.276.604	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210
K2.2 Κόστος λειτουργίας και συντήρησης συστήματος	-2.315.854	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000
K2.3 Κόστος ετήσιου επανέλεγχου καμερών ηλεκτρονικών ελέγχων	-771.951	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000
K2.4 Κόστος εκστρατειών ενημέρωσης σε MME	-3.087.806	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000
K2.5 Κόστος ετήσιου ελέγχου αποτελεσματικότητας(έρευνα πεδίου κ.ά)	20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000
K2.6 Κόστος συντήρησης σήμανσης	-125.835	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301
Κόστη (K1+K2)	-149.732.523	-126.568.594	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511
Οικονομικές Επιπτώσεις-Οφέλη (€)									
Πλεόνασμα Μετακινούμενων	-169.513	-12.157	-17.485	-22.552	-23.303	-24.082	-24.842	-25.526	-26.314
B1. Χρόνος Διαδρομής	-310.988	-24.163	-34.099	-43.050	-43.481	-43.916	-44.355	-44.799	-45.247
B2. Κατανάλωση Καυσίμου	141.474	12.006	16.615	20.499	20.178	19.834	19.514	19.273	18.933
Οφέλη Εξωτερικών Επιδράσεων	320.597.917	31.762.381	43.925.369	53.784.518	41.624.444	41.522.251	41.471.416	39.221.189	38.896.793
B3 Οδική Ασφάλεια	320.538.430	31.758.216	43.918.875	53.777.381	41.616.722	41.513.976	41.462.603	39.211.823	38.886.876
B4 Εκπομπές CO2	59.487	4.165	6.494	7.137	7.722	8.275	8.813	9.366	9.917
Οφέλη (B1+B2+B3+B4)	320.428.403	31.750.224	43.907.884	53.761.966	41.601.141	41.498.169	41.446.574	39.195.663	38.870.479
ENPV	170.695.880	-94.818.370	40.315.373	50.169.455	38.008.630	37.905.658	37.854.063	35.603.152	35.277.968
ERR	39,1%								
B/C Ratio	2,14								

Στο πλαίσιο της κοινωνικο-οικονομικής ανάλυσης για την μείωση του ορίου ταχύτητας στα 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας έως το 2030, εκτιμήθηκε το κόστος επένδυσης, το λειτουργικό κόστος για το κάθε έτος λειτουργίας και αντίστοιχα τα συνολικά κοινωνικοοικονομικά κόστη και οφέλη. Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, η οικονομική καθαρή παρούσα αξία (ENPV) του μέτρου ανέρχεται περίπου στα 170 εκατομμύρια € έως το 2030, με το κέρδος αναφορικά με την κοινωνική ευημερία να παρατηρείται από τον πρώτο χρόνο. Ταυτόχρονα, ο δείκτης ERR=39,1% είναι μεγαλύτερος του κοινωνικού επιτοκίου αναγωγής SDR γεγονός που υποδηλώνει την οικονομική ανταποδοτικότητα της υπό εξέταση επένδυσης. Τέλος, ο λόγος B/C είναι μεγαλύτερος της μονάδας, κάτι που επιβεβαιώνει τα κριτήρια αποδοχής μίας επένδυσης από κοινωνική άποψη.

Συνοψίζοντας, το γεγονός ότι η οικονομική καθαρή παρούσα αξία είναι θετική, ο δείκτης εσωτερικής απόδοσης ERR είναι θετικός και μεγαλύτερος του δείκτη SDR που έχει ληφθεί υπόψη και τέλος ο λόγος οφέλους προς κόστος είναι μεγαλύτερος της μονάδας, αποδεικνύουν τη βιωσιμότητα της εφαρμογής της μείωσης του ορίου ταχύτητας στα 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας έως το 2030.

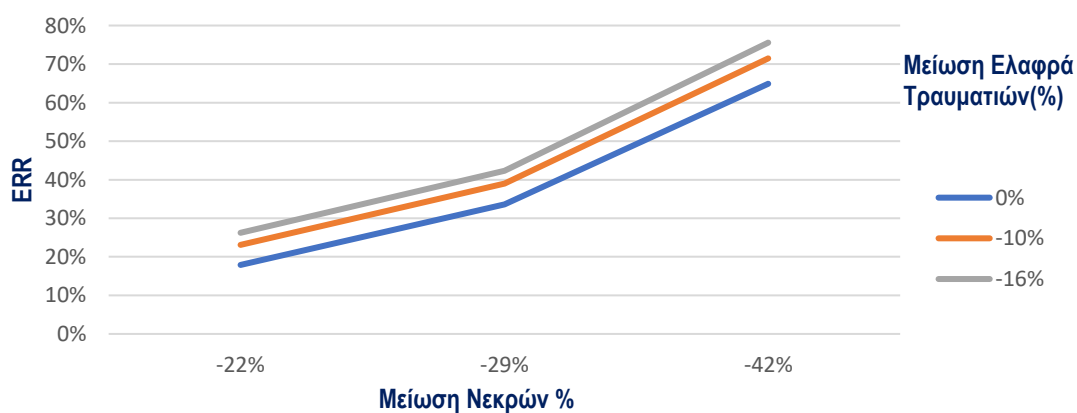
6.9 Ανάλυση Ευαισθησίας

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζεται η ανάλυση ευαισθησίας του οικονομικού δείκτη εσωτερικής απόδοσης ERR για την μείωση του ορίου ταχύτητας στα 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο 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 των νεκρών** λόγω της εφαρμογής του ορίου ταχύτητας στα 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Το εύρος τιμών των εν λόγω ποσοστιαίων μεταβολών των νεκρών ορίζεται από την βιβλιογραφική ανασκόπηση για min, max τιμές και την τιμή του μέσου όρου όλων των τιμών, που χρησιμοποιήθηκε ουσιαστικά για τις αναλύσεις. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι καθώς αυξάνεται το ποσοστό μείωσης των ελαφρά τραυματιών όπως και των νεκρών, αυξάνεται ο δείκτης ERR.

Πίνακας 6.17: Πίνακας ανάλυσης Ευαισθησίας δείκτη ERR- Ελαφρά Τραυματιών και Νεκρών

	ERR	Μείωση Νεκρών %		
	39,1%	-22%	-29%	-42%
Μείωση ελαφρά τραυματιών %	0%	17,9%	33,6%	64,9%
	-10%	23,1%	39,1%	71,5%
	-16%	26,2%	42,3%	75,6%

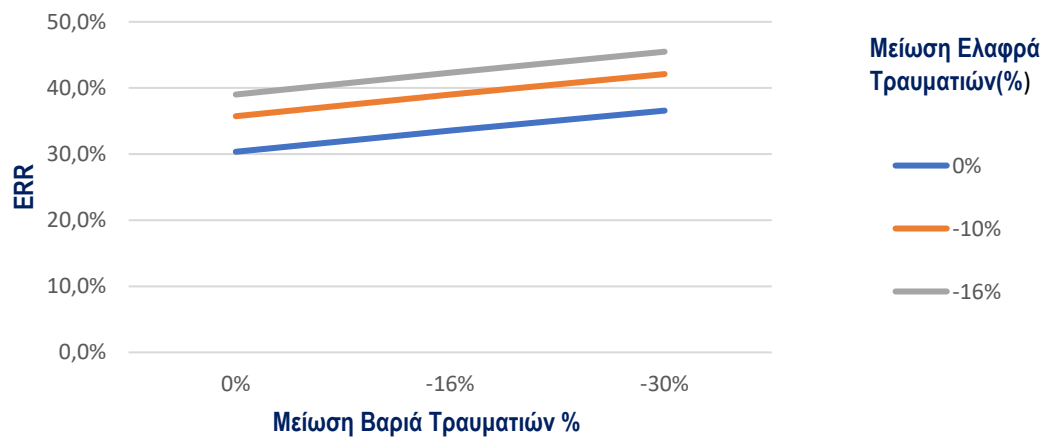


Διάγραμμα 6.2: Ανάλυση Ευαισθησίας δείκτη ERR- Ελαφρά Τραυματιών και Νεκρών

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η ευαισθησία που παρουσιάζει ο εκτιμώμενος **δείκτης ERR συναρτήσει της μείωσης των ελαφρά και των βαριά τραυματιών** λόγω της εφαρμογής του ορίου ταχύτητας στα 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι καθώς αυξάνεται το ποσοστό μείωσης των βαριά όπως και των ελαφρά τραυματιών, αυξάνεται ο δείκτης ERR.

Πίνακας 6.18: Πίνακας ανάλυσης Ευαισθησίας δείκτη ERR- Ελαφρά και Βαριά Τραυματιών

	ERR	Μείωση Βαριά Τραυματιών %		
	39,1%	0%	-16%	-30%
Μείωση ελαφρά τραυματιών %	0%	30,3%	33,5%	36,6%
	-10%	35,7%	39,1%	42,1%
	-16%	39,0%	42,3%	45,5%



Διάγραμμα 6.3: Ανάλυση Ευαισθησίας δείκτη ERR- Ελαφρά και Βαριά Τραυματιών

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα

7.1 Σύνοψη

Πολλές ευρωπαϊκές χώρες αλλά και πολιτείες των ΗΠΑ φαίνεται πως θεσπίζουν μέτρα όπως η εφαρμογή χαμηλότερων ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, εκτός αυτοκινητοδρόμων, εκτός κατοικημένων περιοχών, με σκοπό τόσο την μείωση των οδικών ατυχημάτων όσο και τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας και επιβάρυνσης του περιβάλλοντος. **Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της αποδοχής και των ωφελειών της μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα καθώς και η διερεύνηση της κοινωνικο-οικονομικής ανταποδοτικότητας της προτεινόμενης επέμβασης μέσω της Ανάλυση Κόστους Ωφελειών.**

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, έγινε **βιβλιογραφική ανασκόπηση** συναφής με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Να αναφερθεί ότι η αναζήτηση βιβλιογραφικών πηγών δεν ήταν τόσο εύκολη καθώς η εφαρμογή μειώσεων ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο αποτελεί ένα πολύ πρόσφατο μέτρο, που εξετάζεται και εφαρμόζεται, με σκοπό την μείωση των οδικών ατυχημάτων, οπότε οι εφαρμογές ήταν περιορισμένες τόσο σε επίπεδο έρευνας όσο και σε επίπεδο εφαρμογής. Επιπλέον, η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε είχε ακόμα τρεις βασικές προϋποθέσεις, πρώτον το ίδιο αρχικό όριο ταχύτητας δηλαδή των 90 χλμ./ώρα, δεύτερον την ίδια μείωση ορίου ταχύτητας δηλαδή μείωση 10 χλμ./ώρα και τρίτον η μελέτη είναι αυστηρά για το υπεραστικό οδικό δίκτυο εκτός κατοικημένων περιοχών. Επομένως, η συλλογή της βιβλιογραφίας προσαρμόστηκε κατάλληλα ώστε τα στοιχεία που χρησιμοποιηθήκαν να αποτελούν επιστημονικά ορθό σημείο αναφοράς για την παρούσα διπλωματική.

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 σχετικά με την μείωση ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο: 1. Μείωση του ορίου ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα στα 80 χλμ./στα οδικά τμήματα και καμία αλλαγή στους ισόπεδους κόμβους (60 χλμ./ώρα) 2. Μείωση του ορίου ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα στα 80 χλμ./στα οδικά τμήματα και μείωση από 60 χλμ./ώρα στα 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους και 3. Καμία Μείωση. Στη συνέχεια, ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από το ερωτηματολόγιο και αναπτύχθηκαν τα μαθηματικά μοντέλα για τον προσδιορισμό των παραγόντων που επηρεάζουν τις προτιμήσεις των ερωτηθέντων ως προς τα τρία παραπάνω σενάρια.

Μετά από μια σειρά αρκετών δοκιμών αναπτύχθηκε, ένα μοντέλο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης για καθεμία από τις δύο προτεινόμενες εναλλακτικές (**δύο συνολικά πολυωνυμικά μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης**) μείωσης ορίου ταχύτητας, με σκοπό τον προσδιορισμό των παραμέτρων που επηρεάζουν την επιλογή μεταξύ των τριών εναλλακτικών υπό διερεύνηση (Πίνακας 7.1). Επιπλέον, αναπτύχθηκε **ένα μοντέλο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης**, για τη διερεύνηση της αποδοχής του σεναρίου της μείωσης του ορίου της ταχύτητας σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους στο υπεραστικό οδικό δίκτυο (Πίνακας 7.1).

Πίνακας 7.1: Συνολικός Πίνακας Αποτελεσμάτων Πολυωνυμικού και Διωνυμικού Μοντέλου

	Πολυωνυμικά Μοντέλα Μείωσης Ταχύτητας				Διωνυμικό Μοντέλο Μείωσης Ταχύτητας	
	1η Εναλλακτική: μείωση της ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και καμία αλλαγή στους ισόπεδους κόμβους (60 χλμ./ώρα) (Choice 1)		2η Εναλλακτική: μείωση της ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και μείωση από 60 χλμ./ώρα σε 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους (Choice 2)		2η Εναλλακτική: μείωση της ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και μείωση από 60 χλμ./ώρα σε 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους (Choice 2)	
Μεταβλητές	Συντελεστές	p-value	Συντελεστές	p-value	Συντελεστές	p-value
Αύξηση Χρόνου Ταξιδιού	-0,038	0,000	-0,038	0,000		
Μείωση Κατανάλωσης Καυσίμου	0,008	0,004	0,008	0,004		
Μείωση πιθανότητας οδικών ατυχημάτων με τραυματισμό	0,027	0,000	0,027	0,000		
Σταθερός Όρος	0,379	0,004	0,225	0,162	0,652	0,000
Εμπειρία Οδήγησης			-0,341	0,000	-0,287	0,000
Συχνότητα Οδήγησης					-0,637	0,000
Δίκυκλο ως κύριο μέσο μετακίνησής σας από και προς την εργασία	-0,345	0,009	-0,442	0,002		
Ταξί ως κύριο μέσο μετακίνησής σας από και προς την εργασία	1,491	0,161	2,086	0,047		
MMM ως κύριο μέσο μετακίνησής σας από και προς την εργασία	0,687	0,000	0,729	0,000		
Καθόλου ή λίγο σημαντικός ο ρόλος της ταχύτητας στην πρόκληση των ατυχημάτων και στη σοβαρότητά τους	-1,385	0,000	-1,201	0,000	-1,108	0,000
Καθόλου ή λίγο σημαντικός ο ρόλος των πεζών και των ποδηλάτων στην επιλογή ταχύτητας οδήγησης	0,804	0,000	1,090	0,000	0,746	0,000
Φύλο (Γυναίκες)	0,486	0,000	0,561	0,000	0,737	0,000
Ετήσιο Οικογενειακό Εισόδημα 10.000€ έως 25.000€	-0,429	0,000	-0,429	0,001		
Γυμνάσιο, Λύκειο, Φοιτητής	0,224	0,014			-0,449	0,000
Ελεύθερος Επαγγελματίας/Ιδιωτικός Υπάλληλος					-0,248	0,019
Άνεργος					-0,907	0,000
Άλλο Επάγγελμα					-0,543	0,001

Τέλος, πραγματοποιήθηκε Κοινωνικο-Οικονομική **Ανάλυση Κόστους Οφέλους** για την εφαρμογή του υπό εξέταση μέτρου, με χρονικό ορίζοντα έως το έτος 2030. Κατά την ανάλυση υπολογίστηκε το κόστος επένδυσης και τα λειτουργικά κόστη καθώς και οι επιπτώσεις στον χρόνο διαδρομής, στην κατανάλωση καυσίμου, στα οδικά ατυχήματα και στο περιβάλλον εκφρασμένες σε χρηματικές μονάδες. Για την οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης σε βάθος χρόνου, υπολογίστηκαν η οικονομική καθαρή παρούσα αξία (**ENPV**), ο οικονομικός δείκτης εσωτερικής απόδοσης (**ERR**) και ο λόγος οφέλους κόστους (**B/C**) όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.2.

Πίνακας 7.2: Κοινωνικοοικονομική Ανάλυση εφαρμογής του ορίου ταχύτητας των 80χλμ/ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας

		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
		Υλοποίηση	Λειτουργία						
	NPV 0,8%								
Οφέλη και Κόστοι									
K1. Κόστος Επένδυσης (€)	-122.000.083	-122.976.083	0	0	0	0	0	0	0
K1.1 Κόστος εκπόνηση μελέτης για την επιλογή των θέσεων των καμερών-πινακίδων	-744.048	-750.000	0	0	0	0	0	0	0
K1.2 Κόστος πινακίδων	-1.617.153	-1.630.090	0	0	0	0	0	0	0
K1.3 Κόστος καμερών	-119.638.882	-120.595.993	0	0	0	0	0	0	0
K2. Λειτουργικά Κόστη (€)	-27.732.441	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511
K2.1 Κόστος πρόσληψη προσωπικού	-21.276.604	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210	-2.756.210
K2.2 Κόστος λειτουργίας και συντήρησης συστήματος	-2.315.854	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000
K2.3 Κόστος ετήσιου επανέλεγχου καμερών ηλεκτρονικών ελέγχων	-771.951	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000	-100.000
K2.4 Κόστος εκστρατειών ενημέρωσης σε ΜΜΕ	-3.087.806	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000	-400.000
K2.5 Κόστος έλεγχος ανά 2 έτη για την αποτελεσματικότητα του μέτρου (έρευνα πεδίου κ.ά)	20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000
K2.5 Κόστος συντήρησης σήμανσης	-125.835	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301	-16.301
Κόστη (K1+K2)	-149.732.523	-126.568.594	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511	-3.592.511
Οικονομικές Επιπτώσεις-Οφέλη (€)									
Πλεόνασμα Μετακινούμενων (User surplus)	-169.513	-12.157	-17.485	-22.552	-23.303	-24.082	-24.842	-25.526	-26.314
B1. Χρόνος Διαδρομής	-310.988	-24.163	-34.099	-43.050	-43.481	-43.916	-44.355	-44.799	-45.247
B2. Κατανάλωση Καυσίμου	141.474	12.006	16.615	20.499	20.178	19.834	19.514	19.273	18.933
Οφέλη Εξωτερικών Επιδράσεων	320.597.917	31.762.381	43.925.369	53.784.518	41.624.444	41.522.251	41.471.416	39.221.189	38.896.793
B3 Οδική Ασφάλεια	320.538.430	31.758.216	43.918.875	53.777.381	41.616.722	41.513.976	41.462.603	39.211.823	38.886.876
B4 Εκπομπές CO2	59.487	4.165	6.494	7.137	7.722	8.275	8.813	9.366	9.917
Οφέλη (B1+B2+B3+B4)	320.428.403	31.750.224	43.907.884	53.761.966	41.601.141	41.498.169	41.446.574	39.195.663	38.870.479
ENPV/Net Benefits	170.695.880	-94.818.370	40.315.373	50.169.455	38.008.630	37.905.658	37.854.063	35.603.152	35.277.968
ERR	39,1%								
B/C Ratio	2,14								

7.2 Συμπεράσματα

Παρακάτω παρατίθενται τα βασικότερα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας, μέσα από την **εφαρμογή του ορίου ταχύτητας των 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο** που αφορούν τόσο στη σημαντική μείωση των οδικών ατυχημάτων και του περιβάλλοντος στην Ελλάδα, όσο και στην οικονομικά βιώσιμη εφαρμογή του μέτρου αυτού συνυπολογίζοντας το κόστος επένδυσης και τα λειτουργικά κόστη.

Μέσα από τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων που απαντήθηκαν και από την κατάλληλη επεξεργασία των αποτελεσμάτων αυτών, φανερώνεται ότι οι Έλληνες **είναι καταρχήν θετικοί** στη μείωση των ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Επομένως, ακόμη και με την ενδεχόμενη αύξηση του χρόνου ταξιδιού κατά την εφαρμογή του μέτρου μείωσης του ορίου ταχύτητας, συνυπολογίζοντας τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και κυρίως τη μείωση της πιθανότητας οδικού ατυχήματος, οι ερωτηθέντες δείχνουν μεγάλη προθυμία στην παρούσα επέμβαση στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας.

7.2.1 Συμπεράσματα Αποδοχής Μέτρου Μείωσης Ορίου Ταχύτητας

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας με ερωτηματολόγιο και τα στατιστικά μοντέλα που προέκυψαν συνοψίζονται στα εξής σημεία:

1. Το **76%** κατά μέσο όρο των απαντήσεων στα υποθετικά σενάρια, αποτελούσαν απαντήσεις είτε της 1^{ης} εναλλακτικής μείωσης είτε της 2^{ης} εναλλακτικής μείωσης του ορίου ταχύτητας.
2. Το **57%** των οδηγών Ι.Χ. συγκεκριμένα που συμμετείχε στην έρευνα **συμφωνούν εν γένει με τη μείωση του ορίου ταχύτητας** από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο.

Ειδικότερα:

3. Η επιλογή οποιασδήποτε εναλλακτικής μείωσης ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο είτε η καμία μείωση, εξαρτάται σε πρωταρχικό βαθμό από την **αύξηση του χρόνου διαδρομής**, από τη **μείωση κατανάλωσης καυσίμου** και από τη **μείωση πιθανότητας οδικών ατυχημάτων με τραυματισμό**, γεγονός το οποίο συμφωνεί με τη βιβλιογραφία. Αναλυτικά, με την αύξηση στο χρόνο ταξιδιού παρατηρείται μείωση της πιθανότητας επιλογής της μείωσης της ταχύτητας, με την αύξηση της μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου παρατηρείται αύξηση της πιθανότητας επιλογής της μείωσης της ταχύτητας και τέλος με την αύξηση της μείωσης πιθανότητας οδικών ατυχημάτων με τραυματισμό παρατηρείται αύξηση της πιθανότητας επιλογής της μείωσης της ταχύτητας.
4. Οι **οδηγοί** με οδηγική εμπειρία έως 9 έτη (**μικρή οδηγική εμπειρία**) έχουν περίπου 25-29% **λιγότερες πιθανότητες να επιλέξουν** εν γένει κάποια μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, συγκριτικά με εκείνους με μεγαλύτερη οδηγική εμπειρία, το οποίο μπορεί να είναι λογικό καθώς οι πιο έμπειροι οδηγοί έχουν πιθανώς κατανοήσει καλύτερα την σημασία της ταχύτητας στην οδική ασφάλεια και επιπλέον οι νέοι οδηγοί έχουν αυξημένη διάθεση να οδηγούν με υψηλότερες ταχύτητες και να παίρνουν υψηλότερα ρίσκα στην οδήγησή τους.
5. Οι **ερωτώμενοι με συχνή συχνότητα οδήγησης** (κάθε μέρα, 2-3 φορές την εβδομάδα) είναι **κατά 47% λιγότερο πιθανό να επιλέξουν ΝΑΙ** στη μείωση ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, σε αντίθεση με εκείνους που η συχνότητα οδήγησης τους ήταν «1 φορά την εβδομάδα» και «1 φορά το μήνα». Παρατηρείται ότι οι οδηγοί που οδηγούν πιο συχνά και μάλιστα οι περισσότεροι από αυτούς οδηγούν και καθημερινά, αντιδρούν κατά κύριο λόγο πιο αρνητικά σε μία επερχόμενη μείωση του ορίου ταχύτητας, καθώς αντιλαμβάνονται ότι το μειωμένο όριο ταχύτητας θα οδηγήσει σε τακτικές αυξήσεις του χρόνου ταξιδιού τους.
6. Οι ερωτώμενοι με **κύριο μέσο μετακίνησης το Δίκυκλο** ήταν **κατά 29 -36% λιγότερο πιθανό να επιλέξουν** οποιαδήποτε εναλλακτική μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, καθώς οι μοτοσυκλετιστές βάσει της βιβλιογραφίας είναι πιο πιθανό να παίρνουν υψηλότερα ρίσκα στην οδήγησή τους και έτσι μία μείωση του ορίου ταχύτητας θα τους περιόριζε και δεν θα ήταν θεμιτή.
7. Οι ερωτώμενοι με **κύριο μέσο μετακίνησης τα ΜΜΜ** ήταν **κατά 2-2,1 φορές πιο πιθανό να επιλέξουν** οποιαδήποτε εναλλακτική μείωσης του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Επομένως, αυτοί που χρησιμοποιούν ΜΜΜ αντιλαμβάνονται πιθανώς τα οφέλη της οδικής ασφάλειας γενικότερα για το οδικό δίκτυο και δεν θεωρούν πως θα μειωθεί ο χρόνος ταξιδιού τους αφού τα υπέργεια ΜΜΜ χρησιμοποιούν ούτως ή άλλως χαμηλότερες ταχύτητες.
8. Οι ερωτώμενοι που απάντησαν πως η ταχύτητα δεν αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην πρόκληση των ατυχημάτων, ήταν **κατά 67 - 75% λιγότερο πιθανό να επιλέξουν** γενικώς

οποιαδήποτε μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο, κάτι που πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι έτσι και αλλιώς δεν θεωρούν σημαντικό τον ρόλο της ταχύτητας στην πρόκληση ατυχημάτων, επομένως δεν θα υπήρχε κάποια σημαντική αλλαγή με το μέτρο αυτό.

9. Οι ερωτώμενοι που απάντησαν ότι δεν είναι σημαντική η παρουσία πεζών και ποδηλάτων για να επιλέξουν την ταχύτητα οδήγησής τους ήταν κατά **2,1 έως 3 φορές περισσότερο πιθανό** να επιλέξουν θετικά την οποιαδήποτε **μείωση του ορίου ταχύτητας** στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Το αποτέλεσμα αυτό δικαιολογείται, καθώς η ευαισθητοποίηση προς τους ευάλωτους χρήστες θα παρατηρείται κυρίως από οδηγούς που σέβονται έτσι και αλλιώς τα όρια ταχύτητας και οδηγούν σύμφωνα με αυτά. Επομένως, η παρουσία ή όχι πεζών δεν επηρεάζει την ταχύτητα τους αφού εκ των προτέρων οδηγούν με χαμηλή ταχύτητα.
10. Οι γυναίκες συμμετέχουσες ήταν **1,6 έως 2,1 φορές περισσότερο πιθανό να επιλέξουν ΝΑΙ** στη οποιαδήποτε μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο σε σχέση με τους άνδρες, οι οποίοι στην πλειοψηφία τους τείνουν να οδηγούν πιο επικίνδυνα και είναι διατεθειμένοι να αναλάβουν μεγαλύτερα ρίσκα, σε αντίθεση με τις γυναίκες οι οποίες οδηγούν πιθανώς πιο συντηρητικά και επομένως είναι καταρχήν θεμιτό από αυτές μια επερχόμενη μείωση του ορίου ταχύτητας με σκοπό την αύξηση της οδικής ασφάλειας.
11. Τέλος οι μαθητές και οι φοιτητές ερωτώμενοι φαίνεται πως **ανταποκρίνονται πιο αρνητικά** κατά περίπου **36%** στη μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας. Η συμπεριφορά αυτή γίνεται κατανοητή, καθώς οι νεότερης ηλικίας είναι πιο επιπόλαιοι στην οδήγησή τους, οδηγώντας με υψηλότερες ταχύτητες και παίρνοντας μεγαλύτερα ρίσκα, επομένως μια μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο θα τους έκανε να πρέπει να υπακούσουν σε χαμηλότερες ταχύτητες οδήγησης, μία μη επιθυμητή συνέπεια.

7.2.2 Συμπεράσματα Κοινωνικο-οικονομικής Ανάλυσης

Τα συμπεράσματα της κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης συνοψίζονται στα εξής σημεία:

- ✓ Η **μείωση του ορίου ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό δίκτυο της χώρας**, έχει σημαντικό θετικό αντίκτυπο στη μείωση των οδικών ατυχημάτων, στη μείωση εκπομπών CO₂ και γενικότερα θετικό αντίκτυπο στην κοινωνία.
- ✓ Η μείωση του ορίου ταχύτητας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο στα 80 χλμ./ώρα προβλέπεται ότι σε βάθος 8ετίας θα οδηγήσει σε:
 - I. **136 λιγότερους νεκρούς,**
 - II. **55 βαριά τραυματίες και**
 - III. **486 ελαφρά τραυματίες** οδηγοί και επιβάτες επιβατικών οχημάτων, οι οποίοι μπορεί να είναι πολύ περισσότεροι εάν ληφθούν υπόψη και οι υπόλοιποι τύποι οχημάτων και οι πεζοί.
 - IV. Στη **μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 163 χιλιάδες λίτρα.**
 - V. Στη **μείωση ρύπων CO₂ κατά 324 τόνους.**
- ✓ Το **σημαντικότερο οικονομικό όφελος προκύπτει λόγω της μείωσης των οδικών ατυχημάτων.** Το όφελος αυτό, ανέρχεται συνολικά περίπου στα 320 εκατομμύρια € σε βάθος 8ετίας.
- ✓ Το **οικονομικό όφελος από τη μείωση κατανάλωσης καυσίμου** εκτιμάται στα 147 χιλιάδες € σε βάθος 8ετίας.
- ✓ Η μείωση του ορίου ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό δίκτυο της χώρας, αποτελεί μία οικονομικά ανταποδοτική και πολύ επωφελή για την κοινωνία επέμβαση εφόσον τα απαιτούμενα λειτουργικά κόστη και το κόστος επένδυσης είναι σημαντικά χαμηλότερα συγκριτικά με τα οφέλη που προκύπτουν στα 8 χρόνια λειτουργίας του. Συγκεκριμένα, η Οικονομική Καθαρή Παρούσα Αξία ENPV είναι θετική και ανέρχεται στα 170

εκατομμύρια € ενώ ο Οικονομικός Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης **ERR** είναι ίσος με **39,1%** επιβεβαιώνοντας την αρκετά υψηλή 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 ενεργειών και μέτρων αλλά και στην εκπόνηση νέας έρευνας.

1. Από τις προηγούμενες αναλύσεις παρατηρήθηκε ότι ενώ η αύξηση του χρόνου ταξιδιού έχει σημαντική θέση στην προτίμηση ή όχι της μείωσης του ορίου ταχύτητας, η οδική ασφάλεια αποτελεί καθοριστικότερο παράγοντα. Επομένως, **η εφαρμογή του μέτρου μείωσης του ορίου ταχύτητας φαίνεται να έχει καταρχάς σημαντικό ποσοστό αποδοχής** και έτσι κρίνεται απαραίτητη η εξέταση **εφαρμογής 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.
2. Το υψηλό κόστος των τραυματιών και των νεκρών και αντίστοιχα το **υψηλό κοινωνικο-οικονομικό όφελος** που προκύπτει κυρίως από την μείωση των οδικών ατυχημάτων. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό και πρέπει να τονιστεί ώστε να οδηγήσει στην περαιτέρω αύξηση της κοινής αποδοχής και στην ισχυρή εφαρμογή του νέου μέτρου μείωσης της ταχύτητας σε 80 χλμ./ώρα στα οδικά τμήματα και σε 50 χλμ./ώρα στους ισόπεδους κόμβους στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας.
3. Επιπλέον, δεν θα έπρεπε να λείπει η σωστή ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών κυρίως μέσα από ενημερωτικές καμπάνιες και από τα ΜΜΕ, κάτι το οποίο έχει ήδη αναφερθεί και μάλιστα και υπολογιστεί στην Ανάλυση Κόστους Οφέλους (CBA).
4. Ακόμα, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να πραγματοποιηθούν ενέργειες όσον αφορά την παιδεία ακόμα και μέσα στο πρόγραμμα των σχολικών μαθημάτων με την κυκλοφοριακή αγωγή για παιδιά.

7.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάστηκε η επιρροή του χρόνου ταξιδιού, της κατανάλωσης καυσίμου και της πιθανότητας οδικού ατυχήματος στην επιλογή της **μείωσης του ορίου ταχύτητας από 90 χλμ./ώρα σε 80 χλμ./ώρα στο υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας**. 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 ανταποδοτικότητα 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: βάση τα αποτελέσματα και τα συνολικά εξαγόμενα συμπεράσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, παρατίθενται μια σειρά από προτάσεις.

1. **Αλλαγές στις τιμές των μεταβλητών των σεναρίων της δεδομένης προτίμησης**, δηλαδή, στην αύξηση του χρόνου ταξιδιού, στη μείωση κατανάλωσης καυσίμου και στη μείωση πιθανότητας οδικού ατυχήματος με τραυματισμό, μπορεί 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 υπεραστικού οδικού δικτύου** της Ελλάδας και η διεξαγωγή της έρευνας και ανάλυσης στο οδικό δίκτυο των αυτοκινητοδρόμων, ένα δίκτυο πλέον ασφαλές στον ελληνικό χώρα αλλά με όρια ταχύτητας πολύ μεγαλύτερα (130 χλμ./ώρα) από αυτού του υπεραστικού δικτύου.
4. Επειδή λήφθηκαν υπόψη μόνο οδηγοί και επιβάτες επιβατικών οχημάτων, προτείνεται σε **επανάληψη της έρευνας** να ληφθούν υπόψη και **οι υπόλοιποι τύποι οχημάτων και οι πεζοί**.
5. Επίσης, σκόπιμη θεωρείται η επανάληψη της παρούσας έρευνας μετά από εύλογο χρονικό διάστημα, ώστε να παρατηρηθούν τυχόν αλλαγές στην συμπεριφορά και την αντίληψη των οδηγών στα θέματα οδικής ασφάλειας, τα οποία θα δώσουν διαφορετικά αποτελέσματα τόσο στα στατιστικά μοντέλα όσο και στο CBA.

Παράρτημα 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 και από 90km/h σε 80 km/h στο υπεραστικό δίκτυο της Ελλάδας.**

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
- ☐ 5-9
- ☐ 10-14
- ☐ >15

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

A5. Σε πόσα ατυχήματα με υλικές ζημιές έχετε εμπλακεί ως οδηγός;

- ☐ Κανένα
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ >3

A6. Σε πόσα ατυχήματα με παθόντες έχετε εμπλακεί ως οδηγός;

- ☐ Κανένα
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ >3

A7. 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 ανήσυχοι 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, μοτοσικλετιστές, 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					

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 ταξιδιού, κατανάλωσης καυσίμου και πιθανότητας οδικού ατυχήματος που αφορούν σε **μια συνηθισμένη 45λεπτή διαδρομή στην πόλη** επιλέξετε την εναλλακτική που θα προτιμούσατε.

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

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

10	Μερική μείωση σε 30km/h	Καθολική μείωση σε 30km/h	Καμία Μείωση (50km/h παντού)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+10min	+15min	-

Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-5%	-10%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-20%	-50%	-

Υπεραστικό δίκτυο

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

1^η Εναλλακτική: μείωση της ταχύτητας από 90km/h σε 80km/h στα οδικά τμήματα και καμία αλλαγή στους ισόπεδους κόμβους (60km/h),

2^η Εναλλακτική: μείωση σε 80km/h στα οδικά τμήματα και 50km/h στους ισόπεδους κόμβους.

Γ4. Συμφωνείτε με τη μείωση των ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό δίκτυο, στα 80 km/h στα οδικά τμήματα και στα 60km/h στους ισόπεδους κόμβους;

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

Γ5. Συμφωνείτε με τη μείωση των ορίων ταχύτητας στο υπεραστικό δίκτυο, στα 80km/h στα οδικά τμήματα και 50km/h στους ισόπεδους κόμβους;

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

Γ6. Επιλογές Σεναρίων

Για καθένα από τα παρακάτω **10 σενάρια** συνδυασμών χρόνου διαδρομής, κατανάλωσης καυσίμου και πιθανότητας οδικού ατυχήματος που αφορούν σε ένα **ταξίδι 3 ωρών εκτός πόλης**, να επιλέξετε 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 80 km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 50km/h (κόμβους)	Καμία Μείωση (90km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+10min	+20min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-15%	-30%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-20%	-20%	-

2	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 50km/h (κόμβους)	Καμία Μείωση (90km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)
----------	--	--	---

Χρόνος Διαδρομής (min)	+10min	+40min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-15%	-30%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος (%)	-10%	-20%	-

3	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 50km/h (κόμβους)	Καμία Μείωση (90km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+10min	+20min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-30%	-15%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-10%	-50%	-

4	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 50km/h (κόμβους)	Καμία Μείωση (90km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+20min	+40min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-10%	-15%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-20%	-50%	-

5	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 50km/h (κόμβους)	Καμία Μείωση (90km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+10min	+20min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-10%	-15%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-20%	-50%	-

6	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 50km/h (κόμβους)	Καμία Μείωση (90km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+10min	+20min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-10%	-15%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-10%	-10%	-

7	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 50km/h (κόμβους)	Καμία Μείωση (90km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+20min	+40min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-30%	-10%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-20%	-50%	-

8	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 50km/h (κόμβους)	Καμία Μείωση (90km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+10min	+10min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-30%	-10%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-10%	-20%	-

9	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 50km/h (κόμβους)	Καμία Μείωση (90km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+10min	+40min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-10%	-30%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-10%	-50%	-

10	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)	Μείωση σε 80 km/h (τμήματα) 50km/h (κόμβους)	Καμία Μείωση (90km/h (τμήματα) 60km/h (κόμβους)
Χρόνος Διαδρομής (min)	+10min	+20min	-
Κατανάλωση Καυσίμου (%)	-15%	-30%	-
Πιθανότητα οδικού ατυχήματος με τραυματισμό (%)	-10%	-20%	-

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

- ☐ Έως 10.000Ε
- ☐ 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

Βιβλιογραφία

De Pauw, E., Daniels, S., Thierie, M. and Brijs, T., 2014. Safety effects of reducing the speed limit from 90 km/h to 70 km/h. *Accident Analysis & Prevention*, 62, pp.426-431. Ellen De Pauw et al. (2013) Safety effects of reducing the speed limit from 90 km/h to 70 km/h

Dr Craig Smith et al. (2021) How effective is reducing speed limits on rural roads? Phase 1 final report

Elvik, R., 2009. The Power Model of the relationship between speed and road safety: update and new analyses (No. 1034/2009). Rune Elvik (2009) The power model of the relationship between speed and road safety

Elvik, R., 2012. Speed limits, enforcement, and health consequences. *Annual review of public health*, 33, pp.225-238. Rune Elvik (2012) Speed Limits, Enforcement and Health Consequences

Elvik, R., Christensen, P. and Amundsen, A.H., 2004. Speed and road accidents: an evaluation of the Power Model. *Transportøkonomisk Institutt*. Rune Elvik, Peter Christensen, Astrid Amundsen (2004) Speed and road accidents: an evaluation of the Power Model

ERP Focus, (2022.) How much does ERP cost? (Free ERP cost and budget guide)

European Commission, (2019.) Handbook on the external costs of transport. Version 2019 – 1.1

European Commission, (2021.) Economic Appraisal Vademecum 2021-2027 - General Principles and Sector Applications.

European Environmental Agency (EEA), (2022.) CO₂ performance of new passenger cars in Europe.

Eyssartier, C., Chastenet, L. and Granie, M., 2019, October. Speed Reduction From 90 KM/H to 80 KM/H on French Roads: Acceptability of the Measurement. In 26ème World Road Congress. C. Eyssartier, L. Chastenet, M Granie (HAL) (2020) Speed reduction from 90 km/h to 80 km/h on French roads: Acceptability of the Measurement

French road safety observatory (ONISR), (2020.) 80 km/h speed limit on rural single carriageways.

French road safety observatory (ONISR), (2020.) Final evaluation of 80 km/h speed limit on single carriageway roads outside built-up areas.

Fuller, R., Gormley, M., Stradling, S., Broughton, P., Kinnear, N., O'Dolan, C. and Hannigan, B., 2009. Impact of speed change on estimated journey time: Failure of drivers to appreciate relevance of initial speed. *Accident Analysis & Prevention*, 41(1), pp.10-14. R. Fuller, M. Gormley, et al. (2009) Impact of speed change on estimated journey time: Failure of drivers to appreciate relevance of initial speed

George Yannis, Katerina Folla, Dimitris Nikolaou, (2021.) The Greek National road Safety Plan 2021-2030 Linking and Monitoring Road Safety Targets, KPIs and Measures.

International Transportation Forum (ITF), (2018.) Speed and Crash Risk.

International Transportation Forum (ITF), (2020.) ROAD SAFETY REPORT 2020 | GREECE

ITS Deployment Evaluation (2004) The installation and operational costs for 599 speed cameras (mobile and fixed) deployed during a two-year pilot study in the United Kingdom totaled approximately £21 million

Lopez-Aparicio, S., Grythe, H., Thorne, R.J. and Vogt, M., 2020. Costs and benefits of implementing an Environmental Speed Limit in a Nordic city. *Science of the Total Environment*, 720, p.137577. Susana

Lopez-Aparicio, Henrik Grythe et al. (2020) Costs and benefits of implementing an Environmental Speed Limit in a Nordic city

Max Cameron , Stuart Newstead (2021) Increasing the effectiveness of mobile speed cameras on rural roads in Victoria based on crash reductions from operations in Queensland

Max Cameron , Stuart Newstead (2021) Increasing the effectiveness of mobile speed cameras on rural roads in Victoria based on crash reductions from operations in Queensland

Ministère De L' Europe et Des Affaires Étrangères (2018) Protocole

Permanent Structured Cooperation (2022) SDR

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

SYSTEMA Transport Planning & Engineering Consultants Ltd (2017)

Terra, (2022.) Πλήρως Δομημένο και Κατηγοριοποιημένο Οδικό Δίκτυο για χρήση σε Συστήματα Πλοήγησης

The International Council on clean Transportation (2017) Light -Duty Vehicle greenhouse gas and fuel Economy standards

Vehicle Certification Agency (2022) New Car Fuel Consumption & Emission Figures

Yannis, G., Papadimitriou, E. and Evgenikos, P., 2005, October. Cost-benefit assessment of selected road safety measures in Greece. In Proceedings of the 13th International Conference on Road Safety on Four Continents, Warsaw. G. Yannis, E. Papadimitriou, P. Evgenikos (2005) Cost-Benefit Assessment of selected road safety measures in Greece

Δάφκος Χαράλαμπος Αντωνίου (2015) Ανάλυση Κόστους Οφέλους Cost Benefit Analysis

Ελληνική δημοκρατία δήμος Λαρισαίων Δ/νση Τεχνικών Υπηρεσιών Τμήμα Κυκλοφοριακών Ρυθμίσεων (2019) Περιγραφικό Τιμολόγιο Έργων Οδοποιίας NET ΟΔΟ - ΕΚΔΟΣΗ 3.0

ΕΛΣΤΑΤ (2019) Αριθμός παθόντων οδηγών και επιβατών στο Υπεραστικό Οδικό Δίκτυο της Ελλάδας το 2019 ανά σοβαρότητα και τύπο οχήματος

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) (2001) Λειτουργική Κατάταξη Οδικού Δικτύου (ΟΜΟΕ - ΛΚΟΔ)

Προϋπολογισμός Μελέτης Εγνατία Οδός Α.Ε. (2010) «Βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας στον οδικό άξονα Θεσσαλονίκη – Πολύγυρος (Ε.Ο. 16), τμήμα Θέρμη – Γαλάτιστα (NR16.10-16.20)»