



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών & Συγκοινωνιακής Υποδομής

Ανάλυση Συμπεριφοράς Κυκλοφορίας & Ασφάλειας των Τροφοδιανομέων



Διπλωματική Εργασία

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΧΟΥΜΗΣ

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

Ευχαριστίες

Καταρχήν, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου και Καθηγητή που μου ανέθεσε κι επέβλεψε την παρούσα Διπλωματική Εργασία. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω επίσης για την καθοδήγησή του και υποστήριξή του καθ'όλη την διάρκεια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας.

Κατόπιν, θα ήθελα να ευχαριστήσω εξίσου θερμά την Στυλιανή Ρούσσου, υποψήφια Διδάκτορα του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, για την σημαντικότερη συνεισφορά της σε όλο το διάστημα της έρευνας και της συγγραφής, καθώς επίσης για τα εποικοδομητικά σχόλια τα οποία βοήθησαν στη βελτιστοποίηση της Εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, την σύντροφό μου και τους φίλους μου για όλη την στήριξη που έδειξαν ο καθένας με τον δικό του μοναδικό τρόπο στο να φτάσω στο τέλος ενός μακροχρόνιου αλλά και πανέμορφου ταξιδιού το οποίο ξεκίνησε με την εισαγωγή μου στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. και ολοκληρώνεται πλέον μέσα από την ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

Κωνσταντίνος Χούμης

Σύνοψη

Στόχος αυτής της Διπλωματικής Εργασίας είναι η ανάλυση της οδηγικής συμπεριφοράς των τροφοδιανομέων, ο προσδιορισμός και η αξιολόγηση των πιθανών κινδύνων στους οποίους εκτίθενται κατά τη διάρκεια της εργασίας τους και οι αιτίες τους. Για τον λόγο αυτό συντάχθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο κλήθηκαν να απαντήσουν 200 τροφοδιανομείς από όλη την Αττική βάσει της μεθόδου της δεδηλωμένης προτίμησης για διάφορα υποθετικά σενάρια χρόνου, μείωσης πιθανότητας ατυχήματος και αύξησης κέρδους. Οι τροφοδιανομείς που απάντησαν το ερωτηματολόγιο αυτό χρειάστηκε να επιλέξουν ανάμεσα σε τρεις εναλλακτικές προτάσεις για κάθε ένα από τα 8 σενάρια που σχεδιάστηκαν. Οι προτάσεις αυτές σχετίζονται με το κατά πόσο οι τροφοδιανομείς θα οδηγούσαν πιο προσεκτικά ανά σενάριο. Οι προτάσεις ήταν: α) Προσεκτική οδήγηση, β) Λιγότερο προσεκτική οδήγηση και γ) Καμία αλλαγή στην οδήγηση. Στη συνέχεια αναπτύχθηκε ένα μοντέλο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης και ένα μοντέλο ανάλυσης GLM για την επεξεργασία των δεδομένων που αντλήθηκαν από τα ερωτηματολόγια. Από τα αποτελέσματα του μοντέλου της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης, προέκυψε ότι οι μεταβλητές οι οποίες επηρεάζουν την επιλογή του τροφοδιανομέα στα υποθετικά σενάρια είναι: ο χρόνος της κάθε διαδρομής, η μείωση πιθανότητα ατυχήματος, η απώλεια κέρδους, η ηλικία του τροφοδιανομέα, ο αριθμός των κλήσεων και η άποψή του για την αυστηροποίηση των ποινών ως μέτρο βελτίωσης της οδικής ασφάλειας.

Λέξεις κλειδιά: τροφοδιανομείς, οδική ασφάλεια, δεδηλωμένη προτίμηση, πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση, ανάλυση GLM, χρόνος διαδρομής, πιθανότητα ατυχήματος, απώλεια κέρδους, αυστηροποίηση ποινών, αύξηση προστίμων, χρήση καμερών

Abstract

The aim of this Thesis is to analyze the driving behavior of food delivery drivers, to identify and evaluate the potential risks they face during their work, and to determine the causes of these risks. To achieve this, a questionnaire was developed, and 200 food delivery drivers from all over Attica were asked to respond based on the stated preference method for various hypothetical scenarios involving changes in delivery time, accident risk reduction and profit loss per delivery. In each scenario, drivers were given three alternative choices: a) Drive more carefully, b) Drive a bit more carefully, or c) Make no changes in their driving behavior. Subsequently, a multinomial logistic regression model and a GLM model were used to process the questionnaire data. The results of the multinomial logistic regression model revealed that the variables influencing the food delivery drivers' choices in hypothetical scenarios include: delivery time, accident risk reduction, profit loss, age of the driver, the number of fines received, and their opinion on stricter penalties as a measure to improve road safety.

Keywords: food delivery drivers, road safety, stated preference, polynomial logistic regression, GLM analysis, delivery time, accident risk, profit loss, age, number of fines, stricter penalties, fine increase, camera usage

Περίληψη

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η ανάλυση της οδικής συμπεριφοράς των τροφοδιανομέων, ο εντοπισμός και η αξιολόγηση των κινδύνων με τους οποίους έρχονται αντιμέτωποι κατά την εργασία τους. Επιπλέον στόχος είναι η εύρεση και αξιολόγηση ορισμένων μεθόδων για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας.

Μετά τον καθορισμό του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας, επόμενο βήμα ήταν η αναζήτηση διεθνούς βιβλιογραφίας σχετική με το αντικείμενο της έρευνας με σκοπό να βρεθούν όλα τα στοιχεία τα οποία κρίνονται απαραίτητα. Παράλληλα, σχεδιάστηκε και συντάχτηκε ένα ερωτηματολόγιο σε ηλεκτρονική μορφή, το οποίο κλήθηκαν να απαντήσουν τροφοδιανομείς από όλη την Αττική. Σκοπός του ερωτηματολογίου ήταν η συλλογή όλων των απαραίτητων δεδομένων, βάσει οκτώ σεναρίων που συντάχτηκαν, σύμφωνα με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Τα οκτώ αυτά σενάρια περιλάμβαναν διάφορες περιπτώσεις και τιμές για χρόνο διαδρομής, μείωση πιθανότητας ατυχήματος και απώλεια κέρδους.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τα ερωτηματολόγια, μέσω της μεθόδου της πολυνωνμικής λογιστικής παλινδρόμησης (multinomial logistic regression) και της ανάλυσης GLM (generalized linear model) . Χάρη στις παραπάνω στατιστικές αναλύσεις εντοπίστηκαν οι παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή του κάθε τροφοδιανομέα ανά σενάριο και την άποψή του για κάποιες προτεινόμενες μεθόδους βελτίωσης της οδικής ασφάλειας, καθώς επίσης και το επίπεδο επιρροής τους.

Συμπεράσματα

	Πολυωνυμικό Μοντέλα			
	Προσεκτικής οδήγηση		Λιγότερο προσεκτική οδήγηση	
	Συντελεστής	p-value	Συντελεστής	p-value
Σταθερός όρος	-40,834	0,005	-7,299	0,490
Αύξηση χρόνου διαδρομής	23,775	0,094	13,097	0,097
Μείωση πιθανότητας ατυχήματος	57,262	0,063	12,947	0,091
Απώλεια κέρδους	28,835	0,092	24,879	0,093
Ηλικία	0,358	0,945	-0,441	0,932
Αριθμός κλήσεων	-0,165	0,939	-0,042	0,985
Αυστηροποίηση των ποινών	0,444	0,947	-0,006	0,999

	Μοντέλα GLM					
	Αυστηροποίηση των ποινών		Αύξηση των προστίμων		Χρήση καμερών	
	Συντελεστής	p-value	Συντελεστής	p-value	Συντελεστής	p-value
Σταθερός όρος	-0,184	0,330	0,657	0,000	1,119	0,000
Αριθμός κλήσεων	-0,056	0,181	0,104	0,015	-0,042	0,398
Χρήση προστατευτικού κράνους	0,724	0,000			0,349	0,034
Χρήση προστατευτικού ρουχισμού			1,040	0,000		
Οδηγική εμπειρία	-0,084	0,044	-0,167	0,000	-0,090	0,099
Αριθμός ατυχημάτων			-0,216	0,000		
Αριθμός σοβαρών ατυχημάτων	0,163	0,047				
Παραβίαση απαγορευτικής σήμανσης	-0,337	0,037				
Παραβίαση ερυθρού σηματοδότη			-0,020	0,929		
Αντικανονική προσπέραση					-0,567	0,001
Ωράριο εργασίας					0,178	0,055

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	8
1.1 Γενική Ανασκόπηση	8
1.1.1 Κίνδυνοι που Αντιμετωπίζουν οι Τροφοδιανομείς	8
1.1.2 Αιτίες των Κινδύνων	9
1.1.3 Θέση της Πολιτείας	9
1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας	10
1.3 Μεθοδολογία	10
1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας	12
Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	14
2.1 Εισαγωγή	14
2.2 Στατιστικά Τροχαία Μοτοσυκλετιστών	14
2.3 Βασικές Αιτίες Τροχαίων Ατυχημάτων Μοτοσυκλετιστών	15
2.3.1 Υπερβολική Ταχύτητα	16
2.3.2 Χρήση Κινητού Τηλεφώνου	16
2.3.3 Παραβίαση Ερυθρού Σηματοδότη	17
2.3.4 Αντικανονική Χρήση Οδού	17
2.3.5 Προστατευτικά Μέσα	18
2.3.6 Άλλες Αιτίες Τροχαίων Ατυχημάτων	18
2.4 Εισόδημα & Επικίνδυνη Οδήγηση	19
2.5 Τακτικές Μείωσης Οδικών Ατυχημάτων	19
2.6 Χρόνος Διαδρομής & Μείωση Πιθανότητας Ατυχήματος	20
2.7 Σύνοψη	20
Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό Υπόβαθρο	22
3.1 Εισαγωγή	22
3.2 Βασικές Έννοιες Στατιστικής	22
3.3 Μέθοδος Δεδηλωμένης & Αποκαλυπτόμενης Προτίμησης	23
3.4 Μέθοδοι Στατιστικής Ανάλυσης	24
3.4.1 Γραμμική Παλινδρόμηση	24
3.4.2 Πιθανοτική ανάλυση	25
3.4.3 Λογιστική Παλινδρόμηση	25
3.5 Λογιστική Παλινδρόμηση	25
3.6 GLM Ordinal Logistic Regression	26
3.7 Multicollinearity & VIF	27
3.8 Κριτήρια αποδοχής μοντέλου	28
3.8.1 Πρόσημα & Τιμές Συντελεστών	28
3.8.2 Ελαστικότητα	28
3.8.3 Στατιστική Σημαντικότητα	29
3.8.4 R^2	29
3.8.5 Συσχέτιση Παραμέτρων	30
3.8.6 Μέγιστη Πιθανοφάνεια	30
3.8.7 AIC & BIC	30
3.9 Θεωρία Στοχαστικής Χρησιμότητας-Συνάρτηση Χρησιμότητας	31
Κεφάλαιο 4: Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων	32
4.1 Εισαγωγή	32
4.2 Συλλογή στοιχείων	32
4.2.1 Μορφή ερωτηματολογίου	32

4.2.2 Μέρη Ερωτηματολογίου	32
4.2.3 Σενάρια	33
4.2.4 Συλλογή Ερωτηματολογίων	34
4.3 Κωδικοποίηση Δεδομένων	35
4.4 Συγκεντρωτικά στοιχεία	36
Κεφάλαιο 5: Στατιστική Ανάλυση	39
5.1 Εισαγωγή	39
5.2 Στατιστικό της Πρότυπο Πολυωνυμικής Λογιστικής Παλινδρόμησης	40
5.2.1 Επεξεργασία Δεδομένων της Πολυωνυμικής Λογιστικής Παλινδρόμησης	40
5.2.2 Αποτελέσματα της Πολυωνυμικής Λογιστικής Παλινδρόμησης	45
5.2.3 Ανάλυση Αποτελεσμάτων του Πολυωνυμικού Λογιστικού Μοντέλου	46
5.3 Στατιστικό Μοντέλο της GLM	49
5.3.1 Επεξεργασία Δεδομένων της GLM	49
5.3.2 Αποτελέσματα της GLM	52
5.3.3 Ανάλυση Αποτελεσμάτων της GLM	54
5.3.4 Καμπύλη ROC	58
5.4 Βαθμός Επιρροής Μεταβλητής.....	60
5.5 Ανάλυση Ευαισθησίας.....	61
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα	66
6.1 Σύνοψη	66
6.2 Συμπεράσματα	67
6.3 Προτάσεις για αξιοποίηση των αποτελεσμάτων	69
6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	69
Παράρτημα - Ερωτηματολόγιο	71
Βιβλιογραφία	78

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Η σύγχρονη κοινωνία χαρακτηρίζεται από μια νέα εποχή όπου η ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει κάνει την παράδοση τροφίμων και αγαθών να είναι ακόμη πιο εύκολη και προσιτή για όλους από όσο ήδη ήταν (Christie & Ward, 2023). Στην εποχή των κινητών εφαρμογών, οι τροφοδιανομείς εργάζονται για πολύ μεγάλο αριθμό ωρών και κάνουν συχνή χρήση των κινητών τηλεφώνων τους κατά τη παράδοση των παραγγελιών για επικοινωνία, για χρήση GPS και για διάφορους ακόμα λόγους (Christie & Ward, 2023).

Παρόλη την άνεση που προσφέρεται πλέον σε αυτό το επάγγελμα, **οι τροφοδιανομείς αντιμετωπίζουν και πολλούς κινδύνους** κατά τη διάρκεια της εργασίας τους. Από την έντονη και επικίνδυνη οδική κυκλοφορία και τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες, μέχρι την ανάγκη για επαγγελματική αξιοπρέπεια και ασφάλεια, οι τροφοδιανομείς είναι πάντα αντιμετώπι με προκλήσεις (FHWA).

Σε αυτή την εργασία, θα μελετηθεί η **οδηγική συμπεριφορά** των τροφοδιανομένων, οι **προκλήσεις** με τις οποίες έρχονται αντιμετώπι κατά τη διάρκεια της εργασίας τους, θα παρουσιαστούν οι **κίνδυνοι** που αντιμετωπίζουν και θα εξεταστούν **πιθανοί τρόποι** με τους οποίους μπορεί να διασφαλιστεί έως έναν βαθμό η **ασφάλεια** των εργαζομένων αυτού του κλάδου.

1.1.1 Κίνδυνοι που Αντιμετωπίζουν οι Τροφοδιανομείς

Το επάγγελμα του τροφοδιανομέα επιφέρει διάφορες διευκολύνσεις ως προς τους καταστηματαρχες, τους καταναλωτές καθώς επίσης και για το κυκλοφοριακό ζήτημα αφού δεν είναι πλέον απαραίτητο ο καταναλωτής να μετακινηθεί έως το κατάστημα από το οποίο επιθυμεί να αγοράσει κάτι (μετακίνηση που ενδεχομένως θα χρειαζόταν Ι.Χ.). Ωστόσο όμως, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε τους κινδύνους που αντιμετωπίζει ο συγκεκριμένος εργασιακός κλάδος κατά τη διάρκεια της εργασίας τους.

Οι τροφοδιανομείς είναι συχνά υποχρεωμένοι να **κινούνται γρήγορα** στον δρόμο για την παράδοση των παραγγελιών και κατά αυτό τον τρόπο αρκετά εκτεθειμένοι σε ατυχήματα κυκλοφορίας (Vecchio et al, 2022). Πρέπει επίσης να εκτελούν την εργασία τους **ανεξαρτήτως των καιρικών συνθηκών** που επικρατούν. Δυσμενείς καιρικές συνθήκες, όπως είναι η έντονη βροχή, το χιόνι και ο καύσωνας, μπορούν να καθιστούν την εργασία τους εξαιρετικά δύσκολη και επικίνδυνη (FHWA).

Επιπροσθέτως, οι τροφοδιανομείς που εργάζονται είτε ως αυτοαπασχολούμενοι είτε ως υπάλληλοι κάποιου καταστήματος, πολλές φορές **δεν δηλώνονται και δεν ασφαλίζονται για την εργασία τους**. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επικράτηση της ανασφάλειας και της έλλειψης

προστασίας, γεγονός που σε άλλες εργασιακές σχέσεις προσφέρεται. Ακόμα, η συνεχής οδήγηση και η πίεση για γρήγορη παράδοση των παραγγελιών μπορεί να **επηρεάζουν την υγεία των τροφοδιανομέων**, ενώ οι υπερβολικές ώρες εργασίας μπορούν να οδηγήσουν σε κόπωση και στρες.

1.1.2 Αιτίες των Κινδύνων

Οι τροφοδιανομείς αντιμετωπίζουν αυτούς τους κινδύνους λόγω της φύσης της εργασίας τους και του περιβάλλοντος στο οποίο λειτουργούν καθώς διανύουν μεγάλες αποστάσεις καθημερινά για την παράδοση των παραγγελιών. Αυτό τους εκθέτει σε κινδύνους ατυχημάτων και ατυχημάτων κυκλοφορίας, καθώς πρέπει να κινούνται γρήγορα και να προσαρμόζονται στην κυκλοφοριακή κατάσταση. Το ίδιο συμβαίνει και όταν επικρατούν δυσμενή καιρικά φαινόμενα. Όταν π.χ. υπάρχει έντονη βροχόπτωση, το οδόστρωμα γίνεται περισσότερο ολισθηρό, η απόσταση πέδησης μεγαλώνει και η ορατότητα μειώνεται. Επίσης, το μικρό μέγεθος του οχήματός τους δυσκολεύει τους άλλους χρήστες του οδικού δικτύου στο να τους δουν σε αρκετές περιπτώσεις.

Επειδή σε πολλές περιπτώσεις τροφοδιανομέων, οι απολαβές τους είναι ιδιαίτερα μικρές ή επειδή προκύπτουν ποσοστιαία των ολοκληρωμένων παραγγελιών, είναι απαραίτητο για εκείνους να ολοκληρώσουν όσο το δυνατό περισσότερες παραγγελίες γίνεται. Με αυτό τον τρόπο συμπληρώνουν το μεροκάματό τους μέσα από τα φιλοδωρήματα ή από τις ίδιες τις παραπάνω παραγγελίες όταν εργάζονται με ποσοστό. Αυτό τους οδηγεί σε ιδιαίτερα απρόσεκτη οδήγηση και σε συχνές παραβιάσεις του Κ.Ο.Κ.

Γενικά, οι τροφοδιανομείς αντιμετωπίζουν αυτούς τους κινδύνους εξαιτίας των απαιτήσεων που έχει το επάγγελμά τους. **Η ευελιξία, η ταχύτητα και η ανθεκτικότητα** είναι μερικά από τα απαραίτητα χαρακτηριστικά της εργασίας τους.

1.1.3 Θέση της Πολιτείας

Η αντιμετώπιση των προβλημάτων του επαγγέλματος των τροφοδιανομέων είναι υπόθεση τόσο των **δημόσιων αρχών** όσο και των **επιχειρήσεων**. Ανάλογα με τη χώρα και τη νομοθεσία, υπάρχουν διάφορα μέτρα και πρωτοβουλίες που μπορούν να ληφθούν για τη βελτίωση της κατάστασης των τροφοδιανομέων.

Σε διάφορες χώρες ανά το κόσμο, τα δικαιώματα των τροφοδιανομέων προστατεύονται μέσω των νόμων. Φροντίζεται, οι εργασιακές συνθήκες να είναι τέτοιες ώστε οι τροφοδιανομείς να είναι **όσο το δυνατό πιο ασφαλείς κατά την εργασία** τους.

Ακόμη, οι δημόσιες αρχές **ελέγχουν τη συμμόρφωση των πολιτών** με τους νόμους και τους κανονισμούς στον συγκοινωνιακό τομέα και στον τομέα των μεταφορών.

Παρατηρείται ακόμη ότι οι επιχειρήσεις συνεργάζονται με τους τροφοδιανομείς ώστε να προωθείται η οδική ασφάλεια μέσω της **παροχής εκπαίδευσης σχετικά με τους κανόνες ασφάλειας και μέσω της παροχής προστατευτικού εξοπλισμού**.

Συνοψίζοντας, η αντιμετώπιση των κινδύνων που αντιμετωπίζουν οι τροφοδιανομείς απαιτεί συντονισμένες προσπάθειες από τους ίδιους, τη Πολιτεία και τις επιχειρήσεις. Η προστασία των εργαζομένων στη βιομηχανία παράδοσης είναι κρίσιμη για τη διασφάλιση μιας ασφαλούς και αξιοπρεπούς εργασιακής πραγματικότητας.

1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αποσκοπεί στην **ανάλυση της οδηγικής συμπεριφοράς των τροφοδιανομέων** καθώς και στον προσδιορισμό και αξιολόγηση των πιθανών κινδύνων στους οποίους εκτίθενται κατά τη διάρκεια της εργασίας τους και οι αιτίες τους. Αναλύεται το κατά πόσο είναι επιρρεπείς οι ίδιοι οι τροφοδιανομείς σε παραβιάσεις του Κ.Ο.Κ. και ποιοι παράγοντες και κριτήρια επηρεάζουν τις οδηγικές τους αποφάσεις.

Για τον σκοπό αυτό σχεδιάστηκε ένα **ερωτηματολόγιο** το οποίο απαρτίζεται από 31 ερωτήσεις και 8 υποθετικά σενάρια βασιζόμενα στη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Οι απαντήσεις που δόθηκαν από τους τροφοδιανομείς αποτέλεσαν τις μεταβλητές που αξιοποιήθηκαν στη συνέχεια από τα **μαθηματικά μοντέλα**, μέσα από τα οποία εντοπίστηκε η επιρροή του χρόνου διαδρομής, της μείωσης πιθανότητας ατυχήματος και της απώλειας κέρδους στην επιλογή των τροφοδιανομέων να οδηγούν με περισσότερη προσοχή κατά την εργασία τους. Συνδυαστικά, μελετήθηκαν και αναλύθηκαν και άλλες πιθανές παράμετροι που επηρεάζουν τις επιλογές των τροφοδιανομέων όπως η ηλικία, το μορφωτικό επίπεδο και το ετήσιο οικογενειακό εισόδημα.

Τελικό στόχο αποτελούν τα **συμπεράσματα** τα οποία θα προκύψουν από τη παρούσα Διπλωματική Εργασία να αποτελέσουν κίνητρο για τους τροφοδιανομείς να **οδηγούν πιο προσεκτικά** εν ώρα εργασίας και για τη Πολιτεία να εφαρμόσει κάποιες μεθόδους που θα **αποτρέπουν** τους χρήστες του οδικού δικτύου από το να παραβιάζουν, όσο είναι αυτό βέβαια δυνατό, τον Κ.Ο.Κ.

1.3 Μεθοδολογία

Σε αυτό το υποκεφάλαιο πραγματοποιείται εν συντομία περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για να ολοκληρωθεί η Διπλωματική αυτή Εργασία.

Στο πρώτο στάδιο της εργασίας βρέθηκε η κατάλληλη **βιβλιογραφία** με στόχο την εξοικείωση με το θέμα και την εύρεση κατάλληλων στοιχείων και δεδομένων τα οποία σε μεταγενέστερα στάδια θα αποδεικνύονταν χρήσιμα για την εκπόνηση της εργασίας. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αποτελείται από επιστημονικά άρθρα τα οποία βρέθηκαν μέσω των ηλεκτρονικών βάσεων

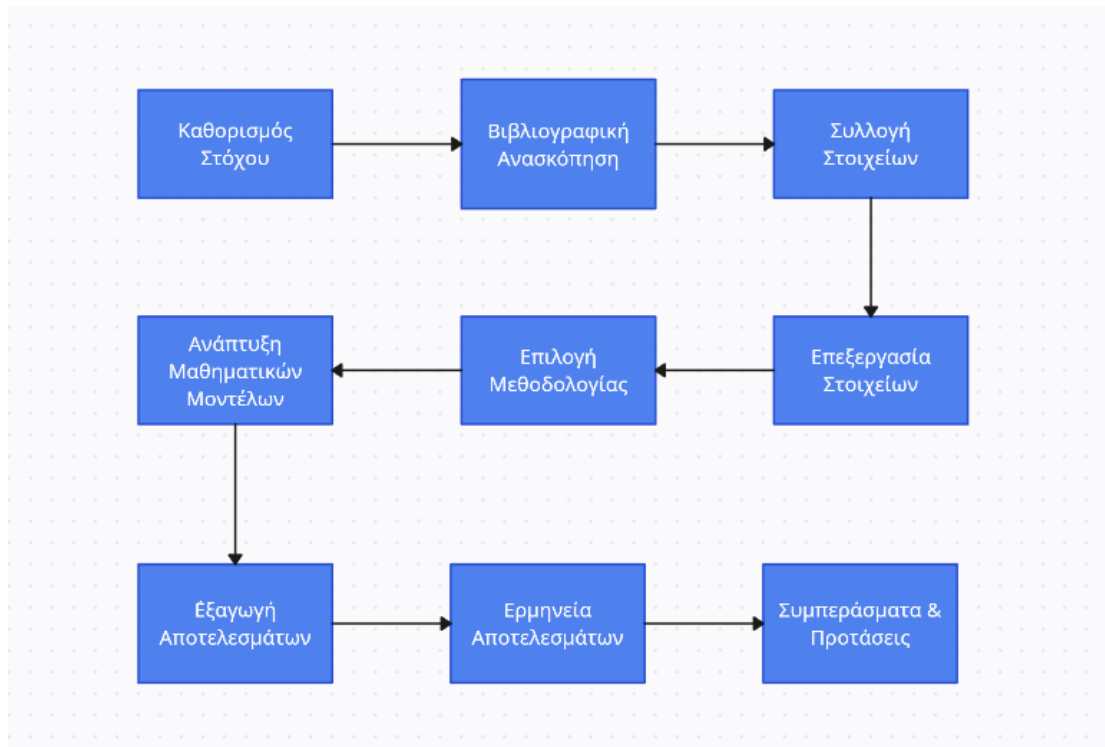
“Google Scholar” και “Science Direct” και την χρήση κατάλληλων λέξεων και φράσεων-κλειδίων όπως: “food delivery drivers/riders”, “road crashes”, “time loss”, “food delivery profit”, “income”, “accident” κλπ.

Σε επόμενο στάδιο και έχοντας συλλέξει τα απαραίτητα δεδομένα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, συντάχθηκε ένα **ερωτηματολόγιο** το οποίο διαμοιράστηκε σε τροφοδανομείς από όλη την Αθήνα σε διαδικτυακή μορφή, μέσω της ηλεκτρονικής πλατφόρμας Google Forms. Το ερωτηματολόγιο βασίστηκε στη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης, μία μέθοδος η οποία συναντάται πολύ συχνά σε έρευνες που αφορούν συγκοινωνιακά ζητήματα. Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από 31 ερωτήσεις κλειστού τύπου και 8 σενάρια με μεταβλητές το χρόνο διαδρομής, την μείωση πιθανότητας ατυχήματος και την απώλεια κέρδους. Συνολικά συλλέχθηκαν 200 πλήρως απαντημένα ερωτηματολόγια.

Ύστερα από την συλλογή όλων των απαντήσεων των ερωτηματολογίων, τα στοιχεία τους κωδικοποιήθηκαν με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε να αποτελέσουν τη βάση δεδομένων για την ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Python και του προγράμματος Visual Studio Code. Οι μέθοδοι που αξιοποιήθηκαν για την στατιστική ανάλυση είναι η **πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (multinomial logistic regression), χρησιμοποιώντας ως εξαρτημένη μεταβλητή την επιλογή μίας εκ των τριών πιθανών απαντήσεων για το κάθε σενάριο του ερωτηματολογίου και το **γενικευμένο μοντέλο γραμμική παλινδρόμησης ταξινομημένων μεταβλητών** (GLM ordinal logistic regression), χρησιμοποιώντας ως εξαρτημένη μεταβλητή την επιλογή των τροφοδανομένων στις ερωτήσεις “Πόσο πιστεύετε ότι θα μείωνε τα τροχαία ατυχήματα η αυστηροποίηση των μέτρων;”, “Πόσο πιστεύετε ότι θα βελτίωνε την οδική ασφάλεια η αύξηση των προστίμων;” και “Πόσο πιστεύετε ότι θα βελτίωνε την οδική ασφάλεια η χρήση καμερών ελέγχου των παραβάσεων;” αντίστοιχα. Ο χρόνος διαδρομής, η μείωση πιθανότητας ατυχήματος και η απώλεια κέρδους αποτελούν τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

Βάσει των στατιστικών αναλύσεων και των μοντέλων που προέκυψαν, ακολούθησε η διαδικασία αξιολόγησης και ερμηνείας των αποτελεσμάτων, με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων για τον βαθμό επιρροής της κάθε μεταβλητής στην επιλογή της μίας εκ των τριών εναλλακτικών των σεναρίων, στην γνώμη για το κατά πόσο το κάθε μέτρο που τέθηκε θα βελτίωνε την οδική ασφάλεια και τη διατύπωση προτάσεων για την αντιμετώπιση του ζητήματος.

Η μεθοδολογία που περιγράφηκε παραπάνω, απεικονίζεται σχεδιαγραμματικά στη παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 1.1: Μεθοδολογική προσέγγιση της Διπλωματικής Εργασίας

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζεται η δομή της Διπλωματικής Εργασίας μέσω συνοπτικής περιγραφής του κάθε κεφαλαίου.

Στο **κεφάλαιο 1** γίνεται μία εισαγωγή στην οδηγική συμπεριφορά των τροφοδιανομένων κατά την εργασία τους, στην επικινδυνότητα του επαγγέλματός τους, στο ποιοι είναι οι πιο συνηθισμένοι κίνδυνοι με τους οποίους έρχονται αντιμέτωποι, οι λόγοι πίσω από αυτούς τους κινδύνους και η θέση την οποία θα πρέπει να πάρει η πολιτεία για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών. Έπειτα περιγράφεται το αντικείμενο και ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας, η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε και η σύνοψη της δομής της εργασίας αυτής.

Στο **κεφάλαιο 2** παρατίθεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση, τα δεδομένα και οι πληροφορίες που αντλήθηκαν μέσα από αυτή. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αποτελείται από έρευνες που αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της εργασίας καθώς περιλαμβάνουν στοιχεία και μεθοδολογίες όμοια με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα εργασία. Επιπλέον, αναφέρονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών.

Στο **κεφάλαιο 3** περιγράφεται η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής αυτής Εργασίας. Κατόπιν, αναλύονται λεπτομερώς τα στατιστικά μοντέλα που αξιοποιήθηκαν όπως επίσης και οι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβλήθηκαν τα μοντέλα αυτά.

Στο **κεφάλαιο 4** γίνεται η ανάλυση του ερωτηματολογίου που συντάχθηκε και στο οποίο βασίστηκε η παρούσα Διπλωματική Εργασία. Απεικονίζονται τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου με την μορφή σχεδιαγραμμάτων και σχολιασμοί αυτών.

Στο **κεφάλαιο 5** παρουσιάζεται βήμα προς βήμα η συγγραφή του κώδικα της Διπλωματικής Εργασίας. Συγκεκριμένα, κωδικοποιούνται τα στοιχεία τα οποία συλλέχθηκαν μέσω των ερωτηματολογίων και επεξεργάζονται μέσω της γλώσσας προγραμματισμού “Python”. Στη συνέχεια πραγματοποιείται στατιστική ανάλυση των στοιχείων μέσω της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης και της GLM με σκοπό να προκύψουν τα τελικά μαθηματικά μοντέλα. Τέλος, αξιολογούνται τα μαθηματικά μοντέλα και προκύπτουν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη συνολική έρευνα.

Στο **κεφάλαιο 6** παρατίθενται τα αποτελέσματα της Διπλωματικής Εργασίας, η χρησιμότητά τους, καθώς επίσης διάφορες προτάσεις που περιλαμβάνουν τρόπους αξιολόγησης της παρούσας έρευνας για την όποια περαιτέρω μελέτη θα πραγματοποιηθεί στο μέλλον για θέματα οδικής ασφάλειας.

Στο τέλος της Διπλωματικής Εργασίας παρατίθενται η βιβλιογραφία και τα παραρτήματα.

Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα ευρήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Συγκεκριμένα, αναζητήθηκαν και καταγράφηκαν οι κίνδυνοι με τους οποίους έρχονται αντιμέτωποι οι τροφοδιανομείς και οι παράγοντες πρόκλησης οδικού ατυχήματος κατά την εργασία τους. Επίσης, παρουσιάζονται οι τακτικές μείωσης των οδικών ατυχημάτων που έχουν καταγραφεί έως σήμερα και η επιρροή της προσεκτικής οδήγησης, πέρα από τη μείωση των οδικών ατυχημάτων, στους χρόνους διαδρομής και στο οικονομικό όφελος των τροφοδιανομέων.

Το επάγγελμα του τροφοδιανομέα συναντάται παγκοσμίως σε τεράστια κλίμακα και αφορά την μεταφορά τροφίμων από τα καταστήματα στις οικίες και τους χώρους εργασίας των πελατών μέσω της χρήσης μοτοσυκλέτας, ποδηλάτου ή scooter. Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάζει την περίπτωση **τροφοδιανομέων που χρησιμοποιούν μοτοσυκλέτα**. Η μοτοσυκλέτα είναι ένα δίτροχο όχημα το οποίο είναι αρκετά βολικό για την μετακίνηση εντός των κατοικημένων περιοχών λόγω της ευκολίας της να κινείται μέσα στο οδικό δίκτυο και να σταθμεύει χάρη στο σχετικά μικρό της μέγεθος και λόγω του μικρότερου κόστους αγοράς, συντήρησης και ανεφοδιασμού σε σύγκριση με κάποιο αυτοκίνητο. Παρόλα αυτά όμως λόγω της ίδιας της κατασκευής, η μοτοσυκλέτα είναι ένα όχημα το οποίο εκθέτει τον οδηγό και επιβάτη σε ένα τεράστιο πλήθος ατυχημάτων, τα περισσότερα των οποίων είναι σοβαρά έως και θανατηφόρα.

2.2 Στατιστικά Τροχαίων Ατυχημάτων Μοτοσυκλετιστών

Όσον αφορά τα τροχαία ατυχήματα, τα ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται **μοτοσυκλέτες** είναι ο τύπος που οδηγεί **συχνότερα σε θανάτους**. (Chamrahom, 2023; Alhawmasi, 2019). Συγκεκριμένα, τα τροχαία που περιλαμβάνουν μοτοσυκλετιστές αποτελούν **περίπου το 23% των θανατηφόρων** τροχαίων σύμφωνα με τον Π.Ο.Υ. (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας). Στις πιο ανεπτυγμένες χώρες βέβαια παρατηρείται ότι τα θανάσιμα τροχαία ατυχήματα που αφορούν μοτοσυκλετιστές είναι λιγότερα. Το 2017 παρατηρήθηκε ότι στην Ευρώπη, το **14% των θανάσιμων τροχαίων** ατυχημάτων αφορούσαν μοτοσυκλετιστή (European Commission, 2020) και το 2014 στην Αυστρία το **20,69%** (Eichberger et al, 2022). Αντίστοιχα το 2019 στο Ηνωμένο Βασίλειο, το **20% των θανατηφόρων τροχαίων** ατυχημάτων αφορούσαν μοτοσυκλετιστές (Christie & Ward, 2023). Βέβαια στην Ελλάδα, το **37,66% των θανάσιμων τροχαίων ατυχημάτων** για το 2021 αφορά μοτοσυκλετιστές (NRSO).

Στις αναπτυσσόμενες χώρες και κυρίως σε χώρες οι οποίες είναι αρκετά πυκνοκατοικημένες και στις οποίες η χρήση μοτοσυκλέτας είναι ακόμη πιο συνηθισμένη παρατηρούνται πολύ περισσότερα θανατηφόρα ατυχήματα. Τον

Απρίλιο του 2022 οι μοτοσυκλέτες ενεπλάκησαν στο 44,08% των τροχαίων ατυχημάτων και στο 34,85% των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων (Rahman, 2022). Γίνεται αντιληπτό πως η μοτοσυκλέτα είναι ένα αρκετά επικίνδυνο μέσο μετακίνησης και, όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία, χαρακτηρίζεται 50 φορές πιο θανατηφόρο μέσο από το αυτοκίνητο (Christie & Ward, 2023).

Ακόμη, έρευνα στη Μ. Βρετανία έδειξε πως το **1/3 των θανατηφόρων τροχαίων** ατυχημάτων προκαλούνται όταν η οδήγηση αποτελεί κομμάτι της εργασίας όπως και συμβαίνει με τους τροφοδιανομείς (Helman et al, 2014) και είναι πιθανότερο να έχουν υπαιτιότητα του ατυχήματος εκείνοι οι οδηγοί (Clarke et al, 2005).

Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας	23% θανατηφόρων τροχαίων παγκοσμίως αφορούν μοτοσυκλετιστές
Eichenberger et al, 2022	17% θανατηφόρων τροχαίων αφορούν μοτοσυκλετιστές στην Ευρώπη (2017)
Eichenberger et al, 2022	20,69% θανατηφόρων τροχαίων αφορούν μοτοσυκλετιστές στην Αυστρία (2014)
Christie & Ward, 2023	20% θανατηφόρων τροχαίων αφορούν μοτοσυκλετιστές στο Ην. Βασίλειο
Rahman, 2022	44,08% τροχαίων αφορούν μοτοσυκλετιστές στις αναπτυσσόμενες χώρες
Rahman, 2022	34,85% θανατηφόρων τροχαίων αφορούν μοτοσυκλετιστές στις αναπτυσσόμενες χώρες
Christie & Ward, 2023	Επικινδυνότητα μοτοσυκλέτας= 50*επικινδυνότητα αυτοκινήτου
Helman et al, 2014	33,3% θανατηφόρων τροχαίων αφορούν ανθρώπους που η οδήγησή τους αφορά την εργασία τους
NRSO	37,66 % θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων στην Ελλάδα (2021) αφορά μοτοσυκλετιστές

Πίνακας 2.1: Στατιστικά τροχαίων ατυχημάτων που αφορούν μοτοσυκλετιστές

2.3 Βασικές Αιτίες Τροχαίων Ατυχημάτων Μοτοσυκλετιστών

Οι ίδιοι οι τροφοδιανομείς είναι συνεπώς αρκετά **εκτεθειμένοι** στον κίνδυνο κάποιου τροχαίου ατυχήματος καθώς η συντριπτική πλειοψηφία χρησιμοποιεί μοτοσυκλέτα κατά την διάρκεια της εργασίας της. Τα τροχαία οφείλονται σε διάφορους παράγοντες όπως ο πληθυσμός της πόλης, ο κυκλοφοριακός φόρτος του οδικού δικτύου και η πυκνότητα κυκλοφορίας (Wang et al, 2022). Η ίδια η ποιότητα του οδοστρώματος αποτελεί σημαντικό

παράγοντα στα τροχαία ατυχήματα όπως επίσης ο ίδιος ο οδηγός και τα λάθη κατά την οδήγησή του (Wang et al, 2022). Τα περισσότερο συχνά λάθη που πραγματοποιούν οι οδηγοί από το πιο σημαντικό στο λιγότερο είναι (Nguyen-Phuoc et al, 2022). :

1. η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση
2. η υπερβολική ταχύτητα
3. η μη κανονική χρήση λωρίδας
4. η μη κανονική χρήση οδού (αντίθετα στο κυκλοφοριακό ρεύμα) και
5. η παραβίαση ερυθρού σηματοδότη

2.3.1 Υπερβολική Ταχύτητα

Η οδήγηση με **υπερβολική ταχύτητα** είναι μία αρκετά συνηθισμένη ενέργεια που παρατηρείται στο επάγγελμα του τροφοδιανομέα και προκύπτει κατά κύριο λόγο από τη **μεγάλη πίεση** που δέχονται από τους εργοδότες τους ώστε να προλάβουν να παραδώσουν έγκαιρα όλες τις τρέχουσες παραγγελίες (Christie & Ward, 2023). Μέσω της υψηλής ταχύτητας επιθυμούν τη μείωση του χρόνου της κάθε διαδρομής και κατά συνέπεια τη μείωση του χρόνου παράδοσης της παραγγελίας στον προορισμό της (Nguyen-Phuoc et al, 2022).

Παράλληλα, οι τροφοδιανομείς που είναι επιρρεπείς στο να αναπτύξουν υψηλές ταχύτητες διαθέτουν υψηλά επίπεδα εμπιστοσύνης για τις **οδηγικές τους ικανότητες** και μεγάλη οδηγική εμπειρία, στοιχεία που πέμπουν σε παραβάτες και για αυτό το λόγο οι παραβάτες δεν είναι συνήθως πολύ νέοι οδηγοί (Yasanthi et al, 2022). Η υψηλή ταχύτητα καθιστά αρκετά εύκολη την απώλεια ελέγχου του οχήματος και ταυτόχρονα αυξάνει την απόσταση πέδησης και το χρόνο αντίδρασης του οδηγού σε περίπτωση απρόοπτου γεγονότος.

2.3.2 Χρήση Κινητού Τηλεφώνου

Το κινητό τηλέφωνο χρησιμοποιείται αρκετά συχνά από τους οδηγούς των οχημάτων, με τους τροφοδιανομείς να μην αποτελούν εξαίρεση. Χρησιμοποιείται για **χρήση GPS**, ώστε να κατευθύνονται στον προορισμό τους, καθώς και για την επιλογή της βέλτιστης διαδρομής με βάση την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τον εκτιμώμενο χρόνο διαδρομής. Επιπλέον, το κινητό αποτελεί αναπόσπαστο εργαλείο των τροφοδιανομέων που εργάζονται μέσω **εφαρμογών** (free-lancers). Οι εφαρμογές αυτές ενημερώνουν τον πλησιέστερο τροφοδιανομέα για κάποια παραγγελία και εκείνος αποφασίζει για το αν θα την δεχτεί πατώντας πάνω στο αντίστοιχο εικονίδιο της εφαρμογής. Τέτοιες εφαρμογές διατίθενται από εταιρίες όπως η efood, η Wolt και η UberEats.

Μέσα από τις εφαρμογές των εταιριών, ο τροφοδιανομέας ειδοποιείται για μια ενδεχόμενη παραγγελία και διαθέτει **περιορισμένο χρόνο απόκρισης** στην ειδοποίηση για την παραλαβή της παραγγελίας (Oviedo-Trespalacios et al, 2022). Με αυτόν τον τρόπο, οι συγκεκριμένοι οδηγοί **αποσπώνται** αρκετά τακτικά, λόγω της συχνής χρήσης του κινητού κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Με βάση μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Μπρίσμπεϊν της Αυστραλίας όπου συμμετείχαν 3401 τροφοδιανομείς, καταγράφηκε το **7,8% να οδηγεί και**

ταυτόχρονα να κάνει χρήση του κινητού του τηλεφώνου (Oviedo-Trespalcacios et al, 2022).

Συγκεκριμένα, οι οδηγοί που χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της οδήγησης έχουν **4 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα** να εμπλακούν σε οδικό ατύχημα από ότι οι υπόλοιποι οδηγοί (Strayer et al, 2006, Redelmeier & Tibshirani, 1997). Μάλιστα, στα πλαίσια ενός πειράματος, παρατηρήθηκε ότι η προσοχή στην οδό και η ανταπόκρισή σε ερεθίσματα ενός οδηγού που κάνει χρήση του κινητού του είναι ακριβώς η ίδια με την περίπτωση που ο οδηγός βρίσκεται υπό την επήρεια αλκοόλ (Strayer et al, 2006). Τέλος, όπως είναι αντιληπτό ο **χρόνος αντίδρασης** ενός οδηγού που χρησιμοποιεί το κινητό του εν ώρα οδήγησης, είναι μεγαλύτερος από τον κανονικό χρόνο αντίδρασης σε περίπτωση συμβάντος, γεγονός που φυσικά αυξάνει τον αριθμό των ατυχημάτων (McCartt et al, 2006).

2.3.3 Παραβίαση Ερυθρού Σηματοδότη

Η παραβίαση ερυθρού σηματοδότη είναι ένα σύνηθες φαινόμενο απομοτοσυκλετιστές και ειδικότερα από τροφοδιανομείς, καθώς ορισμένοι σηματοδότες έχουν πολύ **χαμηλούς χρόνους πρασίνου** με μεγάλες περιόδους οπότε οι αναμονές των οχημάτων είναι μεγάλες και κατά συνέπεια αυξάνονται οι χρόνοι διαδρομής των τροφοδιανομένων. Μάλιστα στα πλαίσια μίας έρευνας, το **26,3% των τροφοδιανομένων παραβίασε ερυθρό σηματοδότη** (McCartt et al, 2006) ενώ, το 33,3% των τροφοδιανομένων έχει δηλώσει πως έχει παραβιάσει τουλάχιστον μία φορά ερυθρό σηματοδότη και το 11% είχε μαζέψει πόντους στο δίπλωμα οδήγησής τους κατά την διάρκεια της εργασίας τους (Christie & Ward, 2023).

Συνηθίζεται, οι τροφοδιανομείς να αντιμετωπίζουν τους ερυθρούς σηματοδότες όπως ακριβώς τις πινακίδες STOP. Αυτό προκύπτει από την ψευδαίσθηση που τους παρέχει το **μικρό μέγεθος** της μοτοσυκλέτας, η ευκολία που τους προσφέρει για ελιγμούς και φυσικά η ευελιξία που αισθάνονται. Βέβαια, η συγκεκριμένη συμπεριφορά ταυτίζεται με την πιθανότητα ύπαρξης κάποιας σύγκρουση με κάποιο άλλο όχημα ή κάποιον πεζό ο οποίος διασχίζει την οδό με πράσινη σηματοδότηση. Ταυτόχρονα, σε μία έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Ταϊβάν παρατηρήθηκε ότι όσοι οδηγοί μοτοσυκλέτας δεν φοράνε προστατευτικό κράνος κατά την οδήγησή τους, είναι πιθανότερο να παραβιάσουν ερυθρό σηματοδότη (Oviedo-Trespalcacios et al, 2022).

2.3.4 Αντικανονική Χρήση Οδού

Αντίστοιχα με τη περίπτωση της παραβίασης του ερυθρού σηματοδότη αρκετοί τροφοδιανομείς εκμεταλλεύονται το μικρό μέγεθος των μοτοσυκλετών και την ευκολία που προσφέρουν για ελιγμούς και οδηγούν ανάποδα σε μονόδρομους (Oviedo-Trespalcacios et al, 2022). Κύριος λόγος αυτής της ενέργειας είναι η μείωση του χρόνου διαδρομής από το κατάστημα μέχρι τον προορισμό της παραγγελίας. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνουν να μεταφέρουν όσο το δυνατό μεγαλύτερο αριθμό παραγγελιών. Επίσης, αρκετές φορές οι τροφοδιανομείς αποφεύγουν με αυτή την τακτική την κυκλοφοριακή

συμφόρηση που ενδεχομένως επικρατεί στους υπόλοιπους δρόμους και μειώνουν ξανά το χρόνο διαδρομής τους (Fadilah et al, 2022).

2.3.5 Προστατευτικά Μέσα

Η χρήση προστατευτικού κράνους είναι **υποχρεωτική**, ενώ συνίσταται η χρήση προστατευτικού ρουχισμού στους οδηγούς μοτοσυκλετών και ακόμη περισσότερο στους τροφοδιανομείς οι οποίοι βρίσκονται στους δρόμους για αρκετές ώρες καθημερινά. Η χρήση κράνους **μειώνει έως και κατά 67%** την πιθανότητα θανάτου από κάποιο τροχαίο ατύχημα για τον αναβάτη της μοτοσυκλέτας (Champrahom et al, 2023). Παρόλα αυτά στην Σουηδία της Κίνας παρατηρήθηκε ότι προστατευτικό κράνος φορούσε μονάχα το 2% των μοτοσυκλετιστών. Βέβαια, οι τροφοδιανομείς φορούσαν προστατευτικό κράνος περίπου **7 φορές πιο συχνά** σε σχέση με τους απλούς μοτοσυκλετιστές (Oviedo-Trespalacios et al, 2022). Οι τροφοδιανομείς συχνά οδηγούν δίχως να φορούν προστατευτικό κράνος ώστε να μειώνουν τον χρόνο της κάθε διαδρομής για κάθε παραγγελία ή φορούν κράνη χαμηλού κόστους και χαμηλότερου επιπέδου προστασίας ούτως ώστε να αποφευχθεί η επιβολή πιθανού προστίμου (Papakostopoulos & Nathanael, 2021). Επιπλέον, λόγω του υψηλού κόστους του ρουχισμού των μοτοσυκλετιστών, παρατηρείται πως δεν γίνεται ιδιαίτερη χρήση τους (Rahman, 2022)

2.3.6 Άλλες Αιτίες Τροχαίων Ατυχημάτων

Άλλοι παράγοντες που έχουν παρατηρηθεί ως αιτίες τροχαίων ατυχημάτων των μοτοσυκλετιστών και επαγωγικά των τροφοδιανομέων είναι: οι καιρικές συνθήκες, ο φωτισμός της οδού και η οδηγική εμπειρία. Οι **καιρικές συνθήκες** δεν αυξάνουν σημαντικά τα τροχαία ατυχήματα που αφορούν μοτοσυκλετιστές διότι κατά τις βρόχινες μέρες οι ίδιοι οι οδηγοί αντιλαμβάνονται τον κίνδυνο της οδήγησης και οδηγούν με πολύ χαμηλότερες ταχύτητες και με μεγαλύτερη προσοχή (Champrahom et al, 2023).

Ο **φωτισμός του οδικού δικτύου** όμως παίζει καθοριστικό ρόλο στα τροχαία ατυχήματα. Έχει παρατηρηθεί πως κατά τις βραδινές ώρες σημειώνονται περισσότερα θανατηφόρα τροχαία ατυχήματα κυρίως σε μεγάλες οδούς υψηλών ορίων ταχύτητας και σε μη φωτισμένες οδούς ή οδούς με ανεπαρκή φωτισμό (Champrahom et al, 2023; Eichberger et al, 2022). Επιπλέον, καθοριστικό ρόλο αποτελεί το χρώμα του κράνους και της μοτοσυκλέτας (Eichberger et al, 2022). Σκούρα χρώματα όπως το μαύρο σε συνδυασμό με ανεπαρκή φωτισμό της οδού και του μικρού μεγέθους της μοτοσυκλέτας καθιστά πολύ δύσκολο το να την αντιληφθεί ο οδηγός κάποιου οχήματος και έτσι ο κίνδυνος για κάποιο σοβαρό τροχαίο ατύχημα είναι πολύ μεγάλος.

Η **οδηγική εμπειρία** παίζει και αυτή πολύ μεγάλο ρόλο στα τροχαία ατυχήματα. Γενικά παρατηρείται πως όσο μεγαλύτερη είναι η οδηγική εμπειρία, τόσο μειώνεται η πιθανότητα τροχαίων ατυχημάτων (Champrahom et al, 2023) και για αυτό το λόγο συνήθως τα ατυχήματα αυτά δεν αφορούν μεγαλύτερους σε ηλικία οδηγούς μοτοσυκλέτας (Elliott et al, 2007). Πιο σύνηθες είναι να εμπλέκονται σε τροχαία ατυχήματα τροφοδιανομείς οι οποίοι

έχουν ηλικία κάτω των 30 ετών και έχουν εμπειρία έως και 6 μηνών στο επάγγελμα του τροφοδιανομέα (Christie & Ward, 2023). Συγκεκριμένα, παρατηρείται πως το 47.2% των τροφοδιανομέων που έχουν εμπλακεί σε ατύχημα διαθέτουν οδηγική και επαγγελματική εμπειρία μικρότερη των 6 μηνών από αυτό το επάγγελμα (Shin et al, 2019).

2.4 Εισόδημα & Επικίνδυνη Οδήγηση

Το εισόδημα ενός τροφοδιανομέα προκύπτει συνήθως με έναν από τους παρακάτω δύο τρόπους: είτε με **σταθερό μισθό** ανά εβδομάδα ή μήνα είτε με βάση τον **αριθμό των παραγγελιών** που μεταφέρει ανά ημέρα. Και στις δύο περιπτώσεις υπάρχει και το έξτρα εισόδημα από τα φιλοδωρήματα. Οι τροφοδιανομείς οι οποίοι εργάζονται με βάση τον αριθμό των παραγγελιών παρατηρείται ότι οδηγούν πιο επικίνδυνα από εκείνους οι οποίοι είναι μισθωτοί διότι θεωρούν πως εάν παραδώσουν μεγαλύτερο αριθμό παραγγελιών, θα έχουν μεγαλύτερο ημερομίσθιο (Christie & Ward, 2023).

Γενικά όμως οι μισθοί των τροφοδιανομέων είναι **αρκετά χαμηλοί** (Shin et al, 2019) με αποτέλεσμα να θέλουν να παραδίδουν όσο το δυνατό περισσότερες παραγγελίες για να μπορέσουν να καλύψουν το εισόδημα τους με πιθανά φιλοδωρήματα που θα πάρουν από κάποιες παραγγελίες. Συνεπώς διάφορες έρευνες έχουν καταλήξει στο ότι όσες περισσότερες είναι οι παραγγελίες που μεταφέρουν οι τροφοδιανομείς, τόσο μεγαλύτερο θα είναι και το κέρδος αυτών (Huq et al, 2022). Ο μέσος αριθμός παραγγελιών που μεταφέρει ένας τροφοδιανομέας ανά ώρα είναι περίπου **3,5 παραγγελίες** και οι μέσες απολαβές στο διάστημα 8ωρης εργασίας είναι περίπου στα 35 ευρώ συν έως και 8 ευρώ από φιλοδωρήματα (Papakostopoulos & Nathanael, 2021).

Ταυτόχρονα, το 55% των εργοδοτών δεν έχουν προβεί σε **δήλωση εργασίας** των τροφοδιανομέων τους και για αυτό το λόγο απαιτεί από τους υπαλλήλους να έχουν την δική τους μοτοσυκλέτα και προστατευτικό εξοπλισμό (Papakostopoulos & Nathanael, 2021). Έτσι, οι τροφοδιανομείς είναι αναγκασμένοι να εργάζονται για πολλές ώρες **δίχως διαλείμματα** (Nguyen et al, 2022), κάτι το οποίο εξασθενεί σωματικά και ψυχικά τους οδηγούς (Christie & Ward, 2023) τους κάνει περισσότερο απρόσεκτους κατά την οδήγησή τους και επιρρεπείς σε αρκετές **παραβιάσεις** του Κ.Ο.Κ. και σε τροχαία ατυχήματα. Για αυτό παρατηρείται ότι οι τροφοδιανομείς είναι πιο επικίνδυνοι στην οδήγηση από τους υπόλοιπους μοτοσυκλετιστές με απολογισμό έναν σοβαρό τραυματισμό τροφοδιανομέα κάθε περίπου 2.5 μέρες (Nguyen-Phuoc et al, 2022).

2.5 Τακτικές Μείωσης Οδικών Ατυχημάτων

Στην προσπάθεια της μείωσης των τροχαίων οδικών ατυχημάτων έχουν υπάρξει προσπάθειες να γίνουν πολλές αλλαγές σε διάφορους από τους παράγοντες που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια. Ένας από αυτούς είναι η βελτίωση της **οδικής υποδομής**. Αυτό περιλαμβάνει την αναβάθμιση των υφιστάμενων οδών μέσω νέας ασφαλοστρωσης με σκοπό την κάλυψη των διαφόρων φθορών που εμφανίζονται στο οδόστρωμα λόγω της ηλικίας του

και την έντονης χρήσης του. Επιπλέον, μέσω εγκατάστασης κατάλληλης **σήμανσης** και **φωτισμού** καθώς πολλοί οδοί οι οποίες δεν φωτίζονται επαρκώς καθιστούν την ορατότητα ανεπαρκή για τους οδηγούς και ο χρόνος αντίδρασής τους σε κάποιο γεγονός είναι επομένως πολύ μικρός (Springam, 2023).

Ένας ακόμη τρόπος αρκετά πιο διαδεδομένος είναι η επιβολή της **νομοθεσίας** και των κανονισμών οδικής κυκλοφορίας. Γίνεται επιβολή προστίμων και εφαρμογή κυρώσεων για παραβάσεις όπως η υπερβολική ταχύτητα, η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση, η οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ και η παραβίαση ερυθρού σηματοδότη. Αυτές οι ενέργειες δρουν αποτρεπτικά για τους οδηγούς και έτσι μπορεί να μειωθεί ο αριθμός των ατυχημάτων.

Ακόμη, οργανώνονται **εκπαιδευτικά προγράμματα** που προωθούν την ασφαλή οδήγηση και ευαισθητοποιούν για τους κινδύνους που υπάρχουν κατά την οδήγηση. Αυτά τα προγράμματα επηρεάζουν την συμπεριφορά των οδηγών και μπορούν να μειώσουν τις παραβάσεις οπότε και τα τροχαία οδικά ατυχήματα.

2.6 Χρόνος Διαδρομής & Μείωση Πιθανότητας Ατυχήματος

Μία μέθοδος που μπορεί να προκαλέσει μεγάλη **μείωση** στη πιθανότητα ένας τροφοδιανομέας να εμπλακεί σε ατύχημα είναι η μείωση της ταχύτητας. Η οδήγηση με χαμηλή ταχύτητα **αυξάνει σημαντικά το χρόνο αντίδρασης** και **μειώνει την απόσταση πέδησης**. Μάλιστα, μείωση της ταχύτητας κατά περίπου 10km/h (5mph), μπορεί να επιφέρει μείωση της πιθανότητας να εμπλακεί ο οδηγός σε ατύχημα κατά 20% (Elvik et al, 2011). Βέβαια, αυτή η μείωση μπορεί να φτάσει και ποσοστά της τάξης των 30 ή και 40% (Jacobs, 1982). Μείωση της ταχύτητας όμως και γενικά προσεκτικότερη οδήγηση αυξάνει το χρόνο της κάθε διαδρομής. Μείωση της ταχύτητας οδήγησης κατά 10%, αυξάνει το χρόνο διαδρομής έως και 5% (Munoz et al, 2019). Επομένως, παρατηρείται ότι για να μειωθεί η πιθανότητα να εμπλακεί κάποιος οδηγός σε ατύχημα συνεπάγεται με **αύξηση του χρόνου** για κάθε διαδρομή του.

2.7 Σύνοψη

Το επάγγελμα του τροφοδιανομέα είναι αρκετά **επικίνδυνο** για τον ίδιο τον εργαζόμενο λόγω της τεράστιας έκθεσης του σε πιθανά τροχαία ατυχήματα, πολλά στα οποία εκτίθεται και λόγω της δικής του οδηγικής συμπεριφοράς. Τα τροχαία ατυχήματα τα οποία περιλαμβάνουν τροφοδιανομείς αλλά και μοτοσυκλετιστές γενικά, συνήθως αφορούν **σοβαρούς** έως και θανάσιμους τραυματισμούς.

Παραβάσεις όπως η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση, η υπερβολική ταχύτητα και οι παραβιάσεις της οδικής σήμανσης και σηματοδότησης είναι αυτές που συναντώνται **συχνότερα** από τους οδηγούς μοτοσυκλέτας και κατά συνέπεια και από τους τροφοδιανομείς. Τρόποι αντιμετώπισης των προβλημάτων αυτών έχουν ερευνηθεί αλλά πρακτικά η

πιθανότητα τροχαίου ατυχήματος παραμένει αρκετά μεγάλη (Shahlaee et al, 2022).

Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο με βάσης το οποίο στηρίχτηκε η παρούσα Διπλωματική Εργασία. Ειδικότερα, θα γίνει αναφορά σε κάποιες στατιστικές έννοιες, καθώς επίσης και στη βασική μέθοδο ανάλυσης η οποία αξιοποιήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων, δηλαδή στην **πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (multinomial logistic regression) και στη **γενικευμένη λογιστική παλινδρόμηση** (generalized linear model). Τέλος, θα γίνει ανάλυση της μεθόδου με την οποία πραγματοποιήθηκε η συλλογή των δεδομένων και των κριτηρίων αποδοχής της παραπάνω μεθόδου στατιστικής ανάλυσης.

3.2 Βασικές Έννοιες Στατιστικής

Το σύνολο του οποίου τα στοιχεία μελετώνται στη στατιστική έρευνα ως προς, ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά ονομάζεται **πληθυσμός (population)**. Καθώς είναι αδύνατη η εξέταση του συνόλου του πληθυσμού, εξετάζεται ένα υποσύνολό του που ονομάζεται **δείγμα** και αυτή η διαδικασία ονομάζεται **δειγματοληψία**.

Τα χαρακτηριστικά που είναι ενδιαφέροντα προς μέτρηση και καταγραφή σε ένα σύνολο ατόμων ονομάζονται **μεταβλητές (variables)**. Οι μεταβλητές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τις **ποιοτικές μεταβλητές (quality variables)** και τις **ποσοτικές μεταβλητές (quantity variables)**. Οι ποιοτικές μεταβλητές δέχονται τιμές που κατηγοριοποιούν τον πληθυσμό σε κατηγορίες μη μετρήσιμες (π.χ. φύλο) ενώ οι ποσοτικές μεταβλητές δέχονται αυστηρά αριθμητικές τιμές και χωρίζονται σε διακριτές (π.χ. μισθός). Μία μεταβλητή θεωρείται **συνεχής** όταν μπορεί να δεχτεί όλες τις τιμές σε ένα διάστημα, διαφορετικά θεωρείται **διακριτή**.

Για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν δύο αντιστρόφως ανάλογα μέτρα αξιοπιστίας: το **επίπεδο εμπιστοσύνης** και το **επίπεδο σημαντικότητας**. Το επίπεδο εμπιστοσύνης υποδηλώνει το ποσοστό της πιθανότητας να είναι αληθής η εκτίμηση σε ένα καθορισμένο διάστημα εμπιστοσύνης. Η πιο ευρέως διαδεδομένη χρήση επιπέδου εμπιστοσύνης είναι της τάξης του 95%. Το επίπεδο σημαντικότητας υποδηλώνει το ποσοστό της πιθανότητας να είναι εσφαλμένη η εκτίμηση, οπότε για επίπεδο σημαντικότητας 5%, η εκτίμηση μακροπρόθεσμα θα είναι λανθασμένη 5% των φορές.

Ο **συντελεστής συσχέτισης (correlation coefficient)** είναι ένας συντελεστής που εκφράζει τον βαθμό και τον τρόπο που δύο τυχαίες μεταβλητές συσχετίζονται. Οι τιμές που δέχεται είναι από "-1" έως "1". Τιμές κοντά στο "1" δηλώνουν ισχυρή θετική συσχέτιση ενώ τιμές κοντά στο "-1" δηλώνουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση. Στο μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης που εφαρμόζεται, είναι αναγκαίο οι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές να μην

εμφανίζουν συσχέτιση μεταξύ τους, καθώς αν δύο μεταβλητές είναι μεταξύ τους συσχετισμένες, έχουν δηλαδή correlation μεγαλύτερο από 0,5 ή -0,5 δυσκολεύει την εύρεση ακρίβειας της επιρροής τους στο μοντέλο.

3.3 Μέθοδος Δεδηλωμένης και Αποκαλυπτόμενης Προτίμησης

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

Η **μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης** στοχεύει στην καταγραφή των προτιμήσεων ενός τμήματος του πληθυσμού αναφορικά με κάποιο ζήτημα και την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου για την περιγραφή αυτών των προτιμήσεων. Λειτουργεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο σε υποθέσεις που αφορούν κάποια μελλοντική κατάσταση η οποία όμως δεν έχει εφαρμοστεί ακόμα. Στις συγκοινωνιακές έρευνες χρησιμοποιείται ευρέως η συγκεκριμένη μέθοδος, ιδιαίτερα μάλιστα σε περιπτώσεις αξιολόγησης προτιμήσεων, ανάλυσης ζήτησης και μελλοντικής πρόβλεψης.

Η ευκολότερη μέθοδος για την συλλογή των στοιχείων αυτών είναι η χρήση του **ερωτηματολογίου** (Bates, 1988). Η έκταση, η μορφή αλλά και η διατύπωση του ερωτηματολογίου οφείλουν να ακολουθούν το αντικείμενο και τους στόχους της εκάστοτε έρευνας και στηρίζονται αποκλειστικά πάνω στον ερευνητή. Κάθε βέβαια μέθοδος έρχεται με κάποια πλεονεκτήματα και με κάποια μειονεκτήματα.

Στα **πλεονεκτήματα** της μεθόδου αυτής, περιλαμβάνεται η ευκολία ως προς τον έλεγχο της από τη στιγμή που αυτός που ορίζει τις συνθήκες που αξιολογούν οι ερωτηθέντες είναι ο ίδιος ο ερευνητής. Η μέθοδος αυτή είναι επίσης αρκετά ευέλικτη διότι γίνεται εφικτή η αντιμετώπιση ενός μεγαλύτερου εύρους μεταβλητών. Επιπλέον εφαρμόζεται με μειωμένο κόστος γιατί κάθε άτομο προσφέρει πολλαπλές παρατηρήσεις για παραλλαγές στις επεξηγηματικές μεταβλητές που ενδιαφέρουν τον ερευνητή.

Στα **μειονεκτήματα** όμως της μεθόδου εμπεριέχεται το γεγονός ότι οι ερωτηθέντες είναι αρκετά πιθανό να μη πράξουν στην πραγματικότητα αυτό που δήλωσαν στο ερωτηματολόγιο. Οπότε πρέπει τα αποτελέσματα τα οποία αποκτούνται από τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης να αξιολογούνται πολύ προσεκτικά. Βέβαια, οι περισσότερες εφαρμογές της μεθόδου αυτής στη συγκοινωνιακή έρευνα στοχεύουν στην εκτίμηση της σχετικής χρησιμότητας αντί του υπολογισμού συγκεκριμένων τιμών (Roberts et al, 1986). Σε αυτό το πλαίσιο, η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης έχει αποδειχθεί αρκετά χρήσιμη και υπό αυτές τις συνθήκες, η όποια πιθανότητα για υπό/υπερεκτιμήσεις δεν είναι σχετική.

Η μέθοδος της **αποκαλυπτόμενης προτίμησης** καταγράφει τη συμπεριφορά αλλά και την άποψη του κοινού πάνω σε εναλλακτικές επιλογές που εφαρμόζονται ήδη, αποτελώντας με αυτό τον τρόπο ένα κατάλληλο εργαλείο

για την εξαγωγή μοντέλων σχετικά με τη ζήτηση. Βέβαια, η συγκεκριμένη μέθοδος εμφανίζει μερικά μειονεκτήματα (Kroes & Sheldon, 1998). Καταρχήν, παρουσιάζει δυσκολία στην εξέταση όλων των μεταβλητών που ενδιαφέρουν την έρευνα λόγω της απουσίας επαρκούς ευελιξίας των δεδομένων. Επίσης, εμφανίζονται αρκετά συχνά συσχετισμοί μεταξύ των επεξηγηματικών μεταβλητών όπως είναι ο χρόνος διαδρομής και η μείωση πιθανότητας ατυχήματος και έτσι καθίσταται δύσκολος ο υπολογισμός των συντελεστών του μαθηματικού μοντέλου. Τέλος, η συγκεκριμένη μέθοδος δεν μπορεί να εφαρμοστεί για να εκτιμηθεί η ζήτηση σε καταστάσεις οι οποίες δεν υφίστανται.

Συγκρίνοντας τις παραπάνω δύο μεθόδους καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος η οποία θα αποδειχθεί πιο χρήσιμη στη παρούσα έρευνα οπότε και θα αξιοποιηθεί, είναι η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης.

3.4 Μέθοδοι Στατιστικής Ανάλυσης

Ο κλάδος της στατιστικής που εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να καθίσταται δυνατή η πρόβλεψη της μίας από τις υπόλοιπες μεταβλητές, ονομάζεται **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis). Οι μεταβλητές χωρίζονται σε δύο είδη: ανεξάρτητες και εξαρτημένες μεταβλητές. Εξαρτημένη μεταβλητή ονομάζεται εκείνη της οποίας η τιμή μπορεί να προβλεφθεί ενώ ανεξάρτητη μεταβλητή εκείνη η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Βέβαια η ανεξάρτητη μεταβλητή “καθοδηγείται” από την εξαρτημένη, οπότε δεν είναι τυχαία. 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. Οι βασικές μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης που αξιοποιούνται και είναι κατάλληλες για την επεξεργασία στοιχείων τα οποία έχουν συλλεχθεί με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης είναι: η Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression), η Πιθανοτική Ανάλυση (Probit Analysis) και η Λογιστική Παλινδρόμηση (Logistic Regression).

3.4.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Η γραμμική παλινδρόμηση υπολογίζει τη **συνάρτηση χρησιμότητας** ενός γεγονότος σε σχέση με παράγοντες που το επηρεάζουν καταλήγοντας σε ένα μαθηματικό γραμμικό μοντέλο βάσει του οποίου υπολογίζεται η πιθανότητα πραγματοποίησης του γεγονότος (πρότυπο πρόβλεψης πιθανότητας). Στη γραμμική παλινδρόμηση η εκτίμηση των παραμέτρων πραγματοποιείται μέσω της **μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων** ούτως ώστε το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών των τιμών που έχουν παρατηρηθεί από αυτές οι οποίες έχουν υπολογιστεί να είναι όσο το δυνατότερο ελάχιστο. Στη παρούσα Διπλωματική Εργασία η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει σε κάποιο τμήμα διακριτές τιμές “Ναι” ή “Όχι” και αυτός είναι ο λόγος που δεν μπορεί να γίνει περαιτέρω ανάλυση με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης.

3.4.2 Πιθανοτική Ανάλυση

Μπορεί να γίνει χρήση του μοντέλου της **πιθανοτικής ανάλυσης** όταν η εξαρτημένη μεταβλητή δέχεται 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 χρειάζεται να πραγματοποιηθεί ο μετασχηματισμός των ανεξάρτητων μεταβλητών σε πιθανότητες. Έτσι οι τιμές που θα δέχονται θα κυμαίνονται από “0” έως και “1”. Βέβαια θα πρέπει να δοθεί προσοχή στη διατήρηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την εξαρτημένη μεταβλητή ακόμα και μετά τον μετασχηματισμό. Καθώς η συγκεκριμένη μέθοδος αποδεικνύεται ιδιαίτερα πολύπλοκη στη χρήση της στα πλαίσια της στατιστικής ανάλυσης, δεν θα χρειαστεί στη συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία.

3.4.3 Λογιστική Παλινδρόμηση (Logistic Regression)

Το μοντέλο της **λογιστικής παλινδρόμησης** χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή (π.χ. επιλογή προσεκτικής οδήγησης). Με τη λογιστική παλινδρόμηση αναπτύσσεται ένα μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης της πιθανότητας επιλογής ενός εναλλακτικού σεναρίου. Μέσα από αυτή εκφράζεται ο τρόπος και το μέγεθος της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην επιλογή αυτή. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ιδιαίτερα συχνά σε συγκοινωνιακές έρευνες στις οποίες ζητείται να γίνει πρόβλεψη της επιρροής ορισμένων χαρακτηριστικών στην επιλογή ενός γεγονότος οπότε και θα εφαρμοστεί στη Διπλωματική αυτή Εργασία.

3.5 Λογιστική Παλινδρόμηση

Το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στην ανάπτυξη του διωνυμικού μοντέλου πρόβλεψης (binary model), όπου τα πιθανά ενδεχόμενα είναι δύο, όσο και για την ανάπτυξη προτύπου με περισσότερες εναλλακτικές επιλογές- πολυωνυμικού μοντέλου πρόβλεψης (multinomial model). Η λειτουργία της μεθόδου είναι ίδια και για τις δύο περιπτώσεις.

Με το πολυωνυμικό μοντέλο αναλύονται τα σενάρια, όπου οι επιλογές είναι : “Προσεκτική οδήγηση”, “Λιγότερο προσεκτική οδήγηση”, “Καμία αλλαγή στην οδήγηση”. Με βάση το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης αναπτύσσεται ένα μαθηματικό πρότυπο που δίνει μια γραμμική συνάρτηση χρησιμότητας του εν λόγω γεγονότος σε σχέση με τα χαρακτηριστικά που το επηρεάζουν.

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

$$U_i = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n \quad (\text{Εξ.1})$$

Όπου:

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

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

$$P_i = e^{U_i} / (1 + e^{U_i}) \quad (\text{Εξ.2})$$

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

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

$$\text{Logit}(P) = \log_e P / (1 - P) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n \quad (\text{Εξ.3})$$

3.6 GLM Ordinal Logistic Regression

Η **Generalized Linear Model (GLM) Ordinal Logistic Regression** (Γενικευμένο Μοντέλο Γραμμικής Παλινδρόμησης Ταξινομημένων Μεταβλητών) είναι ένα στατιστικό μοντέλο παλινδρόμησης που χρησιμοποιείται όταν η εξαρτώμενη μεταβλητή είναι κατατάξιμη και έχει περισσότερες από δύο κατηγορίες, οι οποίες έχουν μια φυσική σειρά ή κατάταξη. Αυτό το μοντέλο επιτρέπει να εξετάσουμε την **επίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών** στην πιθανότητα μιας παρατηρούμενης τιμής στην κατατάξιμη εξαρτώμενη μεταβλητή.

Συγκεκριμένα, η ordinal logistic regression είναι μια γενίκευση της **δυσιαδικής (binary) λογιστικής παλινδρόμησης**, που επεκτείνεται για περισσότερες από δύο κατηγορίες στην εξαρτώμενη μεταβλητή. Αυτή η μέθοδος αναλύει τον τρόπο με τον οποίο οι ανεξάρτητες μεταβλητές επηρεάζουν την πιθανότητα ενός παρατηρούμενου αποτελέσματος να ανήκει σε μια από τις πιθανές κατηγορίες. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κατανοηθούν οι αλλαγές στην κατάταξη ή το επίπεδο της εξαρτώμενης μεταβλητής ως αντίδραση στις ανεξάρτητες μεταβλητές.

Τα μοντέλα της ordinal logistic regression περιλαμβάνουν συνήθως τον όρο "ordinal" για να υποδηλώσουν ότι η εξαρτώμενη μεταβλητή έχει κατάταξη. Είναι χρήσιμη για ποικίλες εφαρμογές, όπως η αξιολόγηση προτιμήσεων, η κατάταξη προϊόντων και η αξιολόγηση κινδύνου. Η ordinal logistic regression είναι μια ισχυρή μέθοδος για την ανάλυση κατατάξιμων εξαρτώμενων μεταβλητών και παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη σημασία και τον τρόπο

λειτουργίας των ανεξάρτητων μεταβλητών στην κατάταξη της εξαρτώμενης μεταβλητής.

3.7 Multicollinearity & VIF

Η **Πολυσυσχετιστικότητα** (Multicollinearity) είναι ένα στατιστικό φαινόμενο που συμβαίνει όταν δύο ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές σε ένα μοντέλο παλινδρόμησης είναι **υψηλά συσχετισμένες** μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι μια μεταβλητή μπορεί να προβλέψει ή να εξηγήσει την άλλη με υψηλή ακρίβεια. Η Multicollinearity μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα κατά την ανάλυση παλινδρόμησης, καθώς μπορεί να δυσκολέψει τον προσδιορισμό του αντίκτυπου των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτώμενη μεταβλητή.

Τα κύρια σημεία της Multicollinearity είναι:

1. Υψηλά συσχετισμένοι συντελεστές παλινδρόμησης: Οι συντελεστές παλινδρόμησης των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι υψηλά και συσχετισμένοι μεταξύ τους.
2. Αντιφατικά πρόσημα των συντελεστών: Οι συντελεστές παλινδρόμησης έχουν αντίθετα πρόσημα, δηλαδή αυξήσεις σε μια μεταβλητή συνδέονται με μειώσεις σε μια άλλη.

Η Multicollinearity μπορεί να δυσκολέψει την ερμηνεία των συντελεστών παλινδρόμησης, να καθιστά δύσκολη την απόδοση αιτιών σχέσεων μεταξύ μεταβλητών και να οδηγήσει σε ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Για να διαχειριστεί η Multicollinearity, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο δείκτης **VIF**.

Το **VIF (Variance Inflation Factor)** είναι ένα στατιστικό μέτρο που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της Multicollinearity σε μοντέλα παλινδρόμησης. Το VIF υπολογίζει το **ποσοστιαίο ποσοστό** της διακύμανσης του εκτιμητή του συντελεστή παλινδρόμησης μιας μεταβλητής προς τη διακύμανση που προκαλείται από την πολυσυσχετιστικότητα με τις άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές. Συγκεκριμένα, το VIF για μια μεταβλητή υπολογίζεται μέσω του παρακάτω τύπου:

$$VIF = 1 / (1-R^2) \quad (Εξ.4)$$

Όπου, R^2 είναι ο συντελεστής προσδιορισμού (coefficient of determination) του εκτιμητή του συντελεστή παλινδρόμησης της συγκεκριμένης μεταβλητής προς τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές.

Ένα υψηλό VIF (συνήθως πάνω από 10) υποδηλώνει ότι η μεταβλητή έχει **υψηλή** Multicollinearity με τις υπόλοιπες μεταβλητές στο μοντέλο. Αυτό σημαίνει ότι η ερμηνεία του συντελεστή παλινδρόμησης για αυτήν τη μεταβλητή μπορεί να είναι δυσκολότερη ή αναξιόπιστη. Γενικά στα μοντέλα διατηρούνται οι ανεξάρτητες μεταβλητές που έχουν τιμές VIF μικρότερες του 5.

3.8 Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου

Ένα μαθηματικό πρότυπο αξιολογείται βάσει κάποιων κριτηρίων που έχουν θεσπιστεί, μετά την διαμόρφωσή του. Αυτά είναι τα πρόσημα και οι συντελεστές τιμών κάθε εξίσωσης, η στατιστική σημαντικότητα, η ελαστικότητα, ο συντελεστής προσαρμογής R^2 , η συσχέτιση των παραμέτρων, η μέγιστη πιθανοφάνεια και τα κριτήρια πληροφοριών AIC & BIC

3.8.1 Πρόσημα & Τιμές Συντελεστών

Όσον αφορά το πρόσημο του εκάστοτε **συντελεστή**, το θετικό πρόσημο εκφράζει την αύξηση της εξαρτώμενης μεταβλητής όποτε η ανεξάρτητη μεταβλητή αυξάνεται (ανάλογα ποσά) και αντίστοιχα το αρνητικό πρόσημο εκφράζει την μείωση της εξαρτώμενης μεταβλητής όποτε η ανεξάρτητη μεταβλητή αυξάνεται (αντιστρόφως ανάλογα ποσά).

Όσον αφορά τις ίδιες τις **τιμές των συντελεστών** πρέπει οι τιμές αυτές να εξηγούνται λογικά. Έστω ότι x : ανεξάρτητη μεταβλητή, y : εξαρτημένη μεταβλητή και a : συντελεστής. Για γραμμική σχέση μεταξύ των x και y ισχύει η μορφή της εξίσωσης $y=a*x+(b)$. Οπότε για κάθε μία μονάδα που μεταβάλλεται το x , θα μεταβάλλεται κατά a μονάδες το y .

3.8.2 Ελαστικότητα

Η **ελαστικότητα** αποτελεί δείκτη ο οποίος εκφράζει την **ευαισθησία** της εξαρτημένης μεταβλητής y στη μεταβολή μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών x . Το πιο ορθό είναι να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί 1% μεταβολή της ανεξάρτητης. Για τα γραμμικά μοντέλα και τις συνεχείς μεταβλητές, η ελαστικότητα εκφράζεται όπως παρακάτω:

$$e_i = \frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} * \frac{X_i}{Y} i = \beta_i * \frac{X_i}{Y} i \quad (\text{Εξ.5})$$

Για διακριτές μεταβλητές χρησιμοποιείται η έννοια της **ψευδοελαστικότητας**, η οποία περιγράφει τη μεταβολή στη τιμή της πιθανότητας επιλογής κατά τη μετάβαση από μια τιμή της διακριτής μεταβλητής στην άλλη και υπολογίζεται βάσει του παρακάτω τύπου:

$$E_{x^{(i)}}^{P(i)} = e^{\beta_{ik}} \frac{\sum_{i=1}^l e^{\beta_{im}}}{\sum_{i=1}^l e^{\Delta(\beta_{im})}} - 1 \quad (\text{Εξ.6})$$

3.8.3 Στατιστική Σημαντικότητα

Ένας πολύ σημαντικός τρόπος για να γίνει η αξιολόγηση του προτύπου είναι η **κατανομή t-student** (ή έλεγχος t-test). Μέσα από τον δείκτη t μπορεί να προσδιοριστεί η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών, δηλαδή το ποιες μεταβλητές θα συμπεριληφθούν στο τελικό πρότυπο. Ο t-test αναφέρεται σε κάθε μία από τις μεταβλητές ξεχωριστά και εκφράζεται μέσω της σχέσης:

$$t_{\text{stat}} = \beta_i / \text{s.e} \quad (\text{Εξ.7})$$

Δηλαδή ο t-test ισούται με την **εκτιμώμενη τιμή** για τον συντελεστή προς την τυπική απόκλιση, το οποίο σημαίνει πως ο t-test με την τυπική απόκλιση είναι μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα και με την εκτιμώμενη τιμή του συντελεστή είναι μεγέθη ανάλογα. Συνεπώς προκύπτει πως όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t-test τόσο περισσότερο επηρεάζει η τιμή του συντελεστή το τελικό αποτέλεσμα. Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας με διάφορες τιμές του δείκτη t για κάποια επίπεδα εμπιστοσύνης και κάποιους βαθμούς ελευθερίας.

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: Τιμές του δείκτη t-student

Αν κάποια μεταβλητή έχει δείκτη t **μεγαλύτερο** από κάποιον από τους παραπάνω δείκτες τότε αυτή η μεταβλητή θεωρείται στατιστικά σημαντική για εκείνο το επίπεδο εμπιστοσύνης και εκείνους τους βαθμούς ελευθερίας.

3.8.4 Συντελεστής R^2

Ο συντελεστής R^2 χρησιμοποιείται ως **δείκτης αξιολόγησης** της ποιότητας του προτύπου αφού αποτελεί κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο και εκφράζεται από την σχέση:

$$R^2 = \text{SSR} / \text{SST} \quad (\text{Εξ.8})$$

όπου:

$$\begin{aligned} \text{SSR} &= \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 = \beta^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \\ \text{SST} &= \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \end{aligned} \quad (\text{Εξ.9})$$

Ο συντελεστής R^2 εκφράζει το **ποσοστό της μεταβλητότητας** της μεταβλητής y η οποία εξηγείται μέσω της μεταβλητής x και λαμβάνει τιμές από 0 έως και 1. Όσο ο συντελεστής R^2 προσεγγίζει το 1, τόσο ισχυρότερη είναι η γραμμική σχέση εξάρτησης μεταξύ των μεταβλητών x και y . Αποδεκτές τιμές για τον συντελεστή αυτόν είναι μόνο όσες είναι **μεγαλύτερες του 0,2**.

3.8.5 Συσχέτιση Παραμέτρων

Στο μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης, όπως και σε αρκετά ακόμα στατιστικά μοντέλα, πρέπει οι ανεξάρτητες μεταβλητές να **μην συσχετίζονται** μεταξύ τους. Για συσχέτιση άνω του 0,4 θα επιλέγεται να διατηρηθεί μόνο η μία εκ των δύο συσχετιζόμενων ανεξάρτητων μεταβλητών.

3.8.6 Μέγιστη Πιθανοφάνεια

Η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας αποτελεί ένα κριτήριο για την εκτίμηση της **στατιστικής εμπιστοσύνης** των μεταβλητών ενός μοντέλου. Σκοπός είναι να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια και αυτό είναι δυνατό να συμβεί όταν ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας L είναι όσο το δυνατό 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)” και δίνεται από τη παρακάτω σχέση:

$$LRT = -2(L_{(b)} - L_{(0)}) > \chi^2_{b0.05} \quad (\text{Εξ.10})$$

όπου:

$L_{(0)}$: ο λογάριθμος πιθανοφάνειας του μοντέλου δίχως τις μεταβλητές

$L_{(b)}$: ο λογάριθμος πιθανοφάνειας του μοντέλου με τις μεταβλητές

$\chi^2_{b0.05}$: η τιμή του κριτηρίου χ^2 για βαθμούς ελευθερίας b και επίπεδο σημαντικότητας 5%

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

3.8.7 AIC & BIC

Το κριτήριο AIC (Akaike Information Criterion) είναι ένας **εκτιμητής της σχετικής ποιότητας** των στατιστικών μοντέλων για ένα συγκεκριμένο πλήθος δεδομένων. Με δεδομένο ένα σύνολο μοντέλων τα οποία ερμηνεύουν ορισμένα δεδομένα, το AIC υπολογίζει τη ποιότητα του κάθε μοντέλου σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μοντέλα. Με αυτό το τρόπο, το κριτήριο AIC παρέχει ένα μέσο για την επιλογή του μοντέλου που ερμηνεύει με τον βέλτιστο τρόπο τα υπάρχοντα δεδομένα για κάθε περίπτωση.

Το κριτήριο BIC (Bayesian Information Criterion) αποτελεί ένα **κριτήριο για την επιλογή μοντέλου** μεταξύ ενός πεπερασμένου συνόλου μοντέλων.

Γενικά προτιμάται το μοντέλο που έχει τη μικρότερη τιμή BIC. Το κριτήριο BIC σχετίζεται αρκετά συχνά με το κριτήριο AIC και είναι βασιζόμενο, εν μέρει, στη συνάρτηση πιθανοφάνειας. Είναι δυνατό, κατά τη τοποθέτηση των μοντέλων, να αυξηθεί η πιθανοφάνεια μέσω τις προσθήκης παραμέτρων, με κίνδυνο βέβαια το να οδηγηθεί το κριτήριο σε υπερβολική ποσότητα παραμέτρων.

Τα δύο παραπάνω κριτήρια επιλύουν το πρόβλημα που αναφέρθηκε εισάγοντας μία **ποινή** ανάλογα με τον αριθμό των παραμέτρων ο οποίος εισάγεται στο μοντέλο.

3.9 Θεωρία Στοχαστικής Χρησιμότητας - Συνάρτηση Χρησιμότητας

Στο πλαίσιο μιας έρευνας δεδομένης προτίμησης, τα πρότυπα των διακριτών επιλογών είναι **εξατομικευμένα πρότυπα**, αφού εξετάζονται οι προτιμήσεις μεμονωμένων ανθρώπων 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 και αποτελείται από πεπερασμένο αριθμό εναλλακτικών. Τα σύνολα των επιλογών διαχωρίζονται σε **καθολικά** και σε **μειωμένα**. Τα καθολικά σύνολα περιέχουν όλες τις δυνατές εναλλακτικές, ενώ τα μειωμένα περιέχουν μονάχα τις εναλλακτικές οι οποίες είναι διαθέσιμες στο κάθε άτομο.

Ως συνάρτηση χρησιμότητας ορίζεται ένα **μαθηματικό μοντέλο** που περιγράφει την ικανοποίηση του κάθε ατόμου μέσω των χαρακτηριστικών της εκάστοτε επιλογής. Για κάθε εναλλακτική i του συνόλου επιλογών C_n , ορίζεται μία συνάρτηση χρησιμότητας του ατόμου n ως εξής:

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (\text{Εξ.11})$$

όπου:

$$V_{in} = \beta_i \cdot X_{in}$$

β_i : το διάνυσμα των συντελεστών

X_{in} : το διάνυσμα των τιμών των μεταβλητών

ε_{in} : το στοχαστικό μέρος της χρησιμότητας της εναλλακτικής

Η πιθανότητα επιλογής της κάθε εναλλακτικής υπολογίζεται όπως παρακάτω:

$$P_n(i/C) = P(U_{in} > U_{ij}) \forall j \in C, i \neq j \quad (\text{Εξ.12})$$

Κεφάλαιο 4: Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

4.1 Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι απαραίτητος ο εντοπισμός των στοιχείων που χαρακτηρίζουν την **οδηγική συμπεριφορά των τροφοδιανομέων**, των κινδύνων με τους οποίους έρχονται αντιμέτωποι οι τροφοδιανομείς κατά την εργασία τους και η αναζήτηση των τρόπων αντιμετώπισής τους. Για να μπορέσει να υλοποιηθεί η ανάλυση της έρευνας αυτής χρειάστηκε να πραγματοποιηθεί **συλλογή στοιχείων** μέσω του διαμοιρασμού ενός **ερωτηματολογίου** το οποίο είναι κατάλληλα σχεδιασμένο για να μπορέσει να απαντηθεί από κάθε τροφοδιανομέα στην Αθήνα. Οι απαντήσεις που δόθηκαν από τους τροφοδιανομείς αποτελούν τα δεδομένα που στη συνέχεια υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση ούτως ώστε να εξεταστεί η σημαντικότητά τους.

4.2 Συλλογή Στοιχείων

4.2.1 Μορφή Ερωτηματολογίου

Το ερωτηματολόγιο που σχεδιάστηκε αποτελείται από τέσσερις ενότητες και περιλαμβάνει συνολικά **31 ερωτήσεις** και **8 σενάρια**. Ο απαιτούμενος χρόνος για την συμπλήρωσή του κυμαίνεται μεταξύ των 5 έως και 10 λεπτών. Χρησιμοποιήθηκε το Google Forms για την δημιουργία του ερωτηματολογίου και οι απαντήσεις που δόθηκαν από τους τροφοδιανομείς ήταν μόνο υπό διαδικτυακή μορφή. Συνολικά συλλέχθηκαν **200 ερωτηματολόγια**, αριθμός ικανοποιητικός για τέτοιου είδους έρευνες, προκειμένου τα αποτελέσματα από την ανάλυσή τους να θεωρούνται αξιόπιστα.

Στο εξώφυλλο του ερωτηματολογίου αναγράφηκαν: ο τίτλος της Διπλωματικής Εργασίας, η σχολή των Πολιτικών Μηχανικών, το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο καθώς και ένα εισαγωγικό κείμενο που ανέφερε το στόχο του ερωτηματολογίου και την ανωνυμία των απαντήσεων. Οι ερωτήσεις που τέθηκαν ήταν απλές και κατανοητές.

4.2.2 Μέρη Ερωτηματολογίου

Το **πρώτο μέρος** του ερωτηματολογίου αποτελείται από ερωτήσεις που αφορούν την οδηγική εμπειρία των τροφοδιανομέων, την εργασιακή τους εμπειρία, το ωράριό τους και την ασφάλισή τους. Έτσι, οι ερωτηθέντες εισάγονται σταδιακά στο κλίμα και στη φιλοσοφία της έρευνας απαντώντας σε ερωτήσεις, οι οποίες αργότερα θα φανούν αρκετά χρήσιμες για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Το **δεύτερο μέρος** του ερωτηματολογίου αποτελείται από ερωτήσεις που αφορούν το κατά πόσο οι τροφοδιανομείς θεωρούν επικίνδυνη τη χρήση της

μοτοσυκλέτας, αν φοράνε τον απαραίτητο εξοπλισμό ασφαλείας εν ώρα εργασίας, αν έχουν εμπλακεί σε οδικά ατυχήματα, αν έχουν δεχτεί κάποια κλήση και αν έχουν προβεί σε διάφορες επικίνδυνες παραβιάσεις του Κ.Ο.Κ. Σκοπός αυτού του μέρους των ερωτήσεων είναι η κατανόηση της επικινδυνότητας της οδήγησης μοτοσυκλέτας και της απαραίτητης τήρησης του Κ.Ο.Κ. καθώς και των κανόνων ασφαλείας.

Έπειτα, το **τρίτο μέρος** του ερωτηματολογίου περιλαμβάνει ερωτήματα σχετικά με τους πιθανούς τρόπους μείωσης του αριθμού των ατυχημάτων και οι ερωτηθέντες καλούνται να τους αξιολογήσουν ως προς τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας. Παρατίθεται επίσης ένας γενικός πίνακας με διάφορες προτάσεις τις οποίες οι ερωτηθέντες πρέπει και πάλι να αξιολογήσουν. Στη συνέχεια υπάρχει ένας εισαγωγικός πίνακας, οποίος προετοιμάζει τους τροφοδιανομείς για τα σενάρια που θα ακολουθήσουν και ρωτάει το κατά πόσο θα άλλαζε ο κάθε τροφοδιανομέας την οδηγική του συμπεριφορά εάν μειωθεί το ποσοστό των ατυχημάτων (για τρία διαφορετικά ποσοστά). Τέλος ακολουθούν τα οκτώ σενάρια που για διάφορες αλλαγές στον χρόνο της κάθε διαδρομής (παραγγελίας), τη πιθανότητα οδικού ατυχήματος και το κέρδος ανά διαδρομή οι τροφοδιανομείς επιλέγουν το κατά πόσο θα άλλαζαν την οδηγική τους συμπεριφορά και θα οδηγούσαν με περισσότερη ασφάλεια.

Στο **τέταρτο μέρος** και τελευταίο του ερωτηματολογίου καλούνται οι ερωτηθέντες να δηλώσουν το φύλο τους, την ηλικία τους, το μορφωτικό τους επίπεδο και το ετήσιο οικογενειακό τους εισόδημα. Η καταγραφή των παραπάνω είναι απολύτως απαραίτητη καθώς προκύπτουν συμπεράσματα για την ομοιογένεια του δείγματος, αποτελέσματα τα οποία συνδυάζονται με τις απαντήσεις από το τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου και κάποια χαρακτηριστικά τα οποία ενδεχομένως θα χρησιμοποιηθούν αργότερα στο μαθηματικό μοντέλο.

4.2.3 Σενάρια

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου περιλαμβάνονται τα σενάρια όπου οι ερωτηθέντες, για κάθε ένα από τα οκτώ σενάρια που δίνονται, θα πρέπει να επιλέξουν μία εκ των τριών επιλογών (Προσεκτική οδήγηση, Λιγότερο προσεκτική οδήγηση και Καμία αλλαγή στην οδήγηση). Το κάθε σενάριο αφορά μία τυπική διαδρομή 10 λεπτών ενός τροφοδιανομέα στην Αθήνα. Οι **τιμές** που επιλέχθηκαν για κάθε σενάριο, επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε να προβληματιστεί ο τροφοδιανομέας που θα απαντήσει και έτσι να μην είναι μία απάντηση προφανής αλλά να δείχνει ότι δίνει προτεραιότητα σε μία παράμετρο περισσότερο από ότι δίνει στις υπόλοιπες. Παρατίθεται παρακάτω (Εικόνα 4.1) η μορφή του Σεναρίου Νο.1. Παρόμοια μορφή έχουν και τα υπόλοιπα σενάρια τα οποία φαίνονται όλα στο Παράρτημα Α στο τέλος της εργασίας.

Σενάριο 1	Προσεκτική οδήγηση	Λιγότερο προσεκτική οδήγηση	Καμία αλλαγή στην οδήγηση
Χρόνος (min)	4 min	2 min	-
Μείωση πιθανότητας οδικού ατυχήματος (%)	50%	30%	-
Απώλεια οικονομικού οφέλους (%)	3%	2%	-

Εικόνα 4.1: Μορφή του Σεναρίου Νο.1 στο ερωτηματολόγιο

4.2.4 Συλλογή Ερωτηματολογίων

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία συγκεντρώθηκαν 200 απαντημένα ερωτηματολόγια από τροφοδιανομείς που εργάζονται στη πόλη της Αθήνας. Το **δείγμα** αυτό είναι αρκετά ικανοποιητικό για την περαιτέρω έρευνα. Τα ερωτηματολόγια που συγκεντρώθηκαν ήταν όλα σε μορφή **Google Forms** λόγω της ευκολίας στη διανομή και στη λήψη των απαντήσεων. Η διαδικασία συλλογής όλων των ερωτηματολογίων διήρκεσε περίπου δύο μήνες (Μάρτιος 2023 - Μάιος 2023) και δόθηκε μεγάλη έμφαση στο να δοθούν απαντήσεις από όλες τις ηλικιακές ομάδες που εργάζονται ως τροφοδιανομείς, ώστε να επιτευχθεί ομοιογένεια στο δείγμα. Οι απαντήσεις από τα ερωτηματολόγια αποτελούν τη **βάση δεδομένων** που θα αξιοποιηθεί στα επόμενα στάδια της Διπλωματικής αυτής Εργασίας. Παρατίθεται στη συνέχεια ένα δείγμα των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου το οποίο δόθηκε στους τροφοδιανομείς για να απαντήσουν.

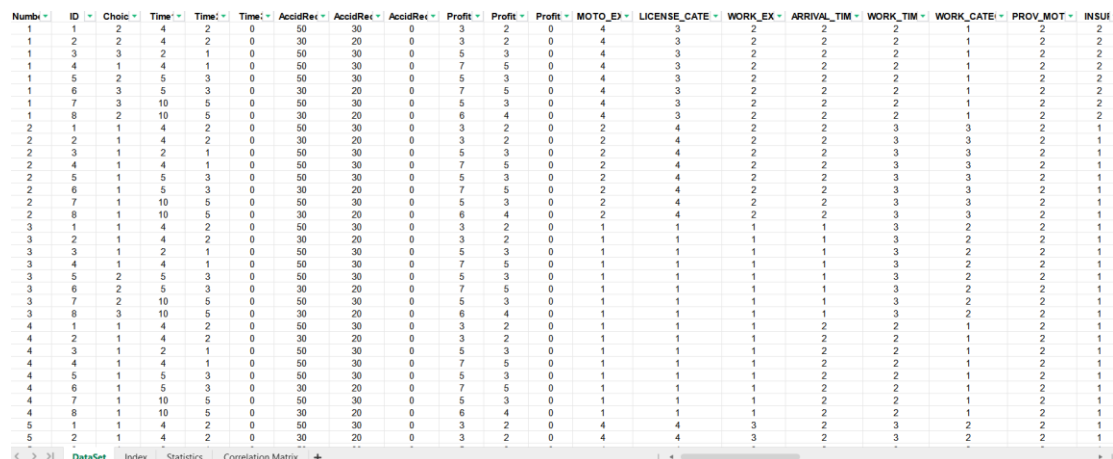
B1. Θεωρείτε επικίνδυνη την χρήση μοτοσυκλέτας; *

- ☐ Πολύ
- ☐ Αρκετά
- ☐ Μερικώς
- ☐ Λίγο
- ☐ Καθόλου

Εικόνα 4.2: Παράδειγμα ερώτησης του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε κατά την έρευνα

4.3 Κωδικοποίηση Δεδομένων

Το επόμενο βήμα μετά την συλλογή των απαντήσεων των ερωτηματολογίων, είναι η **κωδικοποίηση** των απαντήσεων αυτών με ψηφία (π.χ. Ναι = 1 και Όχι = 2) και η δημιουργία μίας κοινής βάσης δεδομένων η οποία καλείται Master Table. Για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται το Microsoft Excel. Ο λόγος που πραγματοποιήθηκε η παραπάνω ενέργεια είναι για να μπορέσουν οι απαντήσεις να αναγνωριστούν και να επεξεργαστούν από το πρόγραμμα Visual Studio Code. Στη παρακάτω εικόνα παρατίθεται η μορφή της βάσης δεδομένων του Master Table.



Number	ID	Choice	Time1	Time2	Time3	AccidRed1	AccidRed2	AccidRed3	Profit1	Profit2	Profit3	MOTO_EXP	LICENSE_CATEG	WORK_EXP	ARRIVAL_TIM	WORK_TIM	WORK_CATEG	PROV_MOT	INSUR
1	1	2	4	2	0	50	30	0	3	2	0	4	3	2	2	2	1	2	2
1	2	2	4	2	0	30	20	0	3	2	0	4	3	2	2	2	1	2	2
1	3	3	2	1	0	50	30	0	5	3	0	4	3	2	2	2	1	2	2
1	4	1	4	1	0	50	30	0	7	5	0	4	3	2	2	2	1	2	2
1	5	2	5	3	0	50	30	0	5	3	0	4	3	2	2	2	1	2	2
1	6	3	5	3	0	30	20	0	7	5	0	4	3	2	2	2	1	2	2
1	7	3	10	5	0	50	30	0	5	3	0	4	3	2	2	2	1	2	2
1	8	2	10	5	0	30	20	0	6	4	0	4	3	2	2	2	1	2	2
2	1	1	4	2	0	50	30	0	3	2	0	1	1	1	1	1	3	2	1
2	2	1	4	2	0	30	20	0	3	2	0	1	1	1	1	1	3	2	1
2	3	1	2	1	0	50	30	0	5	3	0	2	4	2	2	3	3	2	1
2	4	1	4	1	0	50	30	0	7	5	0	2	4	2	2	3	3	2	1
2	5	1	5	3	0	50	30	0	5	3	0	2	4	2	2	3	3	2	1
2	6	1	5	3	0	30	20	0	7	5	0	2	4	2	2	3	3	2	1
2	7	1	10	5	0	50	30	0	5	3	0	2	4	2	2	3	3	2	1
2	8	1	10	5	0	30	20	0	6	4	0	2	4	2	2	3	3	2	1
3	1	1	4	2	0	50	30	0	3	2	0	1	1	1	1	1	3	2	1
3	2	1	4	2	0	30	20	0	3	2	0	1	1	1	1	1	3	2	1
3	3	1	2	1	0	50	30	0	5	3	0	1	1	1	1	1	3	2	1
3	4	1	4	1	0	50	30	0	7	5	0	1	1	1	1	1	3	2	1
3	5	2	5	3	0	50	30	0	5	3	0	1	1	1	1	1	3	2	1
3	6	2	5	3	0	30	20	0	7	5	0	1	1	1	1	1	3	2	1
3	7	2	10	5	0	50	30	0	5	3	0	1	1	1	1	1	3	2	1
3	8	3	10	5	0	30	20	0	6	4	0	1	1	1	1	1	3	2	1
4	1	1	4	2	0	50	30	0	3	2	0	1	1	1	1	2	2	1	1
4	2	1	4	2	0	30	20	0	3	2	0	1	1	1	1	2	2	1	1
4	3	1	2	1	0	50	30	0	5	3	0	1	1	1	2	2	1	2	1
4	4	1	4	1	0	50	30	0	7	5	0	1	1	1	2	2	1	2	1
4	5	1	5	3	0	50	30	0	5	3	0	1	1	1	2	2	1	2	1
4	6	1	5	3	0	30	20	0	7	5	0	1	1	1	2	2	1	2	1
4	7	1	10	5	0	50	30	0	5	3	0	1	1	1	2	2	1	2	1
4	8	1	10	5	0	30	20	0	6	4	0	1	1	1	2	2	1	2	1
5	1	1	4	2	0	50	30	0	3	2	0	4	4	3	2	3	2	2	1
5	2	1	4	2	0	30	20	0	3	2	0	4	4	3	2	3	2	2	1

Εικόνα 4.3: Μορφή Dataset στο MasterTable

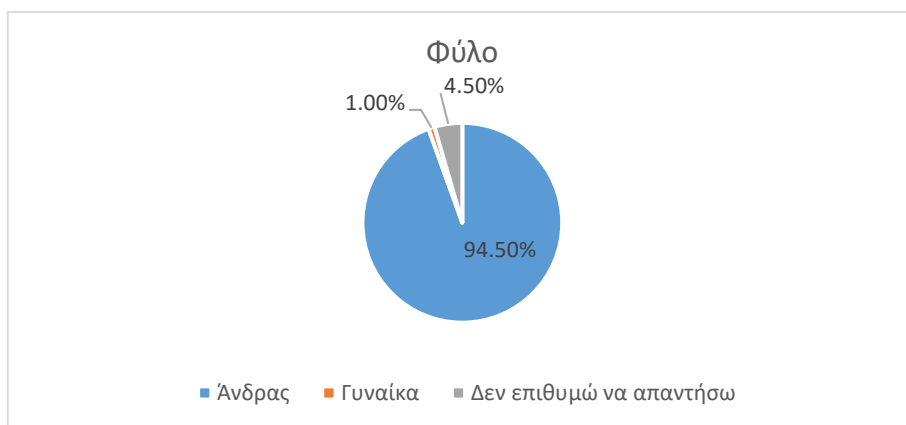
Η πρώτη γραμμή περιέχει τις στήλες:

- Number, ο αύξων αριθμός των ερωτηθέντων
- ID, ο αριθμός του εκάστοτε σεναρίου του τρίτου μέρους
- Choice, η επιλογή ενός εκ των τριών διαφορετικών σεναρίων
- Time1, Time2, Time3, η τιμή της μεταβλητής του χρόνου
- AccidRed1, AccidRed2, AccidRed3, η τιμή της μεταβλητής της πιθανότητας ατυχήματος
- Profit1, Profit2, Profit3, η τιμή της μεταβλητής του κέρδους
- MOTO_EXP, LICENSE_CATEG κλπ, η κωδικοποίηση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου

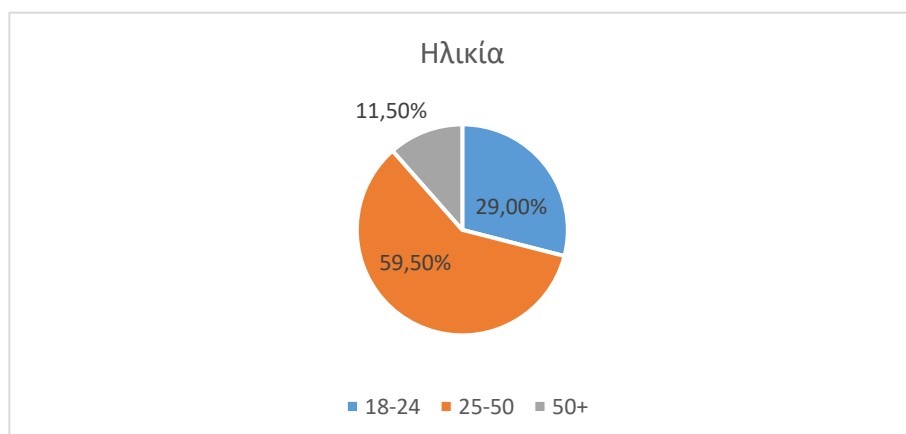
Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως ο αριθμός κάθε ερωτηθέντα (Number) εμφανίζεται σε οκτώ σειρές λόγω των οκτώ διαφορετικών σεναρίων. Σε κάθε μία από αυτές τις σειρές οι απαντήσεις του ερωτηματολογίου παραμένουν **πάντα ίδιες** και το μόνο που αλλάζει είναι οι επιλογές που έχουν δώσει οι ερωτηθέντες τροφοδοινομείς στο εκάστοτε σενάριο. Επίσης να αναφερθεί πως στις στήλες Time3, AccidRed3 και Profit3, οι τιμές είναι μηδέν διότι η απάντηση αυτή σημαίνει πως δεν θα υπάρξει **καμία αλλαγή** στις μεταβλητές αυτές, αφού αντιπροσωπεύει τη τρίτη εναλλακτική της καμίας αλλαγής στην οδήγηση.

4.4 Συγκεντρωτικά Στοιχεία

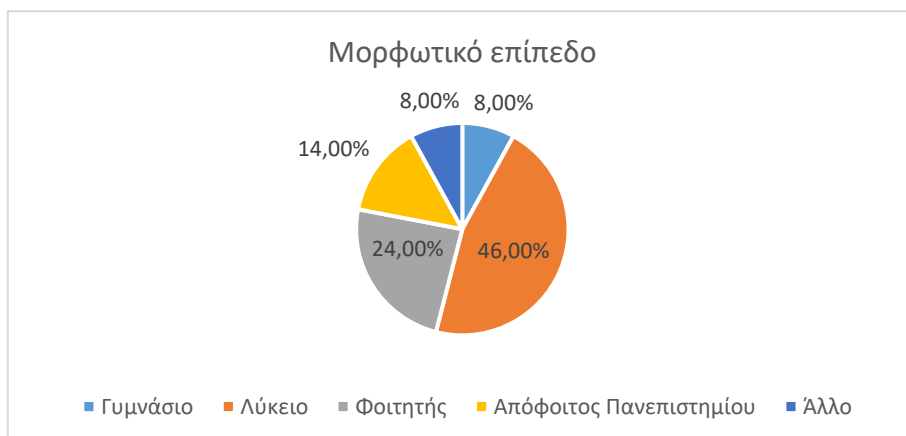
Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο εμφανίζονται συγκεντρωτικά τα σημαντικότερα και πιο ενδιαφέροντα **στατιστικά στοιχεία**, με τη μορφή διαγραμμάτων. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η **ποσοστιαία κατανομή του δείγματος** της έρευνας. Ακολουθούν τα διαγράμματα:



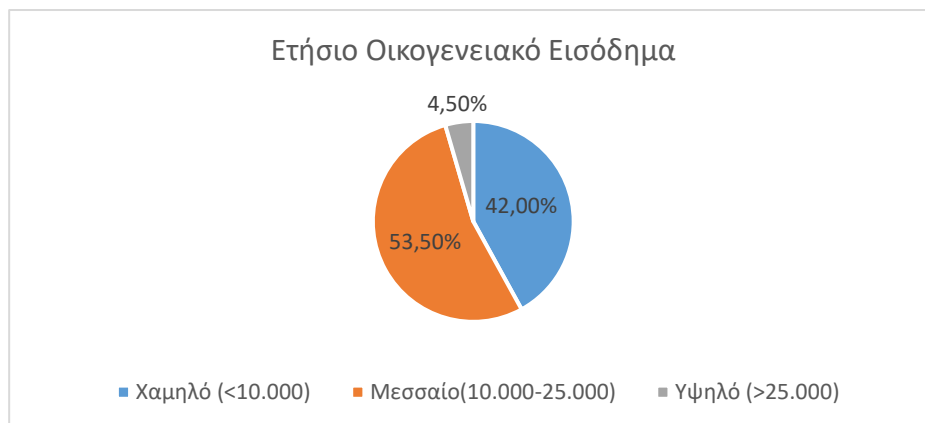
Διάγραμμα 4.1: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος ανά φύλο



Διάγραμμα 4.2: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος ανά ηλικία

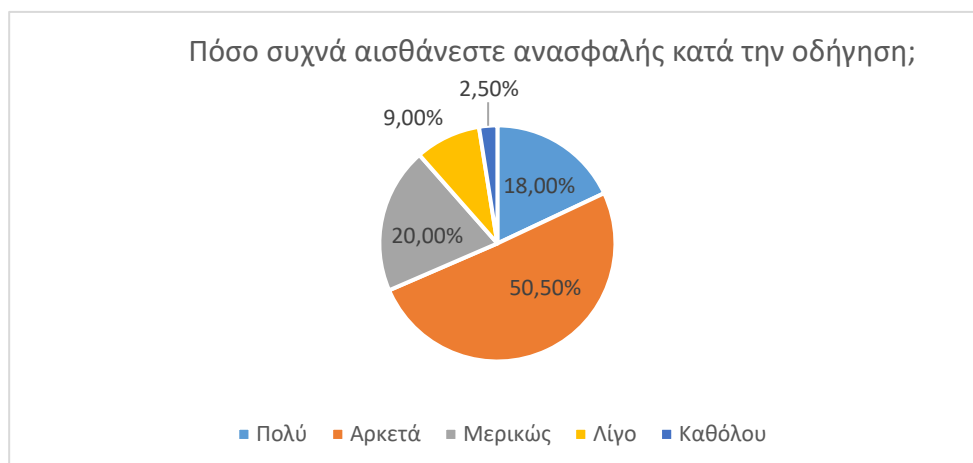


Διάγραμμα 4.3: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος με βάση το μορφωτικό επίπεδο



Διάγραμμα 4.4: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος με βάση το ετήσιο οικογενειακό εισόδημα

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει το συμπέρασμα πως οι τροφοδιανομείς είναι κατά συντριπτική πλειοψηφία άντρες ηλικίας 25 έως και 50 ετών και δίχως να είναι απόφοιτοι τριτοβάθμιας εκπαίδευσης.

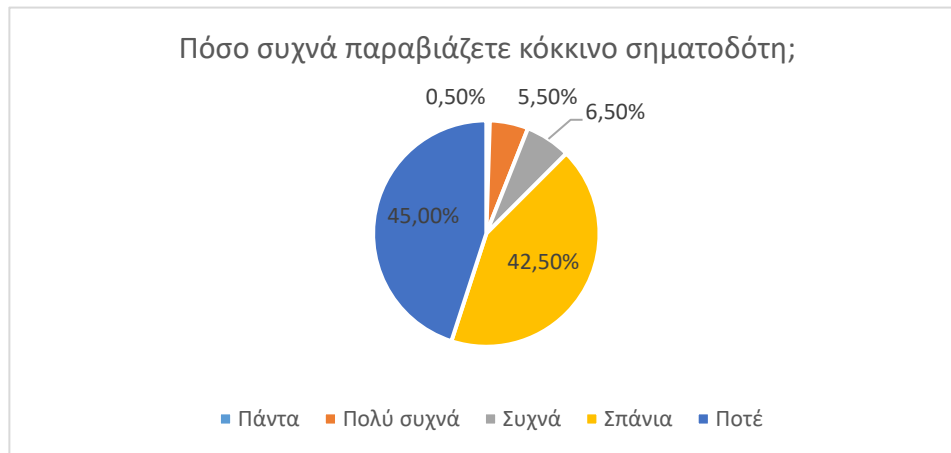


Διάγραμμα 4.5: Ποσοστιαία κατανομή της ασφάλειας που αισθάνονται οι τροφοδιανομείς καθώς οδηγούν

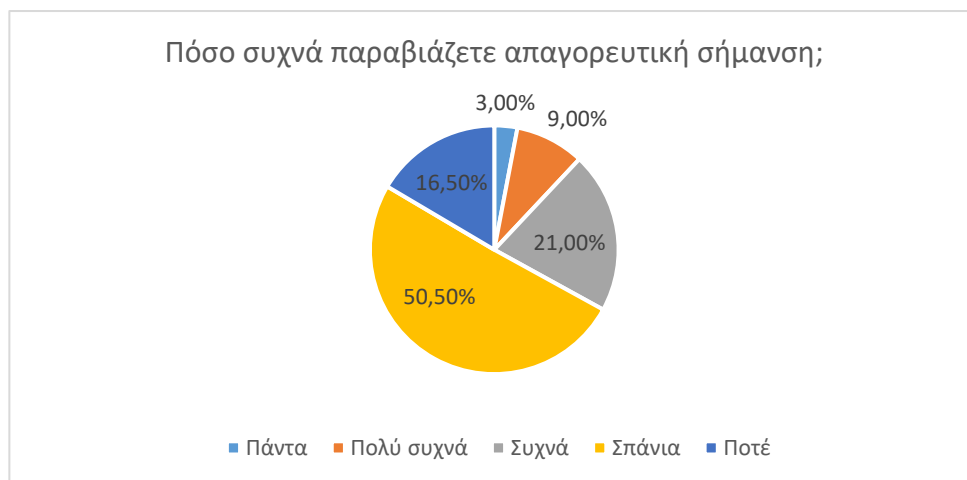


Διάγραμμα 4.6: Ποσοστιαία κατανομή του αριθμού των ατυχημάτων που έχουν εμπλακεί οι τροφοδιανομείς

Παρατηρείται από τα παραπάνω διαγράμματα πως οι περισσότεροι τροφοδιανομείς έχουν εμπλακεί σε ατύχημα τουλάχιστον μία φορά κατά την εργασία τους.



Διάγραμμα 4.7: Ποσοστιαία κατανομή της συχνότητας παραβίασης κόκκινου σηματοδότη από τους τροφοδιανομείς



Διάγραμμα 4.8: Ποσοστιαία κατανομή της συχνότητας παραβίασης απαγορευτικής σήμανσης από τους τροφοδιανομείς

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει το συμπέρασμα ότι η πλειοψηφία των τροφοδιανομέων παραβιάζουν σε κάποιο βαθμό τον Κ.Ο.Κ. με αποτέλεσμα η οδηγική τους συμπεριφορά να είναι ιδιαίτερα ανασφαλής.

Κεφάλαιο 5: Στατιστική Ανάλυση

5.1 Εισαγωγή

Εν συνεχεία του 4ου κεφαλαίου της Διπλωματικής Εργασίας, θα πραγματοποιηθεί η **στατιστική επεξεργασία** των στοιχείων τα οποία συλλέχθηκαν από τα ερωτηματολόγια που σχεδιάστηκαν ούτως ώστε να απαντηθούν τα ζητήματα της έρευνας αυτής. Οι μέθοδοι οι οποίες ακολουθήθηκαν για την στατιστική επεξεργασία των στοιχείων είναι η **πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση (multinomial logistic regression)** και το **γενικευμένο μοντέλο γραμμική παλινδρόμησης ταξινομημένων μεταβλητών (GLM ordinal logistic regression)**. Ακολουθούν παρακάτω αναλυτικά τα βήματα που έγιναν κατά την εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων για να αναπτυχθούν τα κατάλληλα μοντέλα. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, σε αυτό το σημείο το πόσο σπουδαία ήταν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τους στατιστικούς ελέγχους που απαιτούνται για την αποδοχή ή απόρριψη των σεναρίων που σχεδιάστηκαν. Στο τέλος του κεφαλαίου αναγράφονται, περιγράφονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν μέσα από την εφαρμογή της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης και της GLM.

Η ανάλυση βασίζεται στην ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων με στόχο τη περιγραφή των επιλογών των ερωτηθέντων ως μία συνάρτηση ανεξάρτητων μεταβλητών. Η χρήση του μοντέλου της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης βασίζεται στο Γ' μέρος του **ερωτηματολογίου** το οποίο περιλαμβάνει τα 8 σενάρια. Στα σενάρια αυτά, οι ερωτηθέντες καλούνται να επιλέξουν ανάμεσα σε τρεις επιλογές (σε κάθε σενάριο οι επιλογές παραμένουν ίδιες): α) **προσεκτική οδήγηση**, β) **λιγότερο προσεκτική οδήγηση** ή γ) **καμία αλλαγή στην οδήγηση**. Τα σενάρια περιλαμβάνουν διάφορους συνδυασμούς τιμών για α) το χρόνο της κάθε διαδρομής, β) τη πιθανότητα μείωσης ατυχημάτων και γ) την απώλεια κέρδους.

Η χρήση του μοντέλου της GLM βασίζεται και αυτή στο Γ' μέρος του ερωτηματολογίου και συγκεκριμένα στις ερωτήσεις Γ1 (Πόσο πιστεύετε ότι θα μείωνε τα τροχαία ατυχήματα η αυστηροποίηση των μέτρων;), Γ2 (Πόσο πιστεύετε ότι θα βελτίωνε την οδική ασφάλεια η αύξηση των προστίμων;) και Γ3 (Πόσο πιστεύετε ότι θα βελτίωνε την οδική ασφάλεια η χρήση καμερών ελέγχου των παραβάσεων;). Οι ερωτήσεις αυτές προσφέρουν πέντε διαφορετικές επιλογές εκ των οποίων οι τροφοδιανομείς καλούνται να διαλέξουν τη μία. Οι επιλογές αυτές είναι: α) πολύ, β) αρκετά, γ) μερικώς, δ) λίγο ή ε) καθόλου.

5.2 Στατιστικό Πρότυπο της Πολυωνυμικής Λογιστικής Παλινδρόμησης

5.2.1 Επεξεργασία Δεδομένων της Πολυωνυμικής Λογιστικής Παλινδρόμησης

Μέσω της μεθόδου της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης, την γλώσσα προγραμματισμού Python και την εφαρμογή ανοικτού κώδικα του Visual Studio Code θα πραγματοποιηθεί η στατιστική ανάλυση των 8 σεναρίων τα οποία περιλαμβάνονται στο ερωτηματολόγιο της παρούσας έρευνας.

Καταρχήν, πρέπει να εγκατασταθούν κάποια **πακέτα εντολών**. Άρα στο command window της εφαρμογής θα πρέπει να γραφτούν οι εντολές “pip install pandas”, “pip install numpy”, “pip install matplotlib”, “pip install seaborn”, “pip install scipy”, “pip install patsy”, “pip install statsmodels”, “pip install xlrd”, “pip install scikit-learn” και “pip install openpyxl”. Η βιβλιοθήκη “pandas” αποτελεί το dataframe, δηλαδή τον πίνακα δεδομένων. Η “numpy” παρέχει βασικές δομές δεδομένων για τη αναπαράσταση πινάκων και προσφέρει ταχείες λειτουργίες πίνακα. Η “matplotlib” δημιουργεί γραφικά (plots) και διαγράμματα. Η “seaborn” παρέχει υψηλού επιπέδου διεπαφές για τη δημιουργία πιο ελκυστικών πληροφοριακών γραφικών διαγραμμάτων. Η “scipy” παρέχει επιπλέον λειτουργίες για επιστημονικούς υπολογισμούς και ανάλυση δεδομένων. Η “patsy” χρησιμοποιείται για τον ευκολότερο και πιο ευέλικτο προγραμματισμό της ανάλυσης δεδομένων και την προετοιμασία δεδομένων για στατιστικές αναλύσεις και δεδομένα. Η “statsmodels” παρέχει εργαλεία και μοντέλα για στατιστικές αναλύσεις και ανάλυση δεδομένων. Η “xlrd” χρησιμοποιείται για την ανάγνωση δεδομένων από αρχεία excel σε μορφή .xlsx. Η “scikit-learn” παρέχει ένα ευέλικτο περιβάλλον για την ανάπτυξη, την εκπαίδευση και την αξιολόγηση μοντέλων μηχανικής μάθησης. Τέλος, η “openpyxl” χρησιμοποιείται για τη διαχείριση αρχείων excel στη μορφή .xlsx.

```
#Installing required libraries
pip install pandas
pip install numpy
pip install matplotlib
pip install seaborn
pip install scipy
pip install patsy
pip install statsmodels
pip install xlrd
pip install scikit-learn
pip install openpyxl
```

Εικόνα 5.1: Εγκατάσταση των απαραίτητων βιβλιοθηκών

Κατόπιν, θα πρέπει να εισάγουμε τις παραπάνω **βιβλιοθήκες** και να τις αναθέσουμε σε μία νέα και μικρότερη μεταβλητή ούτως ώστε να μειωθεί το μέγεθος του κώδικά μας. Οι αλλαγές που θα γίνουν είναι οι ακόλουθες: “import pandas as pd”, “import numpy as np”, “import seaborn as sns”, “import scipy as scp”, “from patsy import dmatrices”, “from matplotlib import pyplot as plt” και “from matplotlib import colors as mcolors”. Παρομοίως θα κάνουμε το ίδιο και για τα στατιστικά μοντέλα: “import statsmodels.formula.api as smf” και “import statsmodels.api as sm”.

```
#Import packages
import pandas as pd #dataframe
import numpy as np #arithmetic functions
import os

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

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

Εικόνα 5.2: Εισαγωγή των απαραίτητων βιβλιοθηκών της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

Επόμενο βήμα είναι η αρχή της **συγγραφής του κώδικα**. Σε αυτό το βήμα θα εισάγουμε το αρχείο excel το οποίο περιλαμβάνει τον **βασικό πίνακα του πολυωνυμικού μοντέλου** που περιέχει τα κωδικοποιημένα δεδομένα και τις μεταβλητές του ερωτηματολογίου. Η εντολή που θα χρησιμοποιηθεί είναι η “pd.read_excel(‘MasterTable-Choumis.xlsx’)”. Στο αρχείο αυτό δόθηκε το όνομα “data”. Κατόπιν θα πραγματοποιήσουμε έναν έλεγχο για να δούμε τη κατανομή του δείγματος της έρευνας αυτής σε κάθε επιλογή των σεναρίων.

Επίσης σε αυτό το βήμα θα πρέπει να γίνει αλλαγή στα δεδομένα του Master Table διότι απαιτείται μονάχα μία στήλη για τον χρόνο, την πιθανότητα ατυχήματος και το κέρδος (Time, AccidRed και Profit) ενώ στο ερωτηματολόγιο υπάρχουν 3 για το κάθε δεδομένο. Η εντολή που θα χρησιμοποιηθεί είναι η “data.loc” για την παραπάνω ενέργεια. Βέβαια, καθώς η εντολή “loc” στηρίζεται σε ακέραιους αριθμούς και για αυτό στην επόμενη εντολή θα μετατρέψουμε τις μεταβλητές: χρόνος, πιθανότητα ατυχήματος και κέρδος, από float σε integer αριθμούς. Τέλος, θα μετατραπούν οι τρεις μεταβλητές που προαναφέρθηκαν, σε νόρμες ούτως ώστε να παίρνουν τιμές από 0 έως και 1 οπότε πλέον θα ονομάζονται “Time_norm”, “AccidRed_norm” και “Profit_norm”.

```
import os
os.getcwd()

#Importing the dataset from MasterTable
data = pd.read_excel(r'C:\Users\choum_ejr7b9b\Desktop\Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ\Διπλωματική\Κώδικας\MasterTable-Choumis.xlsx')
```

```
data.head()

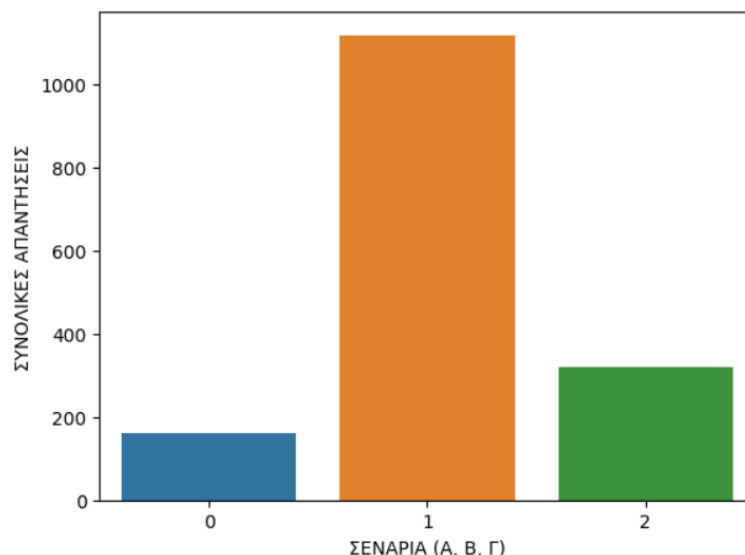
data.shape

(1600, 47)
```

Εικόνα 5.3: Συγγραφή του κώδικα της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε το παρακάτω σχεδιάγραμμα στο οποίο φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των τροφοδανομένων στα σενάρια. Συγκεκριμένα: το 0 αντιπροσωπεύει την επιλογή “καμία αλλαγή στην οδήγηση”, το 1 την επιλογή “προσεκτική οδήγηση” και το 2 “λιγότερο προσεκτική οδήγηση”.

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



Εικόνα 5.4: Κατανομή των απαντήσεων των σεναρίων

```
#Change the format of the MasterTable (one column for Time, AccidRed and Profit instead of 3)
#When Choice = 1, the new column Time, AccidRed and Profit need to take the respective values from the columns Time1 AccidRed1 and Profit1
data.loc[data['Choice'] == 1, 'Time'] = data['Time1']
data.loc[data['Choice'] == 2, 'Time'] = data['Time2']
data.loc[data['Choice'] == 3, 'Time'] = data['Time3']

data.loc[data['Choice'] == 1, 'AccidRed'] = data['AccidRed1']
data.loc[data['Choice'] == 2, 'AccidRed'] = data['AccidRed2']
data.loc[data['Choice'] == 3, 'AccidRed'] = data['AccidRed3']

data.loc[data['Choice'] == 1, 'Profit'] = data['Profit1']
data.loc[data['Choice'] == 2, 'Profit'] = data['Profit2']
data.loc[data['Choice'] == 3, 'Profit'] = data['Profit3']

#Convert from Float to Integer
cols = ['Time', 'AccidRed', 'Profit']
data[cols] = data[cols].applymap(np.int64)

#Normalize values for time, accidred, profit ---> values between 0-1
data['Time_norm'] = ((data['Time'] - data['Time'].min()) / ((data['Time']).max() - data['Time'].min()))
data['AccidRed_norm'] = ((data['AccidRed'] - data['AccidRed'].min()) / ((data['AccidRed']).max() - data['AccidRed'].min()))
data['Profit_norm'] = ((data['Profit'] - data['Profit'].min()) / ((data['Profit']).max() - data['Profit'].min()))
```

Εικόνα 5.5: Συνέχεια του κώδικα της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

Εν συνεχεία, θα πρέπει να γίνει η **συσχέτιση** των παραπάνω μεταβλητών ούτως ώστε αυτή να μην ξεπερνά το 0,5. Αυτό θα πραγματοποιηθεί μέσω της εντολής “data.cor()”.

Κατόπιν, ο κώδικας επιλέγει τις στήλες του πίνακα “datacor” που έχουν συσχέτιση μεταξύ 0,5 και 1 (αποκλείοντας τις τιμές 1, που αντιστοιχούν στη συσχέτιση μίας μεταβλητής με την μεταβλητή). Βάσει της συσχέτισης που υλοποιήθηκε, προκύπτει ότι υψηλά συσχετιζόμενες μεταξύ τους μεταβλητές ήταν οι παρακάτω: η οδηγική εμπειρία (MOTO_EXP), η εργασιακή εμπειρία (WORK_EXP) και η ηλικία (AGE) με την κατηγορία διπλώματος (LICENCE_CATEG), ο αριθμός των ατυχημάτων (TIMES_ACCID) με τον αριθμό των σοβαρών ατυχημάτων (TIMES_SERIOUS_ACCID), η συχνότητα παραβίασης κόκκινου σηματοδότη (RED_LIGHT_VIOLATION) και η συχνότητα παράνομης προσπέρασης (PASS_BY_VIOLATION) με την συχνότητα παραβίασης απαγορευτικής σήμανσης (PROH_SIGN_VIOLATION), το μέτρο αύξησης προστίμων (FINE_INCR) με το μέτρο χρήσης καμερών (CAMERA_USE) και με την αυστηροποίηση των μέτρων (STRICT_PENALTIES), η χρήση κράνους (IF_HELMET), η χρήση προστατευτικού ρουχισμού (IF_SUIT), η τήρηση των ορίων ταχύτητας (IF_SPEED_LIMIT), η συντήρηση της μοτοσυκλέτας (IF_MOTO_MAINTAIN), η μη χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση (IF_PHONE) και η τήρηση της οδικής σήμανσης (IF_SIGNS) ως μέτρα που βοηθούν στη μείωση των ατυχημάτων, μεταξύ τους και η πιθανότητα μείωσης οδικών ατυχημάτων με την πιο προσεκτική οδήγηση κατά 20% (ACCID_REDUCE_20%) και 50% (ACCID_REDUCE_50%) με την πιθανότητα μείωσης οδικών ατυχημάτων κατά 30% (ACCID_REDUCE_30%).

Για την εφαρμογή της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης θα πρέπει να χωριστεί η **εξαρτημένη μεταβλητή**, η οποία είναι η “επιλογή” (“choice”), από τις **ανεξάρτητες μεταβλητές**. Αυτό πραγματοποιείται μέσω της εντολής `x=drop(['Choice'],axis=1)`. Θα πρέπει επίσης να γίνει “drop” και της μίας εκ των ανά δύο υψηλά συσχετιζόμενων μεταβλητών για να διατηρηθεί μονάχα η μία. Η εντολή “axis=1” κάνει το πρόγραμμα να υλοποιεί τους υπολογισμούς του κατά μήκος των στηλών όλων των μεταβλητών.

Οι υψηλά συσχετιζόμενες μεταβλητές που έγιναν drop είναι οι παρακάτω: LICENCE_CATEG, MOTO_EXP, WORK_EXP, TIMES_SERIOUS_ACCID, PROH_SIGN_VIOLATION, RED_LIGHT_VIOLATION, CAMERA_USE, FINE_INCR, IF_HELMET, IF_SUIT, IF_MOTO_MAINTAIN, IF_PHONE, IF_SIGNS, ACCID_REDUCE_20% και ACCID_REDUCE_50%.

Number	ID	Choice	Time1	Time2	Time3	AccidRed	AccidRed	AccidRed	Profit1	Profit2	Profit3	MOTO_EXENSE	CATWORK_EXERIVAL	TIMORK_TIMORK	CATROV_MOTI	INSUR	ITO_DANGCURE	DILMET_UBUIT	USMES_AZ							
Number	1	-7E-16	-0.0913	5.1E-16	6E-16	0	2.13E-16	2.13E-16	0	3.56E-15	5.88098E-16	0	0.104203	-0.0002	-0.01593	-0.05222	-0.10597	0.080575	0.087172	-0.00418	0.108498	-0.0303	0.03763	-0.1672	-0.02	
ID	Choice	-0.091	0.16275	0.81674	0.81148	0	-0.282	-0.1202	0	0.131859	0.13448905	0	-0.00409	-0.00664	-0.10737	0.048761	-0.09979	-0.07475	0.029699	0.114744	0.100648	0.13381	0.17063	0.14475	0.0475	
Time1	5E-16	0.8167	0.13651	1	0.95668	0	-0.2357	-0.2357	0	0.204275	0.143788405	0	1.32E-16	1.93E-17	7.56E-17	-1.1E-17	-2.4E-17	1.42E-16	8.31E-17	3.69E-17	1.04E-16	-4E-17	-5E-17	-1E-16	1.8E-1	
Time2	6E-16	0.8115	0.12384	0.95668	1	0	-0.30551	-0.30551	0	0.130931	0.05705237	0	1.64E-16	2.06E-16	6.05E-17	-5.2E-17	4.62E-17	2.28E-16	1.29E-16	5.13E-17	4.83E-17	-7E-17	-9E-17	-2E-16	3.7E-1	
Time3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AccidRed	2E-16	-0.282	-0.1202	-0.2357	-0.3055	0	1	1	0	-0.11111	-0.203347513	0	-7.4E-17	1.64E-16	-5.4E-17	3.61E-16	-1.5E-16	-4.6E-16	-1.9E-16	-7.7E-17	4.19E-16	4.8E-16	2E-16	2.9E-16	1.5E-1	
AccidRed	2E-16	-0.282	-0.1202	-0.2357	-0.3055	0	1	1	0	-0.11111	-0.203347513	0	-7.4E-17	1.64E-16	-5.4E-17	3.61E-16	-1.5E-16	-4.6E-16	-1.9E-16	-7.7E-17	4.19E-16	4.8E-16	2E-16	2.9E-16	1.5E-1	
AccidRed	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Profit1	4E-15	0.6573	0.13186	0.20428	0.13093	0	-0.11111	-0.11111	0	1	0.978004705	0	3.37E-16	1.2E-16	-3.9E-17	-1.9E-16	-4.3E-16	8.32E-17	3.07E-16	-3.7E-16	4.79E-16	-2E-16	2.5E-16	-5E-16	-6E-1	
Profit2	6E-16	0.5647	0.13449	0.14379	0.05705	0	-0.20335	-0.20335	0	0.978005	1	0	7.79E-17	-5.1E-17	2.89E-16	7.64E-17	-1E-16	-2.5E-17	2.81E-17	-1E-16	7.21E-17	7.5E-17	4.8E-17	-3E-17	1.2E-1	
Profit3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MOTO_EXENSE	0.1042	-2E-16	-0.0841	1.3E-16	1.8E-16	0	-7.4E-17	-7.4E-17	0	3.37E-16	7.78728E-17	0	0.544441	0.68651	-0.09345	0.327093	0.146133	-0.05846	0.017244	-0.16614	-0.1147	-0.1384	-0.1442	0.2643	0.04	
CATWORK_EXERIVAL	-2E-04	-8E-17	-0.0566	1.9E-17	2.1E-18	0	1.64E-16	1.64E-16	0	1.2E-16	-5.12455E-17	0	0.544441	0.68651	1	0.431517	-0.07889	0.36987	0.22672	0.036384	0.058011	-0.11096	-0.1014	-0.162	-0.078	0.332
TIMORK_TIMORK	-0.016	-1E-16	-0.1074	7.6E-17	6E-17	0	-5.4E-17	-5.4E-17	0	-3.9E-17	2.68662E-18	0	0.68651	0.431517	1	-0.08449	0.380799	0.069033	-0.01314	0.096541	-0.09276	-0.066	-0.1582	-0.1223	0.3722	
CATROV_MOTI	-0.052	-2E-16	0.04876	-1E-17	-5E-17	0	3.61E-16	3.61E-16	0	-1.9E-16	7.64301E-17	0	-0.09345	-0.07889	0.68448	1	-0.06385	0.078152	0.001283	0.020502	0.01345	0.08085	-0.0014	0.006	0.0574	
INSUR	-0.105	-7E-17	-0.0998	-2E-17	4.8E-17	0	-1.5E-16	-1.5E-16	0	-4.3E-16	-1.02852E-16	0	0.327093	0.36987	0.380799	-0.06385	1	0.248057	0.031127	-0.00454	-0.01929	-0.0453	-0.0725	-0.0624	0.2785	
ITO_DANGCURE	0.0906	-3E-16	-0.0748	1.4E-16	2.3E-16	0	-4.6E-16	-4.6E-16	0	8.32E-17	-2.4912E-17	0	0.146133	0.22672	0.069033	0.078152	0.248057	1	0.164282	0.076278	0.072257	-0.1158	-0.3012	-0.247	0.064	
DILMET_UBUIT	0.0972	-1E-16	0.0297	8.3E-17	1.3E-16	0	-1.9E-16	-1.9E-16	0	3.07E-16	2.80859E-17	0	-0.05846	0.036384	-0.01314	0.001283	0.031127	0.164282	1	0.255085	0.079991	-0.0508	0.13645	-0.0576	0.1288	
USMES_AZ	0.064	-8E-17	0.11474	3.7E-17	5.1E-17	0	-7.7E-17	-7.7E-17	0	-3.7E-16	-1.02522E-16	0	0.017244	0.058011	0.068541	0.020502	-0.00454	0.076278	0.255085	1	-0.09678	-0.1165	0.04139	0.13184	0.1155	
AccidRed	0.1085	-6E-17	0.10065	-1E-16	4.8E-17	0	4.19E-16	4.19E-16	0	4.79E-16	7.20994E-17	0	-0.16614	-0.11096	-0.09276	0.01345	-0.01929	0.072257	0.079991	-0.03678	1	0.43376	0.04001	-0.0926	0.0016	
AccidRed	0.039	-2E-16	0.13381	-4E-17	-7E-17	0	4.82E-16	4.82E-16	0	-2.2E-16	7.4934E-17	0	-0.11467	-0.10137	-0.06804	0.080847	-0.04527	-0.11577	-0.0508	-0.11647	0.433763	1	0.17216	0.04493	-0.112	
AccidRed	0.0376	8E-17	0.17063	-5E-17	-8E-17	0	1.97E-16	1.97E-16	0	2.53E-16	4.76206E-17	0	-0.13841	-0.16197	-0.15816	-0.00136	-0.07248	-0.30116	0.136449	0.04139	0.040012	0.17216	1	0.387	-0.002	
AccidRed	0.167	-3E-16	0.14475	-1E-16	-2E-16	0	2.91E-16	2.91E-16	0	-4.8E-16	-3.17892E-17	0	-0.1442	-0.076	-0.12234	0.006	-0.09238	-0.24704	-0.05783	0.131844	-0.0929	0.04493	0.387	1	-0.076	
AccidRed	-0.025	-3E-17	0.04791	1.8E-18	3.7E-17	0	1.49E-16	1.49E-16	0	-4E-17	1.24585E-16	0	0.264301	0.332035	0.372358	0.057662	0.278266	0.064698	-0.02887	0.115287	0.001857	-0.1125	-0.0039	-0.0765	0.04	
AccidRed	0.137	-7E-17	0.03967	2.7E-17	-6E-18	0	2.46E-16	2.46E-16	0	6.27E-17	1.6401E-17	0	0.184409	0.272189	0.302098	0.137862	0.132	0.083081	0.070007	0.08729	0.00697	-0.059	-0.0918	-0.074	0.643	
AccidRed	0.137	-7E-17	0.0446	-4E-17	-9E-17	0	-5.2E-17	-5.2E-17	0	-4.2E-16	-1.59512E-16	0	0.146361	0.162702	0.203841	0.108676	0.167689	0.007021	0.113941	0.012332	-0.21861	-0.0425	0.04736	0.1239	0.2347	
AccidRed	0.0904	-2E-16	-0.1821	-2E-18	9.3E-17	0	-3.8E-16	-3.8E-16	0	3.8E-16	-1.66356E-16	0	0.111116	0.168554	0.049664	-0.10809	0.047947	0.094741	0.002916	-0.09012	0.064017	-0.0717	-0.1577	-0.0723	-0.122	
AccidRed	0.0648	-1E-16	-0.2666	8.7E-17	1.4E-16	0	-1.5E-16	-1.5E-16	0	8.51E-17	-8.02665E-17	0	0.133527	0.165523	0.101819	-0.10703	0.045881	0.103769	-0.12047	-0.07779	0.040997	-0.1087	-0.732	-0.2495	-0.077	
AccidRed	0.0809	-6E-17	-0.2347	2.9E-17	1.1E-16	0	-3.3E-16	-3.3E-16	0	1.7E-16	5.62554E-17	0	-0.01397	0.055708	-0.02257	0.015617	-0.07552	0.14426	-0.03439	-0.1286	-0.03548	0.01852	-0.2597	-0.2285	-0.106	
AccidRed	0.2359	-3E-16	-0.262	1.7E-16	2.2E-16	0	-1.9E-16	-1.9E-16	0	1.27E-15	1.1471E-16	0	0.150834	0.098819	0.092851	0.029348	-0.08659	0.088532	0.02689	-0.15036	0.073414	0.08176	-0.1552	-0.3352	-0.114	
T_PEN	0.092	-2E-16	0.16566	8E-17	-1E-16	0	2.7E-16	2.7E-16	0	-1.8E-16	-9.65253E-17	0	0.074092	0.086168	0.058104	-0.06874	0.087402	-0.04248	0.007468	-0.10183	0.015006	0.06537	0.14842	0.08819	0.0553	
INS_NRC	0.119	-2E-16	0.1221	-1E-16	-1E-16	0	1.84E-16	1.84E-16	0	-3.8E-16	-9.1170E-16	0	0.077551	0.116594	0.028262	-0.02749	0.055804	-0.00587	0.053013	0.022388	0.029045	-0.0338	0.17232	0.14805	0.1222	
AccidRed	0.12	-2E-16	0.04181	-1E-16	-1E-16	0	6.24E-17	6.24E-17	0	-3.9E-16	-1.6484E-17	0	-0.00883	0.026001	0.029929	-0.07731	0.008976	-0.01179	0.109112	0.060061	0.077759	-0.0542	0.03872	0.05449	0.1005	
AccidRed	0.1426	-2E-16	0.1671	1.1E-16	1E-16	0	-2.7E-16	-2.7E-16	0	4.98E-16	-1.52945E-17	0	-0.08025	-0.08221	-0.04768	-0.01853	-0.08444	0.020428	-0.18215	-0.06783	0.047084	-0.1841	-0.2366	-0.0553	-0.092	
AccidRed	0.1481	-3E-16	-0.2511	1.2E-16	1.5E-16	0	-4.6E-16	-4.6E-16	0	4.41E-16	-5.20695E-17	0	0.018731	-0.06113	0.039275	-0.04701	0.002228	0.073285	-0.07606	0.067493	-0.05825	-0.3593	-0.2198	-0.1755	0.0246	

Εικόνα 5.6: Συσχέτιση των μεταβλητών

#Correlation datacor = data.corr() #datacor.to_excel('CorrelationMatrix.xlsx', index = False, header = True)
datacor
datacor.to_excel('Correlation Matrix.xlsx', index = True, header = True)
highly_correlated = datacor[(datacor > 0.5) & (datacor < 1)].stack().reset_index() print(highly_correlated)

Εικόνα 5.7: Κώδικας συσχέτισης των μεταβλητών

Αμέσως μετά, όσες μεταβλητές είχαν σαν πιθανές απαντήσεις: α) πολύ, β) αρκετά, γ) μερικώς, δ) λίγο ή ε) καθόλου μετατράπηκαν σε διωνυμικές με σκοπό να παίρνουν τιμές 0 ή 1. Οι απαντήσεις “πολύ” και “αρκετά”, εισήχθησαν στη τιμή 1 και οι απαντήσεις “μερικώς”, “λίγο” και “καθόλου” στη τιμή 0.

Define a function to map values to 1 or 0 based on the interpretation def map_to_binary(value): if value in [1, 2]: return 1 else: return 0 # Apply the function to the 'STRICT_PENALTIES' column using numpy's vectorized operation data['STRICT_PENALTIES'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['STRICT_PENALTIES']) data['HELMET_USE'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['HELMET_USE']) data['MOTO_DANGER'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['MOTO_DANGER']) data['INSECURE_DRIVE'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['INSECURE_DRIVE']) data['HELMET_USE'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['HELMET_USE']) data['SUIT_USE'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['SUIT_USE']) data['STOP_SIGN_VIOLATION'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['STOP_SIGN_VIOLATION']) data['RED_LIGHT_VIOLATION'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['RED_LIGHT_VIOLATION']) data['PROH_SIGN_VIOLATION'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['PROH_SIGN_VIOLATION']) data['PASS_BY_VIOLATION'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['PASS_BY_VIOLATION']) data['STRICT_PENALTIES'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['STRICT_PENALTIES']) data['FINE_INCR'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['FINE_INCR']) data['CAMERA_USE'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['CAMERA_USE']) # Save the modified DataFrame back to the CSV file #df.to_csv('modified_file.csv', index=False)
--

Εικόνα 5.8: Κώδικας μετατροπής μεταβλητών σε διωνυμικές

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η πολυωνυμική παλινδρόμηση μέσω της εντολής “MNLogit.fit()”. Αφού πρώτα δοκιμαστούν πολλά ζεύγη και

περιπτώσεις μεταβλητών και έχοντας δοκιμάσει και τις μεθόδους “powell”, “bfgs”, “lbfgs” και “newton”, η μέθοδος που προτιμάται εντέλει για αριθμητική βελτιστοποίηση είναι η “powell”. Στο σύνολο των δεδομένων αντικαθίσταται το σύνολο (x) με την εντολή “sm.add_constant(x)” ώστε να προστεθεί ένας σταθερός όρος στην εξίσωση χρησιμότητας με σκοπό να βελτιωθεί το μοντέλο.

```
#Create the data set ,independent variables(X) and dependent ones (Y) by dropping correlated variables

x = data[['Time_norm', 'AccidRed_norm', 'Profit_norm', 'AGE', 'TIMES_FINE', 'STRICT_PENALTIES']]
y = data['Choice']

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

Optimization terminated successfully.
Current function value: 0.112758
Iterations: 666
Function evaluations: 1807
Gradient evaluations: 1807

Εικόνα 5.9: Βασικός κώδικας του πολυωνυμικού μοντέλου

5.2.2 Αποτελέσματα της Πολυωνυμικής Λογιστικής Παλινδρόμησης

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.7, στο τελικό πολυωνυμικό μοντέλο, η εξαρτημένη μεταβλητή (Choice), υπολογίζεται συναρτήσει των μεταβλητών του Χρόνου (Time), Μείωσης Πιθανότητας Ατυχήματος (AccidRed) και Απώλειας Κέρδους (Profit), οι οποίες δέχονται διάφορες τιμές ανάλογα με την εναλλακτική, καθώς επίσης και συναρτήσει των ανεξάρτητων μεταβλητών που ακολουθούν: AGE, TIMES_FINE και STRICT_PENALTIES. Ο συνδυασμός αυτός των μεταβλητών κρίθηκε ως ο **στατιστικά πιο αξιόπιστος** ύστερα από μία πληθώρα δοκιμών με διάφορους συνδυασμούς μεταβλητών.

Τα κριτήρια επιλογής του παραπάνω μοντέλου ήταν δύο: ο **συντελεστής R^2** και τα **κριτήρια AIC και BIC**. Έγινε προσπάθεια η τιμή του συντελεστή R^2 να είναι όσο το δυνατό υψηλότερη (ανώτερη από το 0,2 που θεωρείται το κατώτατο αποδεκτό όριο) ενώ παράλληλα η τιμή του κριτηρίου BIC να είναι το δυνατότερο πιο χαμηλή. Η τιμή που προέκυψε για το R^2 είναι 0,8597 και για τα AIC και BIC είναι 388,826 και 464,1146 αντίστοιχα.

Επομένως το τελικό μοντέλο της πολυωνυμικής παλινδρόμησης παρουσιάζει την Επιλογή 1, δηλαδή τη “προσεκτική οδήγηση” και την Επιλογή 2, δηλαδή τη “λιγότερο προσεκτική οδήγηση” είναι το παρακάτω:

Multinomial Model						
	Choice	No. Observations:		1600		
Model:	MNLogit	Df Residuals:		1586		
Method:	MLE	Df Model:		12		
Date:	Thu, 19 Oct 2023	Pseudo R-squ.:		0,8597		
Time:	18:33:35	Log-Likelihood:		-180,41		
converged:	TRUE	LL-Null:		-1286,1		
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:		0.000		
Choice=1	coef	std err	z	P> z 	[0.025	0.975]
const	-40,834	14,582	-2,800	0,005	-69,413	-12,255
Time_norm	23,775	335,512	0,071	0,094	-633,817	681,367
AccidRed_norm	57,262	118,214	0,484	0,063	-174,434	288,957
Profit_norm	28,835	284,166	0,101	0,092	-528,121	585,790
AGE	0,358	5,180	0,069	0,945	-9,795	10,512
TIMES_FINE	-0,165	2,162	-0,076	0,939	-4,402	4,073
STRICT_PENALTIES	0,444	6,676	0,067	0,947	-12,640	13,529
Choice=2	coef	std err	z	P> z 	[0.025	0.975]
const	-7,299	10,580	-0,690	0,490	-28,035	13,437
Time_norm	13,097	335,511	0,039	0,097	-644,492	670,686
AccidRed_norm	12,947	117,041	0,111	0,091	-216,450	242,344
Profit_norm	24,879	284,165	0,088	0,093	-532,074	581,833
AGE	-0,441	5,176	-0,085	0,932	-10,585	9,703
TIMES_FINE	-0,042	2,159	-0,019	0,985	-4,274	4,191
STRICT_PENALTIES	-0,006	6,671	-0,001	0,999	-13,080	13,068

Εικόνα 5.10: Τελικό μοντέλο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

5.2.3 Ανάλυση Αποτελεσμάτων του Πολυωνυμικού Λογιστικού Μοντέλου

Σε αυτό το σημείο πρέπει να ερμηνευτεί η σημασία των μεταβλητών που προέκυψαν στο πολυωνυμικό μοντέλο. Για την Επιλογή 1 (Choice 1) του μοντέλου, προέκυψαν οι παρακάτω μεταβλητές:

- Time (Χρόνος): Βάσει των τιμών των σεναρίων που δόθηκαν στους ερωτηθέντες τροφοδιανομείς, παρατηρήθηκε πως είναι διατεθειμένοι να οδηγούν προσεκτικότερα αν τελικά ο χρόνος διαδρομής τους αυξηθεί, το οποίο σημαίνει πως σκοπεύουν να **θυσιάσουν ένα ποσοστό του χρόνου τους αν αυτό θα είναι υπέρ της ασφάλειάς τους**. Παρατηρείται ότι ο συντελεστής δέχεται υψηλές τιμές το οποίο δείχνει μία μεγάλη προτίμηση στην προσεκτική οδήγηση από τους τροφοδιανομείς σε αντίθεση με το να διατηρήσουν την υφιστάμενη οδηγική τους συμπεριφορά.
- AccidRed (Μείωση πιθανότητας ατυχήματος): Παρατηρείται επίσης πως οι τροφοδιανομείς είναι διατεθειμένοι να **οδηγούν πιο προσεκτικά, αν αυτό μειώσει τη πιθανότητα να εμπλακούν σε κάποιο τροχαίο ατύχημα**. Επομένως, επιβεβαιώνεται ακόμα περισσότερο πως οι

τροφοδιανομείς προτιμούν την προσεκτικότερη οδήγηση αντί της μη προσεκτικής, ειδικά εάν αυτή εξασφαλίζει περισσότερη ασφάλεια. Η τιμή του συντελεστή είναι πολύ υψηλή το οποίο ερμηνεύεται ως ότι η μείωση πιθανότητας ατυχημάτων είναι σημαντικός παράγοντας για να οδηγούν πιο προσεκτικά οι τροφοδιανομείς.

- Profit (Απώλεια κέρδους): Ακόμη, παρατηρείται πως οι τροφοδιανομείς **θα προτιμήσουν να οδηγούν πιο προσεκτικά** κατά την εργασία τους **παρά την οικονομική απώλεια** που θα υποστούν καθώς θα πρέπει να τηρούν περισσότερο τον Κ.Ο.Κ. Αυτό που παρατηρείται κυρίως είναι πως θα βελτιώσουν αρκετά την οδηγική τους συμπεριφορά και δεν θα προτιμήσουν να διατηρήσουν την υφιστάμενη οδηγική τους συμπεριφορά και αυτός είναι ο λόγος που ο συντελεστής είναι αρκετά υψηλός.
- AGE (Ηλικία): Μέσω του μαθηματικού μοντέλου, παρατηρείται επίσης ότι οι τροφοδιανομείς που είναι **μεγαλύτεροι σε ηλικία**, προτιμούν την **προσεκτική οδήγηση** σε σύγκριση με τους νεότερους. Αυτό οφείλεται κυρίως στην οδηγική τους εμπειρία. Οφείλεται όμως και στη τάση των μεγαλύτερων σε ηλικία ανθρώπων, να οδηγούν περισσότερο προσεκτικά λόγω των μειωμένων αντανakλαστικών και της περιορισμένης όρασης σε σύγκριση με έναν νέο.
- TIMES_FINE (Αριθμός προστίμων): Ένα ακόμα φαινόμενο που παρατηρείται είναι ότι **όσο περισσότερα πρόστιμα δέχεται ένας τροφοδιανομέας**, τόσο πιο πιθανό είναι να **προτιμήσει να μην οδηγήσει περισσότερο προσεκτικά**. Ενδεχομένως, αυτό οφείλεται στην τάση του τροφοδιανομέα αυτού ως προς τη παραβατική οδηγική συμπεριφορά και τη μη τήρηση του Κ.Ο.Κ. καθώς επίσης και στην άγνοια κινδύνου για τα τροχαία ατυχήματα. Ακόμη πιθανός λόγος που συνεχίζουν να μην οδηγούν προσεκτικά είναι οι ελαφρές ποινές των προστίμων που δέχονται (μη χρήση κράνους, αντικανονική προσπέραση, χρήση των πεζοδρομίων και είσοδο σε οδό που απαγορεύεται).
- STRICT_PENALTIES (Αυστηροποίηση ποινών): Τέλος, στην εξίσωση της Επιλογής 1 παρατηρείται πως όσο περισσότερο τείνουν οι τροφοδιανομείς να **συμφωνούν με την αυστηροποίηση των προστίμων** για παραβιάσεις του Κ.Ο.Κ. ως μέτρο το οποίο θα βελτίωνε την οδική ασφάλεια, **προτιμούν την προσεκτική οδήγηση**. Πιθανώς, αυτό να οφείλεται στην αποδοχή ότι ο υφιστάμενος τρόπος ελέγχου της οδικής ασφάλειας χρήζει βελτίωσης και επιθυμούν να βελτιωθεί.

Όμοια αποτελέσματα προέκυψαν για την Επιλογή 2 (Choice 2) με μερικές διαφοροποιήσεις στις μεταβλητές AGE και STRICT_PENALTIES:

- Time (Χρόνος): Όπως και στην Επιλογή 1, παρατηρήθηκε πως οι τροφοδιανομείς είναι **διατεθειμένοι να οδηγούν προσεκτικότερα αν τελικά ο χρόνος διαδρομής τους αυξηθεί**, το οποίο σημαίνει πως σκοπεύουν να θυσιάσουν ένα ποσοστό του χρόνου τους αν αυτό θα είναι υπέρ της ασφάλειάς τους. Παρατηρείται ότι ο συντελεστής δέχεται υψηλές τιμές το οποίο δείχνει μία μεγάλη προτίμηση στην προσεκτική οδήγηση

από τους τροφοδιανομείς σε αντίθεση με το να διατηρήσουν την υφιστάμενη οδηγική τους συμπεριφορά.

- AccidRed (Μείωση πιθανότητας ατυχήματος): Παρομοίως παρατηρείται πως οι τροφοδιανομείς είναι **διατεθειμένοι να οδηγούν πιο προσεκτικά**, αν αυτό **μειώσει τη πιθανότητα να εμπλακούν** σε κάποιο τροχαίο ατύχημα. Επομένως, επιβεβαιώνεται ακόμα περισσότερο πως οι τροφοδιανομείς προτιμούν την προσεκτικότερη οδήγηση αντί της μη προσεκτικής, ειδικά εάν αυτή εξασφαλίζει περισσότερη ασφάλεια. Η τιμή του συντελεστή είναι πολύ υψηλός το οποίο ερμηνεύεται ως ότι η μείωση πιθανότητας ατυχημάτων είναι σημαντικός παράγοντας για να οδηγούν πιο προσεκτικά οι τροφοδιανομείς.
- Profit (Απώλεια κέρδους): Ακόμη, παρατηρείται πως οι τροφοδιανομείς θα **προτιμήσουν να οδηγούν πιο προσεκτικά** κατά την εργασία τους **παρά την οικονομική απώλεια** που θα υποστούν καθώς θα πρέπει να τηρούν περισσότερο τον Κ.Ο.Κ. Αυτό που παρατηρείται κυρίως είναι πως θα βελτιώσουν αρκετά την οδηγική τους συμπεριφορά και δεν θα προτιμήσουν να διατηρήσουν την υφιστάμενη οδηγική τους συμπεριφορά και αυτός είναι ο λόγος που ο συντελεστής είναι αρκετά υψηλός.
- AGE (Ηλικία): Σε αντίθεση με την Επιλογή 1, στην Επιλογή 2 παρατηρείται πως οι **μεγαλύτεροι σε ηλικία** τροφοδιανομείς θα **προτιμήσουν να διατηρήσουν την υφιστάμενη οδηγική τους συμπεριφορά** παρά να την βελτιώσουν μερικώς. Αυτό οφείλεται στο ότι θεωρούν πως μερική βελτίωση της οδηγικής συμπεριφοράς δε θα συνεισφέρει όσο εκείνοι επιθυμούν στην οδική ασφάλεια, οπότε θα προτιμήσουν να μην πραγματοποιήσουν καμία αλλαγή.
- TIMES_FINE (Αριθμός προστίμων): Ένα ακόμα φαινόμενο που παρατηρείται είναι ότι **όσο περισσότερα πρόστιμα δέχεται** ένας τροφοδιανομέας, τόσο **πιο πιθανό είναι να προτιμήσει να μην οδηγήσει περισσότερο προσεκτικά**. Ενδεχομένως, αυτό οφείλεται στην τάση του τροφοδιανομέα αυτού ως προς τη παραβατική οδηγική συμπεριφορά και τη μη τήρηση του Κ.Ο.Κ. καθώς επίσης και στην άγνοια κινδύνου για τα τροχαία ατυχήματα. Ακόμη πιθανός λόγος που συνεχίζουν να μην οδηγούν προσεκτικά είναι οι ελαφρές ποινές των προστίμων που δέχονται (μη χρήση κράνους, αντικανονική προσπέραση, χρήση των πεζοδρομίων και είσοδο σε οδό που απαγορεύεται).
- STRICT_PENALTIES (Αυστηροποίηση ποινών): Τέλος και σε αντίθεση με την Επιλογή 1, παρατηρείται ότι οι **τροφοδιανομείς που συμφωνούν με την αυστηροποίηση των προστίμων, δεν θα ήταν διατεθειμένοι να κάνουν μερική αλλαγή στην οδηγική τους συμπεριφορά**, ενδεχομένως επειδή κρίνουν ότι θα είναι ανώφελη και ότι δεν θα προκαλούσε σημαντική βελτίωση στην οδική ασφάλεια.

5.3 Στατιστικό Πρότυπο της GLM

5.3.1 Επεξεργασία Δεδομένων της GLM

Όπως και προηγουμένως με τη μέθοδο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης έτσι και τώρα με το μοντέλο της GLM, τη γλώσσα προγραμματισμού Python και την εφαρμογή ανοικτού κώδικα του Visual Studio Code θα πραγματοποιηθεί στατιστική ανάλυση των 3 προτεινόμενων μέτρων που θα βελτιώσουν την οδική ασφάλεια τα οποία περιλαμβάνονται και αυτά στο ερωτηματολόγιο της παρούσας έρευνας. Οι 3 προτάσεις αυτές είναι ενσωματωμένες στις ερωτήσεις Γ1, Γ2 και Γ3 οι οποίες μπορούν να εντοπιστούν στο ερωτηματολόγιο ως “Πόσο πιστεύετε ότι θα μείωνε τα τροχαία ατυχήματα η αυστηροποίηση των μέτρων;”, “Πόσο πιστεύετε ότι θα βελτίωνε την οδική ασφάλεια η αύξηση των προστίμων;” και “Πόσο πιστεύετε ότι θα βελτίωνε την οδική ασφάλεια η χρήση καμερών ελέγχου των παραβάσεων;” αντίστοιχα. Ο κώδικας του συγκεκριμένου μοντέλου **δε διαφοροποιείται** πουθενά με αυτόν του μοντέλου της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.

```
#Import packages
import pandas as pd #dataframe
import numpy as np #arithmetic functions
import os

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

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

import os
os.getcwd()

#Importing the dataset from MasterTable
data = pd.read_excel(r'C:\Users\choum_ejr7b9b\Desktop\Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ\Διπλωματική\Κώδικας\MasterTable-Choumis.xlsx')

data.head()

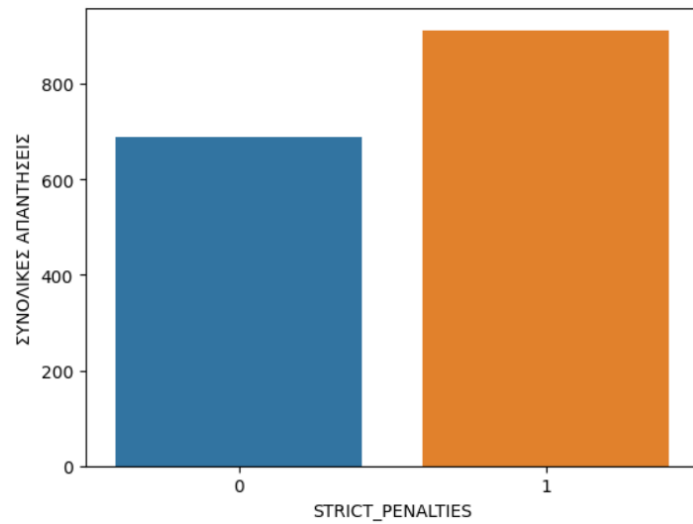
data.shape

(1600, 47)
```

Εικόνα 5.11: Διαδικασία συγγραφής του κώδικα της GLM

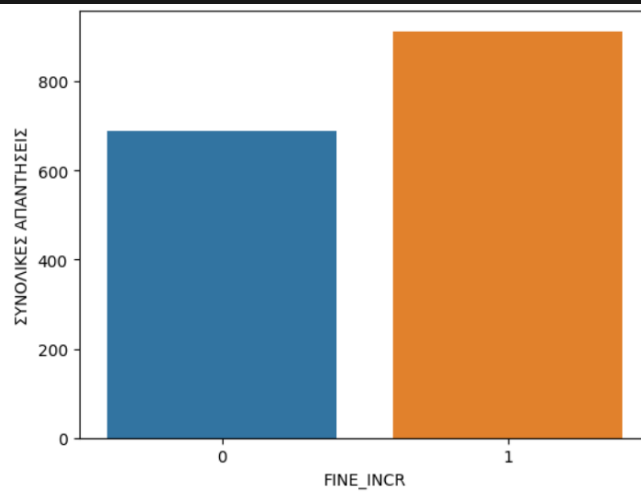
Όπως και στη πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση, έτσι και στη GLM δημιουργήθηκαν τα παρακάτω σχεδιαγράμματα στα οποία φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των τροφοδιανομέων στις ερωτήσεις Γ1, Γ2 και Γ3. Συγκεκριμένα: το 0 αντιπροσωπεύει τις επιλογές “μερικώς”, “λίγο” και “καθόλου” και το 1 τις επιλογές “πολύ” και “αρκετά”

```
#Plot the data to see the distributions
#x is the column that is plotted
#y is automatically frequency
ax = sns.countplot(x="STRICT_PENALTIES",data=data)
ax.set(ylabel='ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ')
```



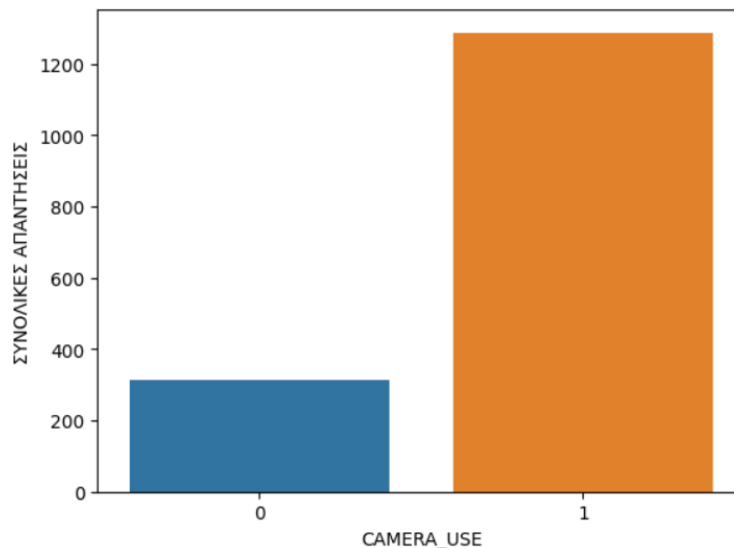
Εικόνα 5.12: Κατανομή των απαντήσεων της ερώτησης Γ1

```
#Plot the data to see the distributions
#x is the column that is plotted
#y is automatically frequency
ax = sns.countplot(x="FINE_INCR",data=data)
ax.set(ylabel='ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ')
```



Εικόνα 5.13: Κατανομή των απαντήσεων της ερώτησης Γ2

```
#Plot the data to see the distributions
#x is the column that is plotted
#y is automatically frequency
ax = sns.countplot(x="CAMERA_USE",data=data)
ax.set(ylabel='ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ')
```



Εικόνα 5.14: Κατανομή των απαντήσεων της ερώτησης Γ2

```
#Correlation
datacor = data.corr()
#datacor.to_excel('CorrelationMatrix.xlsx', index = False, header = True)

datacor

highly_correlated = datacor[(datacor > 0.5) & (datacor < 1)].stack().reset_index()
print(highly_correlated)

# Define a function to map values to 1 or 0 based on the interpretation
def map_to_binary(value):
    if value in [1, 2]:
        return 1
    else:
        return 0

# Apply the function to the 'STRICT_PENALTIES' column using numpy's vectorized operation
data['STRICT_PENALTIES'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['STRICT_PENALTIES'])
data['HELMET_USE'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['HELMET_USE'])
data['MOTO_DANGER'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['MOTO_DANGER'])
data['INSECURE_DRIVE'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['INSECURE_DRIVE'])
data['HELMET_USE'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['HELMET_USE'])
data['SUIT_USE'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['SUIT_USE'])
data['STOP_SIGN_VIOLATION'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['STOP_SIGN_VIOLATION'])
data['RED_LIGHT_VIOLATION'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['RED_LIGHT_VIOLATION'])
data['PROH_SIGN_VIOLATION'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['PROH_SIGN_VIOLATION'])
data['PASS_BY_VIOLATION'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['PASS_BY_VIOLATION'])
data['STRICT_PENALTIES'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['STRICT_PENALTIES'])
data['FINE_INCR'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['FINE_INCR'])
data['CAMERA_USE'] = np.vectorize(map_to_binary)(data['CAMERA_USE'])

# Save the modified DataFrame back to the CSV file
#df.to_csv('modified_file.csv', index=False)
```

Εικόνα 5.15: Συνέχεια της συγγραφής του κώδικα της GLM

Επόμενο βήμα είναι να πραγματοποιηθεί η GLM για το κάθε ερώτημα εκ των Γ1, Γ2 και Γ3 ξεχωριστά όπου η τιμή της **εξαρτημένης μεταβλητής θα αλλάξει** ανά περίπτωση σε “STRICT_PENALTIES”, “FINE_INCR” και “CAMERA_USE” αντίστοιχα μέσω της εντολής “glm_model.fit()”. Θα δοκιμαστούν πολλά και διάφορα ζεύγη και περιπτώσεις μεταβλητών. Στο σύνολο των δεδομένων αντικαθίσταται το σύνολο (x) με την εντολή “sm.add_constant(x)” ώστε να προστεθεί ένας σταθερός όρος στην εξίσωση χρησιμότητας με σκοπό να βελτιωθεί το μοντέλο.

```
x = data[['HELMET_USE', 'MOTO_EXP', 'TIMES_SERIOUS_ACCID', 'PROH_SIGN_VIOLATION', 'TIMES_FINE']]
y = data['STRICT_PENALTIES'] #ερώτηση Γ1

# Assuming y and x are your response and predictor variables, respectively
glm_model = sm.GLM(y, x, family=sm.families.Binomial())
glm_results = glm_model.fit()
print(glm_results.summary())
```

Εικόνα 5.16: Βασικός κώδικας της GLM για την ερώτηση Γ1

```
x = data[['SUIT_USE', 'MOTO_EXP', 'TIMES_FINE', 'TIMES_ACCID', 'RED_LIGHT_VIOLATION']]
y = data['FINE_INCR'] #ερώτηση Γ2

# Assuming y and x are your response and predictor variables, respectively
glm_model = sm.GLM(y, x, family=sm.families.Binomial())
glm_results = glm_model.fit()
print(glm_results.summary())
```

Εικόνα 5.17: Βασικός κώδικας της GLM για την ερώτηση Γ2

```
x = data[['MOTO_EXP', 'HELMET_USE', 'TIMES_FINE', 'WORK_TIME', 'PASS_BY_VIOLATION']]
y = data['CAMERA_USE'] #ερώτηση Γ3

# Assuming y and x are your response and predictor variables, respectively
glm_model = sm.GLM(y, x, family=sm.families.Binomial())
glm_results = glm_model.fit()
print(glm_results.summary())
```

Εικόνα 5.18: Βασικός κώδικας της GLM για την ερώτηση Γ3

5.3.2 Αποτελέσματα της GLM

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.10, στο τελικό μοντέλο της GLM για την ερώτηση Γ1, η εξαρτημένη μεταβλητή (STRICT_PENALTIES), υπολογίζεται συναρτήσει των ανεξάρτητων μεταβλητών που ακολουθούν: HELMET_USE, MOTO_EXP, TIMES_SERIOUS_ACCID, PROH_SIGN_VIOLATION και TIMES_FINE. Ο συνδυασμός αυτός των μεταβλητών κρίθηκε ως ο **στατιστικά πιο αξιόπιστος** ύστερα από μία πληθώρα δοκιμών με διάφορους συνδυασμούς μεταβλητών.

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.11, στο τελικό μοντέλο της GLM για την ερώτηση Γ2, η εξαρτημένη μεταβλητή (FINE_INCR), υπολογίζεται συναρτήσει των ανεξάρτητων μεταβλητών που ακολουθούν: SUIT_USE, MOTO_EXP, TIMES_FINE, WORK_TIME και RED_LIGHT_VIOLATION.

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.12, στο τελικό μοντέλο της GLM για την ερώτηση Γ3, η εξαρτημένη μεταβλητή (CAMERA_USE), υπολογίζεται συναρτήσει των ανεξάρτητων μεταβλητών που ακολουθούν: HELMET_USE, MOTO_EXP, WORK_TIME, PASS_BY_VIOLATION και TIMES_FINE.

Οι συνδυασμοί αυτών των μεταβλητών κρίθηκαν ως οι στατιστικά πιο αξιόπιστοι ύστερα από μία πληθώρα δοκιμών με διάφορους συνδυασμούς μεταβλητών.

Το κριτήριο επιλογής των παραπάνω μοντέλων ήταν ο δείκτης VIF ο οποίος υπολογίστηκε για καθεμία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές του κάθε τελικού

μοντέλου. Ο δείκτης VIF της κάθε μεταβλητής είχε τιμή μικρότερη του 5, συνεπώς προκύπτει πως η κάθε μεταβλητή είναι στατιστικά σημαντική για το μαθηματικό μοντέλο στο οποίο εμπεριέχεται.

Επομένως, τα τελικά μοντέλα της GLM είναι τα παρακάτω:

Generalized Linear Model Regression Results							
Dep. Variable:	STRICT_PENALTIES			No. Observations:	1600		
Model:	GLM			Df Residuals:	1594		
Model Family:	Binomial			Df Model:	5		
Link Function:	Logit			Scale:	1		
Method:	IRLS			Log-Likelihood:	-1070,3		
Date:	Sat, 21 Oct 2023			Deviance:	2140,6		
Time:	16:02:27			Pearson chi2:	1,60E+03		
No. Iterations:	4			Pseudo R-squ. (CS):	0,02836		
Covariance Type:	nonrobust						
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]	VIF
const	-0,184	0,189	-0,973	0,330	-0,553	0,186	13,628
HELMET_USE	0,724	0,144	5,035	0,000	-0,442	1,006	1,070
MOTO_EXP	-0,084	0,042	-2,014	0,044	-0,166	-0,002	1,054
TIMES_SERIOUS_ACCID	0,163	0,082	1,986	0,047	0,002	0,323	1,111
PROH_SIGN_VIOLATION	-0,337	0,162	-2,081	0,037	-0,655	-0,020	1,070
TIMES_FINE	-0,056	0,042	-1.336	0,181	-0,137	0,026	1,104

Εικόνα 5.19: Τελικό μοντέλο GLM για την ερώτηση Γ1

Generalized Linear Model Regression Results							
Dep. Variable:	FINE INCR			No. Observations:	1600		
Model:	GLM			Df Residuals:	1594		
Model Family:	Binomial			Df Model:	5		
Link Function:	Logit			Scale:	1		
Method:	IRLS			Log-Likelihood:	-1041,2		
Date:	Sat, 21 Oct 2023			Deviance:	2082,4		
Time:	16:46:42			Pearson chi2:	1,61E+03		
No. Iterations:	4			Pseudo R-squ. (CS):	0,06308		
Covariance Type:	nonrobust						
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]	VIF
const	0,657	0,155	4,243	0,000	0,354	0,961	8,788
SUIT_USE	1,040	0,120	8,659	0,000	0,805	1,276	1,029
MOTO_EXP	-0,167	0,044	-3,795	0,000	-0,253	-0,081	1,110
TIMES_FINE	0,104	0,043	2,435	0,015	0,020	0,188	1,101
TIMES_ACCID	-0,216	0,055	-3,962	0,000	-0,323	-0,109	1,127
RED LIGHT VIOLATION	-0,020	0,223	-0,089	0,929	-0,457	0,417	1,020

Εικόνα 5.20: Τελικό μοντέλο GLM για την ερώτηση Γ2

Generalized Linear Model Regression Results							
Dep. Variable:	CAMERA_USE			No. Observations:	1600		
Model:	GLM			Df Residuals:	1594		
Model Family:	Binomial			Df Model:	5		
Link Function:	Logit			Scale:	1		
Method:	IRLS			Log-Likelihood:	-779,56		
Date:	Sat, 21 Oct 2023			Deviance:	1559,1		
Time:	17:44:47			Pearson chi2:	1,59E+03		
No. Iterations:	4			Pseudo R-squ. (CS):	0,01225		
Covariance Type:	nonrobust						
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]	VIF
const	1,119	0,272	4,117	0,000	0,586	1,651	19,143
MOTO_EXP	-0,090	0,055	-1,652	0,099	-0,197	0,017	1,165
HELMET_USE	0,349	0,164	2,121	0,034	0,027	0,671	1,030
TIMES_FINE	-0,042	0,049	-0,844	0,398	-0,139	0,055	1,045
WORK_TIME	0,178	0,093	1,920	0,055	-0,004	0,361	1,159
PASS BY VIOLATION	-0,567	0,168	-3,377	0,001	-0,897	-0,238	1,043

Εικόνα 5.21: Τελικό μοντέλο GLM για την ερώτηση Γ3

5.3.3 Ανάλυση Αποτελεσμάτων της GLM

Τώρα πρέπει να ερμηνευτεί η σημασία των μεταβλητών που προέκυψαν στο κάθε μοντέλο της GLM. Για την περίπτωση της αυστηροποίησης των μέτρων (STRICT_PENALTIES), προέκυψαν οι παρακάτω μεταβλητές:

- **HELMET_USE** (Χρήση κράνους): Μέσα από το μαθηματικό αυτό μοντέλο παρατηρείται ότι οι τροφοδιανομείς που **φορούν συχνά προστατευτικό κράνος** κατά την εργασία τους, πιστεύουν επίσης πως **η αυστηροποίηση των ποινών θα βελτιώσει σημαντικά την οδική ασφάλεια**. Αυτό οφείλεται στο ότι οι συγκεκριμένοι τροφοδιανομείς τηρούν γενικά τον Κ.Ο.Κ. και θα επιθυμούν να βελτιωθούν οι κυκλοφοριακές συνθήκες και η οδηγική συμπεριφορά του κάθε οδηγού. Η τιμή του συντελεστή της μεταβλητής αυτής είναι αρκετά υψηλή το οποίο αποδεικνύει ότι το μαθηματικό μοντέλο επηρεάζεται αρκετά από αυτή τη μεταβλητή.
- **MOTO_EXP** (Οδηγική εμπειρία): Παρατηρείται επίσης πως **όσο μεγαλύτερη είναι η οδηγική εμπειρία** ενός τροφοδιανομέα, τόσο εκείνος πιστεύει ότι **η αυστηροποίηση των ποινών δεν θα βελτιώνει ιδιαίτερα την οδική ασφάλεια**. Αυτό εξηγείται ενδεχομένως, από την εμπειρία που έχουν αυτοί οι τροφοδιανομείς με τις κυκλοφοριακές συνθήκες και με τους άλλους χρήστες των οδών, καθώς πιστεύουν ότι οι παραβάτες δεν ενδιαφέρονται για τις ποινές που τους επιβάλλονται, οπότε δε θα αλλάξουν την οδηγική τους συμπεριφορά. Η τιμή του συντελεστή είναι

αρκετά χαμηλή, οπότε το μοντέλο δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από αυτή τη μεταβλητή.

- TIMES_SERIOUS_ACCID (Αριθμός σοβαρών τροχαίων): Επιπλέον, οι τροφοδιανομείς που έχουν **εμπλακεί σε σοβαρά ατυχήματα** πιστεύουν πως **η αυστηροποίηση των ποινών θα βελτιώσει την οδική ασφάλεια**. Αυτό συμβαίνει διότι αυτοί οι τροφοδιανομείς έχουν εμπλακεί οι ίδιοι σε ατύχημα ενδεχομένως επειδή ένας από τους εμπλεκόμενους παραβίασε τον Κ.Ο.Κ. Ο τιμή του συντελεστή είναι σχετικά χαμηλή οπότε το μοντέλο θα επηρεαστεί λίγο από τη συγκεκριμένη μεταβλητή.
- PROH_SIGN_VIOLATION (Παραβίαση απαγορευτικής σήμανσης): Επίσης, οι τροφοδιανομείς οι οποίοι **παραβιάζουν συχνά απαγορευτική σήμανση**, **δεν πιστεύουν ότι η αυστηροποίηση των ποινών θα βελτίωνε ιδιαίτερα την οδική ασφάλεια** ενδεχομένως λόγω της δικής τους παραβατικής οδικής συμπεριφοράς και επειδή οι ίδιοι δε θα προτιμούσαν να αυστηροποιηθούν οι ποινές των προστίμων. Η τιμή του συντελεστή είναι σχετικά υψηλή οπότε το μοντέλο θα επηρεαστεί αρκετά από αυτή τη μεταβλητή.
- TIMES_FINE (Αριθμός κλήσεων): Τέλος, παρατηρείται πως **όσο περισσότερα είναι τα πρόστιμα που έχει δεχτεί** ένας τροφοδιανομέας κατά την εργασία του, τόσο εκείνος **δεν πιστεύει στο ότι η αυστηροποίηση των ποινών θα βελτίωνε την οδική ασφάλεια**. Η λογική πίσω από αυτό το αποτέλεσμα είναι ότι οι τροφοδιανομείς που έχουν δεχτεί αρκετά πρόστιμα, δεν οδηγούν προσεκτικά και δεν τηρούν τον Κ.Ο.Κ. οπότε δεν θα προτιμούσαν να αυστηροποιηθούν οι ποινές λόγω των παραβάσεων στις οποίες είναι επιρρεπείς. Η τιμή του συντελεστή είναι αρκετά χαμηλή, οπότε το μοντέλο δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από αυτή τη μεταβλητή.

Για την περίπτωση της αύξησης των προστίμων (FINE_INCR), προέκυψαν οι παρακάτω μεταβλητές:

- SUIT_USE (Χρήση προστατευτικού ρουχισμού): Αντίστοιχα με τη περίπτωση της χρήσης κράνους, έτσι και σε αυτή τη περίπτωση παρατηρείται ότι οι τροφοδιανομείς που **φορούν συχνά προστατευτικό ρουχισμό** κατά την εργασία τους, πιστεύουν επίσης πως **η αύξηση των προστίμων θα βελτιώσει σημαντικά την οδική ασφάλεια**. Αυτό οφείλεται στο ότι οι συγκεκριμένοι τροφοδιανομείς τηρούν γενικά τον Κ.Ο.Κ. και θα επιθυμούν να βελτιωθούν οι κυκλοφοριακές συνθήκες και η οδηγική συμπεριφορά του κάθε οδηγού. Η τιμή του συντελεστή της μεταβλητής αυτής είναι αρκετά υψηλή το οποίο αποδεικνύει ότι το μαθηματικό μοντέλο επηρεάζεται αρκετά από αυτή τη μεταβλητή.
- MOTO_EXP (Οδηγική εμπειρία): Παρομοίως με το προηγούμενο μοντέλο, παρατηρείται επίσης πως **όσο μεγαλύτερη είναι η οδηγική εμπειρία** ενός τροφοδιανομέα, τόσο εκείνος πιστεύει ότι **η αύξηση των προστίμων δεν θα βελτίωνε ιδιαίτερα την οδική ασφάλεια**. Αυτό εξηγείται ενδεχομένως, από την εμπειρία που έχουν αυτοί οι

τροφοδιανομείς με τις κυκλοφοριακές συνθήκες και με τους άλλους χρήστες των οδών, καθώς πιστεύουν ότι οι παραβάτες δεν ενδιαφέρονται για το ποσό των προστίμων που τους επιβάλλονται, οπότε δε θα αλλάξουν την οδηγική τους συμπεριφορά. Η τιμή του συντελεστή είναι υψηλότερη σε αυτό το μοντέλο οπότε θα επηρεαστεί μερικώς από τη μεταβλητή αυτή.

- TIMES_FINE (Αριθμός προστίμων): Και πάλι, παρομοίως με το προηγούμενο μοντέλο παρατηρείται πως **όσο περισσότερα είναι τα πρόστιμα** που έχει δεχτεί ένας τροφοδιανομέας κατά την εργασία του, τόσο εκείνος **δεν πιστεύει στο ότι η αύξηση των προστίμων θα βελτιώνει την οδική ασφάλεια**. Η λογική πίσω από αυτό το αποτέλεσμα είναι ότι οι τροφοδιανομείς που έχουν δεχτεί αρκετά πρόστιμα, δεν οδηγούν προσεκτικά και δεν τηρούν τον Κ.Ο.Κ. οπότε δεν θα προτιμούσαν να αυξηθούν τα πρόστιμα λόγω των παραβάσεων στις οποίες είναι επιρρεπείς. Η τιμή του συντελεστή είναι αρκετά χαμηλή, οπότε το μοντέλο δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από αυτή τη μεταβλητή.
- TIMES_ACCID (Αριθμός ατυχημάτων): Αντίστοιχα και με τη μεταβλητή του αριθμού των σοβαρών ατυχημάτων έτσι και στη μεταβλητή του αριθμού των συνολικών ατυχημάτων σοβαρά και μη, οι τροφοδιανομείς που έχουν **εμπλακεί σε υψηλό αριθμό ατυχημάτων** πιστεύουν πως **η αύξηση των προστίμων θα βελτιώσει την οδική ασφάλεια**. Αυτό συμβαίνει διότι αυτοί οι τροφοδιανομείς έχουν εμπλακεί οι ίδιοι σε ατύχημα ενδεχομένως επειδή ένας από τους εμπλεκόμενους παραβίασε τον Κ.Ο.Κ. Ο τιμή του συντελεστή είναι σχετικά χαμηλή οπότε το μοντέλο θα επηρεαστεί λίγο από τη συγκεκριμένη μεταβλητή.
- RED_LIGHT_VIOLATION (Παραβίαση ερυθρού σηματοδότη): Τέλος και αντίστοιχα με τη μεταβλητή της παραβίασης απαγορευτικής σήμανσης, έτσι και για τη μεταβλητή αυτή, οι τροφοδιανομείς οι οποίοι **παραβιάζουν συχνά ερυθρό σηματοδότη**, **δεν πιστεύουν ότι η αύξηση των προστίμων θα βελτιώνει ιδιαίτερα την οδική ασφάλεια** ενδεχομένως λόγω της δικής τους παραβατικής οδικής συμπεριφοράς και επειδή οι ίδιοι δε θα προτιμούσαν να αυξηθούν τα ποσά των προστίμων. Η τιμή του συντελεστή είναι σχετικά υψηλή οπότε το μοντέλο θα επηρεαστεί αρκετά από αυτή τη μεταβλητή.

Τέλος, για την περίπτωση της χρήσης καμερών ασφαλείας ως μέτρο βελτίωσης της οδικής ασφάλειας (CAMERA_USE), προέκυψαν οι παρακάτω μεταβλητές:

- HELMET_USE (Χρήση κράνους): Όπως και για την αυστηροποίηση των ποινών ως μέτρο βελτίωσης της οδικής ασφάλειας, έτσι και εδώ παρατηρείται ότι οι τροφοδιανομείς που **φορούν συχνά προστατευτικό κράνος** κατά την εργασία τους, πιστεύουν πως η χρήση καμερών θα βελτιώσει σημαντικά την οδική ασφάλεια. Αυτό οφείλεται στο ότι οι συγκεκριμένοι τροφοδιανομείς τηρούν γενικά τον Κ.Ο.Κ. και θα επιθυμούν να βελτιωθούν οι κυκλοφοριακές συνθήκες και η οδηγική συμπεριφορά του κάθε οδηγού. Η τιμή του συντελεστή της μεταβλητής αυτής είναι

αρκετά υψηλή το οποίο αποδεικνύει ότι το μαθηματικό μοντέλο επηρεάζεται αρκετά από αυτή τη μεταβλητή.

- MOTO_EXP (Οδηγική εμπειρία): Παρομοίως και με πριν, παρατηρείται επίσης πως **όσο μεγαλύτερη είναι η οδηγική εμπειρία** ενός τροφοδιανομέα, τόσο εκείνος πιστεύει ότι η χρήση καμερών **δεν θα βελτίωνε ιδιαίτερα την οδική ασφάλεια**. Αυτό εξηγείται ενδεχομένως, από την εμπειρία που έχουν αυτοί οι τροφοδιανομείς με τις κυκλοφοριακές συνθήκες και με τους άλλους χρήστες των οδών, καθώς πιστεύουν ότι οι παραβάτες δεν ενδιαφέρονται για τις ποινές που τους επιβάλλονται, οπότε δε θα αλλάξουν την οδηγική τους συμπεριφορά ακόμα και αν οι παραβάσεις τους μπορούν να εντοπιστούν και καταγραφούν μέσω καμερών. Η τιμή του συντελεστή είναι αρκετά χαμηλή, οπότε το μοντέλο δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από αυτή τη μεταβλητή.
- WORK_TIME (Ωράριο εργασίας): Παρατηρείται επίσης πως **όσο περισσότερες ώρες εργάζεται ημερησίως** ένας τροφοδιανομέας, τόσο περισσότερο πιστεύει πως **η χρήση καμερών θα βελτιώσει την οδική ασφάλεια**. Αυτό οφείλεται στη πολύωρη οδήγηση της μοτοσυκλέτας κατά την εργασία του ημερησίως, η οποία τους φέρνει αντιμέτωπους με περισσότερους οδικούς κινδύνους από ότι έρχεται αντιμέτωπος ένας τροφοδιανομέας που οδηγά λιγότερες ώρες. Συνεπώς είναι λογικό οι τροφοδιανομείς που εργάζονται για αρκετές ώρες να επιθυμούν τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και να θεωρούν ότι η χρήση καμερών θα βοηθήσει σε αυτή.
- PASS_BY_VIOLATION (Αντικανονική προσπέραση): Αντίστοιχα με τη παραβίαση απαγορευτικής σήμανσης και ερυθρού σηματοδότη έτσι και εδώ παρατηρείται ότι τροφοδιανομείς οι οποίοι **προσπερνούν αντικανονικά, δεν πιστεύουν ότι η χρήση καμερών θα βελτίωνε ιδιαίτερα την οδική ασφάλεια** ενδεχομένως λόγω της δικής τους παραβατικής οδικής συμπεριφοράς και επειδή οι ίδιοι δε θα προτιμούσαν να γίνει χρήση καμερών οπότε να είναι και ευκολότερη η καταγραφή των όποιων παραβάσεων. Η τιμή του συντελεστή είναι σχετικά υψηλή οπότε το μοντέλο θα επηρεαστεί αρκετά από αυτή τη μεταβλητή.
- TIMES_FINE (Αριθμός προστίμων): Τέλος, παρομοίως με τις προηγούμενες περιπτώσεις, παρατηρείται πως **όσο περισσότερα είναι τα πρόστιμα που έχει δεχτεί** ένας τροφοδιανομέας κατά την εργασία του, τόσο εκείνος **δεν πιστεύει στο ότι η χρήση καμερών θα βελτίωνε την οδική ασφάλεια**. Η λογική πίσω από αυτό το αποτέλεσμα είναι ότι οι τροφοδιανομείς που έχουν δεχτεί αρκετά πρόστιμα, δεν οδηγούν προσεκτικά και δεν τηρούν τον Κ.Ο.Κ. οπότε δεν θα προτιμούσαν να γίνει ευκολότερη η καταγραφή των παραβάσεων με αποτέλεσμα να κινδυνεύσει οι ίδιοι περισσότερο να δεχτούν κάποιο πρόστιμο ή κάποια σοβαρή ποινή. Η τιμή του συντελεστή είναι αρκετά χαμηλή, οπότε το μοντέλο δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από αυτή τη μεταβλητή.

5.3.4 Καμπύλη ROC

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

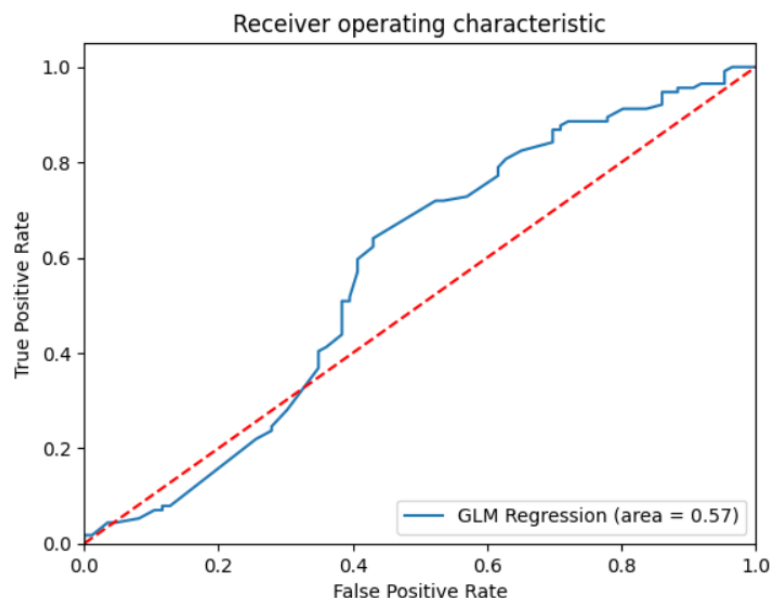
```
model = sm.GLM(y, x, family=sm.families.Binomial()).fit()
pred = model.predict(x)

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

rms = sqrt(mean_squared_error(data['STRICT_PENALTIES'].values, pred))
print('RMSE for glm:', rms)

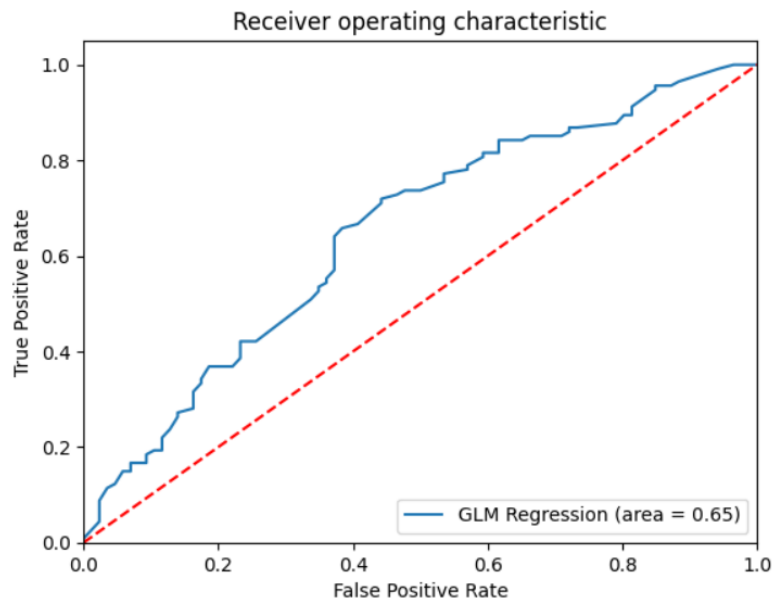
#ROC
logit_roc_auc = roc_auc_score(data['STRICT_PENALTIES'].values, pred)
fpr, tpr, thresholds = roc_curve(data['STRICT_PENALTIES'].values, pred)
plt.figure()
plt.plot(fpr, tpr, label='GLM Regression (area = %0.2f)' % logit_roc_auc)
plt.plot([0, 1], [0, 1], 'r--')
plt.xlim([0.0, 1.0])
plt.ylim([0.0,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

Εικόνα 5.22: Κώδικας καμπύλης ROC

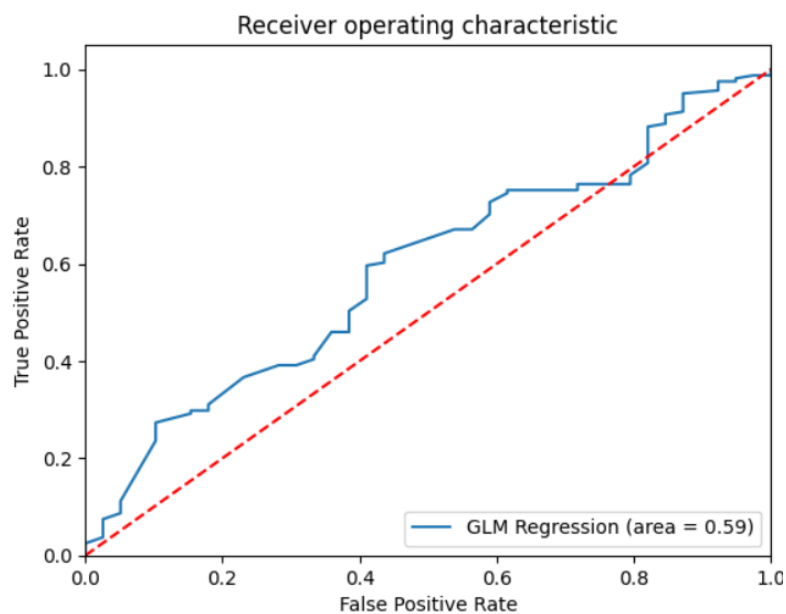


Εικόνα 5.23: Διάγραμμα καμπύλης ROC για τη μεταβλητή STRICT_PENALTIES

Παρομοίως έγιναν τα διαγράμματα της καμπύλης ROC για τις μεταβλητές FINE_INCR και CAMERA_USE.



Εικόνα 5.24: Διάγραμμα καμπύλης ROC για τη μεταβλητή FINE_INCR



Εικόνα 5.25: Διάγραμμα καμπύλης ROC για τη μεταβλητή CAMERA_USE

Από τις παραπάνω καμπύλες ROC παρατηρείται ότι σε κάποιες περιοχές για τις μεταβλητές STRICT_PENALTIES και CAMERA_USE, η καμπύλη βρίσκεται κάτω από την ιδανική ROC καμπύλη (ευθεία 45°). Αυτό σημαίνει πως τα μαθηματικά μοντέλα των μεταβλητών αυτών στα σημεία όπου το FPR υπερσχύει του TPR, μπορεί να κάνουν κάποιες ψευδείς προβλέψεις το οποίο δεν είναι κάτι το επιθυμητό. Βέβαια, επειδή αυτές οι περιοχές είναι αρκετά μικρές και γενικά το TPR υπερσχύει του FPR, τα μοντέλα είναι αποδεκτά. Στη μεταβλητή FINE_INCR από την άλλη, η καμπύλη βρίσκεται εξ' ολοκλήρου πάνω από την ιδανική καμπύλη ROC οπότε οι προβλέψεις είναι αληθείς και το μοντέλο αποδεκτό.

5.4 Βαθμός Επιρροής Μεταβλητών

Μέσω του υπολογισμού του βαθμού e^* της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη, μπορεί να γίνει κατανοητός ο βαθμός επιρροής τους στην εξαρτημένη τιμή του εκάστοτε μοντέλου. Παρακάτω φαίνεται η ελαστικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών:

Multinomial Model		
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	B	e
Time_norm	23,7753	-144,2676
AccidRed_norm	57,2619	-347,4630
Profit_norm	28,8348	-174,9684
AGE	0,3581	-2,1729
TIMES_FINE	-0,1648	1,0000
STRICT_PENALTIES	0,4441	-2,6948

Εικόνα 5.26: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών για την Επιλογή 1

Multinomial Model		
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	B	e
Time_norm	13,0971	-314,0791
AccidRed_norm	12,9466	-310,4700
Profit_norm	24,8793	-596,6259
AGE	-0,4412	10,5803
TIMES_FINE	-0,0417	1,0000
STRICT_PENALTIES	-0,0059	0,1415

Εικόνα 5.27: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών για την Επιλογή 2

Παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη επιρροή στην Επιλογή 1 εμφανίζεται από τη μείωση πιθανότητας ατυχημάτων ενώ στην Επιλογή 2 εμφανίζεται από την απώλεια κέρδους.

GLM Regression Results		
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	B	e
HELMET_USE	0,7239	-13,0198
MOTO_EXP	-0,0843	1,5162
TIMES_SERIOUS_ACCID	0,1626	-2,9245
PROH_SIGN_VIOLATION	-0,3373	6,0665
TIMES_FINE	-0,0556	1,0000

Εικόνα 5.28: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών για την αυστηροποίηση των ποινών

GLM Regression Results		
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	B	e
SUIT_USE	1,0403	-52,2764
MOTO_EXP	-0,1665	8,3668
TIMES_FINE	0,1042	-5,2362
TIMES_ACCID	-0,2160	10,8543
RED_LIGHT_VIOLATION	-0,0199	1,0000

Εικόνα 5.29: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών για την αύξηση των προστίμων

GLM Regression Results		
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	B	e
MOTO_EXP	-0,0901	2,1607
HELMET_USE	0,3487	-8,3621
TIMES_FINE	-0,0417	1,0000
WORK_TIME	0,1784	-4,2782
PASS_BY_VIOLATION	-0,5673	13,6043

Εικόνα 5.30: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών για την χρήση καμερών

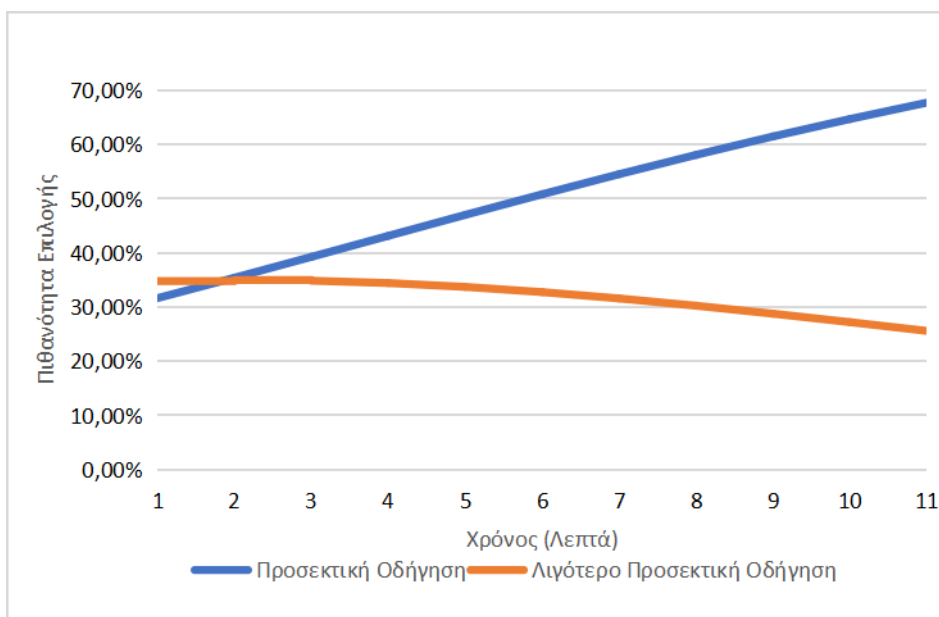
Παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη επιρροή στην αυστηροποίηση των ποινών εμφανίζεται από τη χρήση προστατευτικού κράνους, στην αύξηση των προστίμων εμφανίζεται από την χρήση προστατευτικού ρουχισμού και στην χρήση καμερών εμφανίζεται από την αντικανονική προσπέραση.

5.5 Ανάλυση Ευαισθησίας

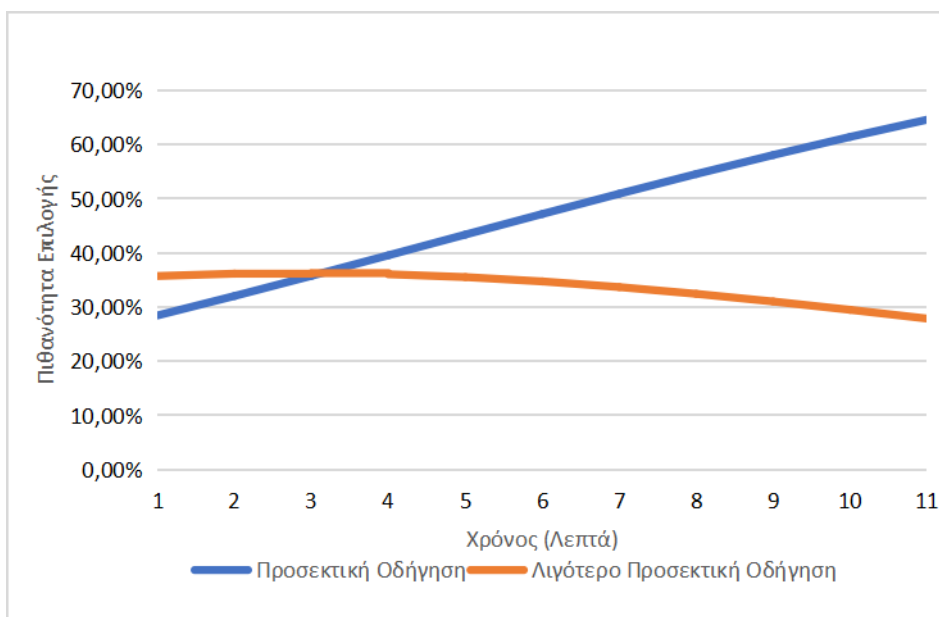
Στην υποενότητα αυτή παρουσιάζονται ορισμένα διαγράμματα ευαισθησίας που σχηματίστηκαν με στόχο τη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην επιλογή του σεναρίου της προσεκτικής οδήγησης και της λιγότερο προσεκτικής οδήγησης.

Για την δημιουργία των διαγραμμάτων πιθανοτήτων χρησιμοποιήθηκαν κοινές τιμές στη συνεχή μεταβλητή του χρόνου, ανάλογες με τις τιμές που παρουσιάζονται στο ερωτηματολόγιο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η συγκεκριμένη έρευνα βασίζεται στη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης και ότι τα σενάρια είναι υποθετικά, τα αποτελέσματα ενδεχομένως θα είναι διαφορετικά εάν η συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιηθεί ξανά με διαφορετικές υποθέσεις σεναρίων ή εάν η μέθοδος με την οποία διεξάγεται, αλλάξει.

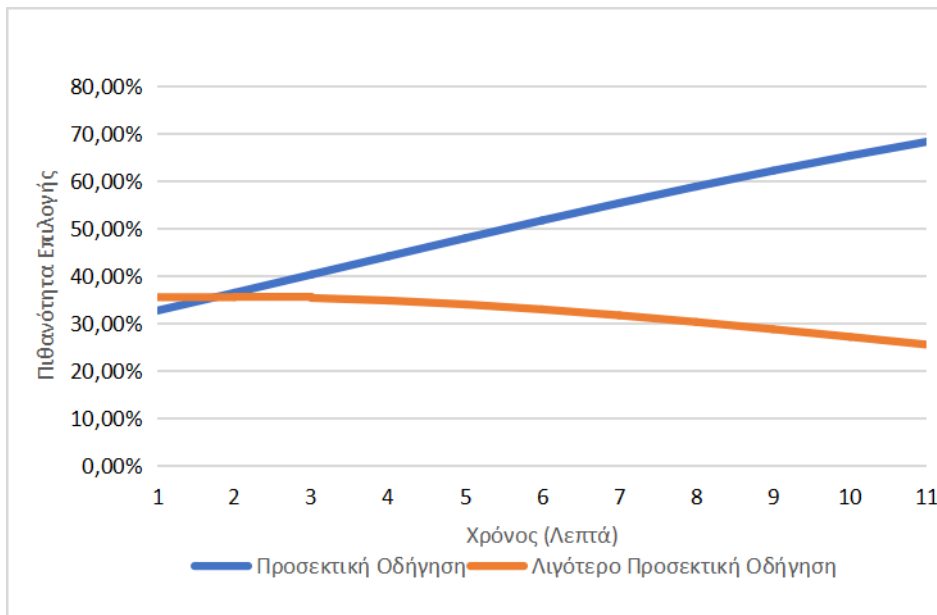
Παρακάτω παρατίθενται τα **διαγράμματα ανάλυσης ευαισθησίας**:



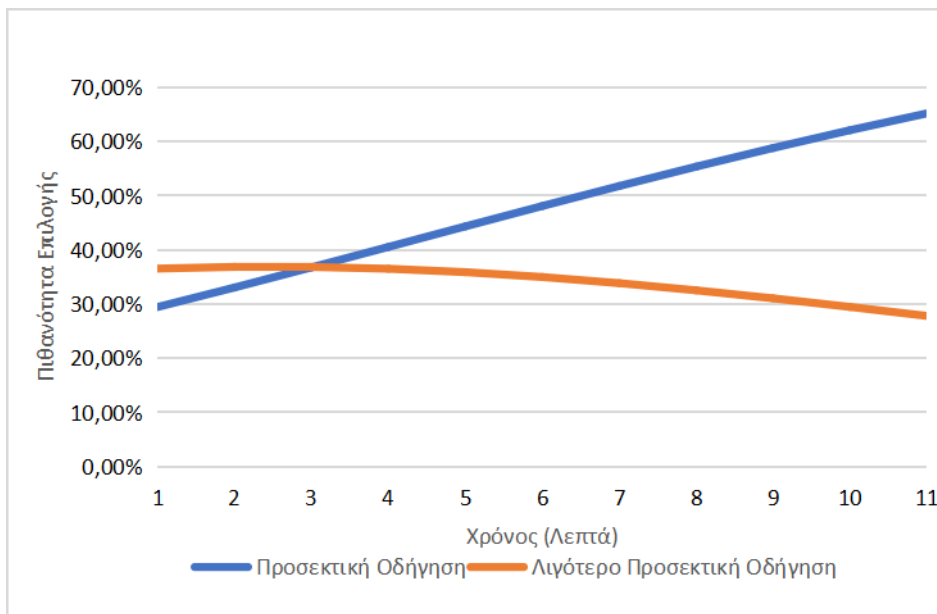
Διάγραμμα 5.1: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής των σεναρίων με το χρόνο για τροφοδιανομείς ηλικίας 18-24 ετών, χωρίς κανένα πρόστιμο με πιθανότητα μείωσης ατυχημάτων κατά 50% και απώλεια κέρδους κατά 2%



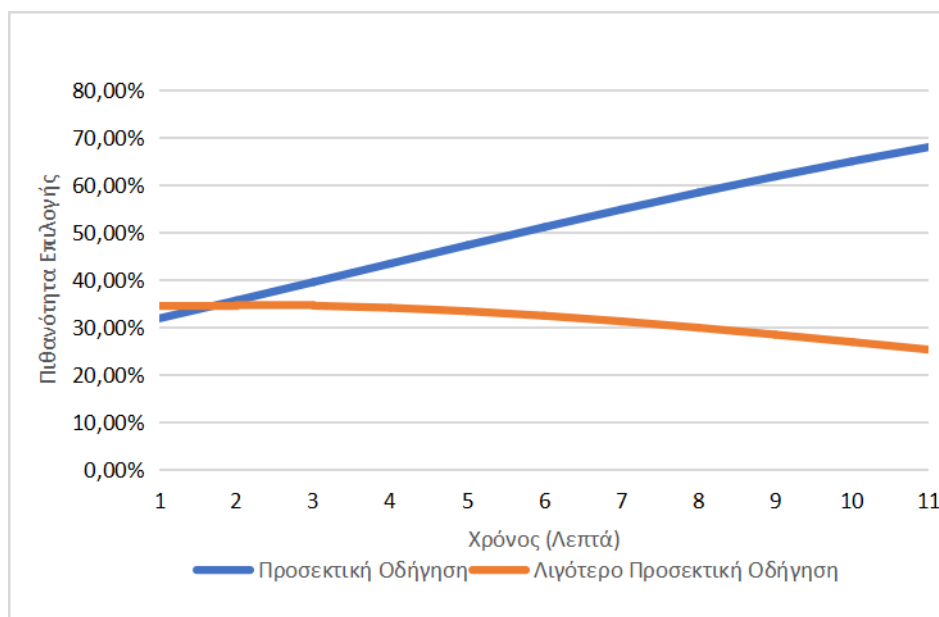
Διάγραμμα 5.2: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής των σεναρίων με το χρόνο για τροφοδιανομείς ηλικίας 18-24 ετών, χωρίς κανένα πρόστιμο με πιθανότητα μείωσης ατυχημάτων κατά 20% και απώλεια κέρδους κατά 2%



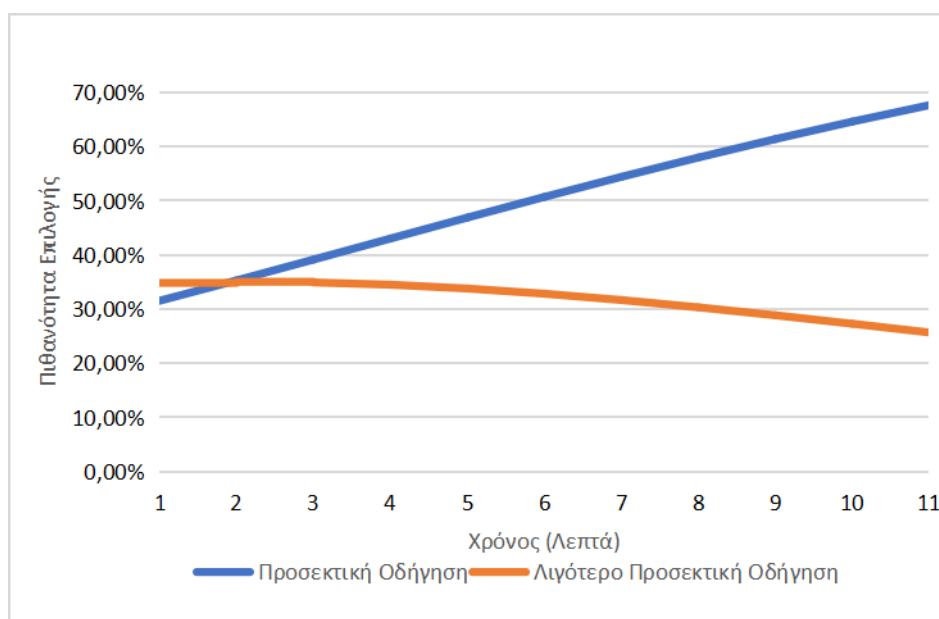
Διάγραμμα 5.3: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής των σεναρίων με το χρόνο για τροφοδιανομείς ηλικίας 18-24 ετών, χωρίς κανένα πρόστιμο με πιθανότητα μείωσης ατυχημάτων κατά 50% και απώλεια κέρδους κατά 5%



Διάγραμμα 5.4: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής των σεναρίων με το χρόνο για τροφοδιανομείς ηλικίας 18-24 ετών, χωρίς κανένα πρόστιμο με πιθανότητα μείωσης ατυχημάτων κατά 20% και απώλεια κέρδους κατά 5%



Διάγραμμα 5.5: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής των σεναρίων με το χρόνο για τροφοδιανομείς ηλικίας άνω των 50 ετών, χωρίς κανένα πρόστιμο με πιθανότητα μείωσης ατυχημάτων κατά 50% και απώλεια κέρδους κατά 2%



Διάγραμμα 5.6: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής των σεναρίων με το χρόνο για τροφοδιανομείς ηλικίας 18-24 ετών, που έχουν δεχτεί περισσότερα από 5 πρόστιμα, με πιθανότητα μείωσης ατυχημάτων κατά 50% και απώλεια κέρδους κατά 2%

Από τα παραπάνω διαγράμματα, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Όσο αυξάνεται ο χρόνος ανά διαδρομή σε λεπτά, οι οδηγοί προτιμούν την επιλογή του σεναρίου της **προσεκτικής οδήγησης** διότι στα σεναρία του ερωτηματολογίου, η αύξηση του χρόνου διαδρομής ταυτιζόταν με σημαντική **μείωση της πιθανότητας των οδικών ατυχημάτων**.

- Όταν η πιθανότητα μείωσης ατυχημάτων παραμένει σχετικά **χαμηλή**, οι τροφοδιανομείς θα προτιμήσουν τη **λιγότερο προσεκτική οδήγηση** για μικρές αυξήσεις στο χρόνο διαδρομής, αλλά για μεγαλύτερες αυξήσεις θα προτιμήσουν τη προσεκτική οδήγηση.
- Οι ηλικιακά **μεγαλύτεροι** τροφοδιανομείς θα προτιμήσουν ευκολότερα να οδηγήσουν **πιο προσεκτικά** σε σύγκριση με τους νεότερους. Αυτό οφείλεται στην οδηγική αλλά και εργασιακή εμπειρία των μεγαλύτερων τροφοδιανομέων και την επαφή τους με τις κυκλοφοριακές συνθήκες και τους οδικούς κινδύνους.
- Ο αριθμός των προστίμων επηρεάζει **απειροελάχιστα** την **επιλογή** ενός τροφοδιανομέα ως προς κάποιο σενάριο.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

6.1 Σύνοψη

Η εύρεση των χαρακτηριστικών της συμπεριφοράς των τροφοδιανομέων κατά την εργασία τους έχει ως σκοπό την βελτίωση της οδικής ασφάλειας και για τους ίδιους αλλά και για τους υπόλοιπους χρήστες του οδικού δικτύου. Έτσι, στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **ανάλυση της συμπεριφοράς κυκλοφορίας και ασφάλειας των τροφοδιανομέων, οι κίνδυνοι που αντιμετωπίζουν καθώς επίσης και η εύρεση πιθανών τρόπων αντιμετώπισης αυτών.**

Ακολούθησε η **βιβλιογραφική ανασκόπηση**, συναφής με το αντικείμενο που εξετάστηκε. Μέσω αυτής βρέθηκαν: η επιρροή της προσεκτικής οδήγησης στη μείωση του ποσοστού των οδικών ατυχημάτων και στην αύξηση των χρόνων διαδρομής, οι κίνδυνοι με τους οποίους έρχονται αντιμέτωποι οι τροφοδιανομείς κατά την εργασία τους, οι παράγοντες προκλήσεις των ατυχημάτων και διάφορες μέθοδοι βελτίωσης της οδικής ασφάλειας.

Ταυτόχρονα, σχεδιάστηκε ένα ερωτηματολόγιο, με στόχο τη **συλλογή των απαραίτητων δεδομένων** μέσω της μεθόδου της δεδομένης προτίμησης. Στο ερωτηματολόγιο αναπτύχθηκαν 8 σενάρια με 3 εναλλακτικές για διάφορες τιμές χρόνου, μείωσης πιθανότητας ατυχημάτων και απώλεια κέρδους, στο οποίο οι τροφοδιανομείς ανάλογα με το σενάριο μπορούσαν να διαλέξουν μία ανάμεσα σε τρεις εναλλακτικές (προσεκτική οδήγηση, λιγότερο προσεκτική οδήγηση και καμία αλλαγή στην οδήγηση).

Στη συνέχεια ακολούθησε, η **στατιστική ανάλυση** των δεδομένων που συλλέχθηκαν μέσω των ερωτηματολογίων ώστε να παραχθούν τα κατάλληλα μαθηματικά μοντέλα. Στόχος των μοντέλων ήταν να προσδιοριστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή των ερωτηθέντων ως προς τις 3 εναλλακτικές των σεναρίων.

Ύστερα από πολλές δοκιμές με διάφορους συνδυασμούς μεταβλητών, **αναπτύχθηκε ένα μοντέλο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης και τρία μοντέλα GLM** στα οποία απεικονίζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή των ερωτηθέντων τροφοδιανομέων ως προς τις εναλλακτικές των σεναρίων και ως προς την άποψή τους στην επιρροή που θα έχουν κάποιοι προτεινόμενοι τρόποι στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας.

	Πολυωνυμικό Μοντέλο			
	Προσεκτικής οδήγηση		Λιγότερο προσεκτική οδήγηση	
	Συντελεστής	p-value	Συντελεστής	p-value
Σταθερός όρος	-40,834	0,005	-7,299	0,490
Αύξηση χρόνου διαδρομής	23,775	0,094	13,097	0,097
Μείωση πιθανότητας ατυχήματος	57,262	0,063	12,947	0,091
Απώλεια κέρδους	28,835	0,092	24,879	0,093
Ηλικία	0,358	0,945	-0,441	0,932
Αριθμός κλήσεων	-0,165	0,939	-0,042	0,985
Αυστηροποίηση των ποινών	0,444	0,947	-0,006	0,999

	Μοντέλο GLM					
	Αυστηροποίηση των ποινών		Αύξηση των προστίμων		Χρήση καμερών	
	Συντελεστής	p-value	Συντελεστής	p-value	Συντελεστής	p-value
Σταθερός όρος	-0,184	0,330	0,657	0,000	1,119	0,000
Αριθμός κλήσεων	-0,056	0,181	0,104	0,015	-0,042	0,398
Χρήση προστατευτικού κράνους	0,724	0,000			0,349	0,034
Χρήση προστατευτικού ρουχισμού			1,040	0,000		
Οδηγική εμπειρία	-0,084	0,044	-0,167	0,000	-0,090	0,099
Αριθμός ατυχημάτων			-0,216	0,000		
Αριθμός σοβαρών ατυχημάτων	0,163	0,047				
Παραβίαση απαγορευτικής σήμανσης	-0,337	0,037				
Παραβίαση ερυθρού σηματοδότη			-0,020	0,929		
Αντικανονική προσπέραση					-0,567	0,001
Ωράριο εργασίας					0,178	0,055

Εικόνα 6.1: Συνολικός πίνακας αποτελεσμάτων πολυωνυμικού και GLM μοντέλου

6.2 Συμπεράσματα

Μέσα από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε, προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- **Η πλειοψηφία των τροφοδιανομένων, δηλώνουν ότι είναι διατεθειμένοι να αλλάξουν την οδηγική τους συμπεριφορά** εάν αυτή συνεπάγεται με μείωση της πιθανότητας να εμπλακούν σε κάποιο τροχαίο ατύχημα κατά την εργασία τους, παρά τις όποιες επιπτώσεις θα είχε στο χρόνο των διαδρομών τους και στο κέρδος τους. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως οφείλεται στο ότι θεωρούν πως η ανθρώπινη ζωή είναι υπεράνω του κέρδους χρόνου και εσόδων.

- **Η απώλεια στα κέρδη των τροφοδιανομέων έως και 7% δεν συγκρούεται με την επιθυμία τους να οδηγούν πιο προσεκτικά.** Οι τροφοδιανομείς δηλώνουν την επιθυμία τους για βελτίωση της οδικής ασφάλειας παρά τη μείωση που θα υποστούν στα έσοδά τους.
- **Οι μεγαλύτεροι σε ηλικία τροφοδιανομείς δηλώνουν ότι προτιμούν να βελτιώσουν την οδηγική τους συμπεριφορά.** Αυτό οφείλεται στην οδηγική εμπειρία που έχουν καθώς επίσης και στο γεγονός ότι έχουν βρεθεί αντιμέτωποι με περισσότερους κινδύνους κατά την οδήγησή τους.
- **Τα 4/5 των τροφοδιανομέων φοράει συχνά έως και πάντα προστατευτικό κράνος κατά την εργασία του.** Αποδεικνύεται έτσι ότι οι τροφοδιανομείς αναγνωρίζουν τους κινδύνους του οδικού δικτύου αλλά και τη σημαντικότητα του κράνους στην οδική ασφάλεια.
- **Η πλειοψηφία των τροφοδιανομέων θεωρεί ότι κυρίως η χρήση καμερών ελέγχου της κυκλοφορίας αλλά επίσης και αυστηροποίησης στις ποινές και στα πρόστιμα θα βελτιώσει την οδική ασφάλεια.** Είναι λογικό σαν αποτέλεσμα καθώς μέσω καμερών ελέγχου της κυκλοφορίας η κάθε παράβαση του Κ.Ο.Κ. θα καταγράφεται οπότε όλοι οι παραβάτες θα τιμωρούνται με ποινή αντίστοιχη της παράβασής τους.
- **Οι τροφοδιανομείς με χαμηλότερο ετήσιο οικογενειακό εισόδημα οδηγούν πιο προσεκτικά σε σύγκριση με τους υπόλοιπους.** Αυτό οφείλεται πιθανότατα στο γεγονός ότι αυτοί οι τροφοδιανομείς φοβούνται κάποιο τροχαίο ατύχημα το οποίο θα μπορούσε να προκαλέσει σωματικές ή/και υλικές βλάβες που θα τους καθιστούν ανήμπορους να εργαστούν με αποτέλεσμα να στερηθούν το ημερομίσθιό τους, το οποίο είναι αναγκαίο για αυτούς.

Επιπλέον προέκυψαν και τα παρακάτω:

- **Οι εργαζόμενοι ως τροφοδιανομείς σπάνια έχουν εισαχθεί στη τριτοβάθμια εκπαίδευση.** Το επάγγελμα αυτό είναι ανειδίκευτο και δεν προτιμάται από ανθρώπους ή οποίοι έχουν αποφοιτήσει από κάποιο ανώτατο ή τεχνικό εκπαιδευτικό ίδρυμα.
- **Το επάγγελμα του τροφοδιανομέα στην Αττική αποτελείται κυρίως από άντρες.** Το συμπέρασμα αυτό οφείλεται ενδεχομένως στη προτίμηση των εργοδοτών στο αντρικό φύλο σε επαγγέλματα τα οποία κρίνονται αρκετά επικίνδυνα.
- **7 στους 10 τροφοδιανομείς οφείλουν να έχουν τη δική τους προσωπική μοτοσυκλέτα** για να εργαστούν αντί να παρέχεται από το κατάστημα.
- **Τα 3/4 των τροφοδιανομέων είναι ασφαλισμένοι από τον εργοδότη τους.** Το ποσοστό αυτό θα πρέπει να αυξηθεί στο μέλλον μέσω κατάλληλων ερευνών που θα πραγματοποιηθούν καθώς επίσης και μέτρων που θα εφαρμοστούν.

6.3 Προτάσεις για την Αξιοποίηση των Αποτελεσμάτων

Βάσει των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη παρούσα Διπλωματική Εργασία, ακολουθεί παρακάτω μια σειρά προτάσεων που στοχεύουν στην αξιοποίηση των αποτελεσμάτων τόσο στην εφαρμογή πολιτικών μέτρων αλλά και στην εκπόνηση νέας έρευνας.

- **Θα πρέπει να προωθηθεί η σημασία και η ανάγκη της βελτίωσης της οδικής ασφάλειας, μέσω διαφημιστικών εκστρατειών και καμπάνιων,** καθώς ο αριθμός των τραυματιών και των νεκρών από τα τροχαία ατυχήματα είναι αρκετά υψηλός και δημιουργεί μεγάλα οικονομικά και κοινωνικά κόστη στο κράτος και στη πολιτεία.
- **Ακόμη, θα πρέπει να εφαρμοστούν διάφορα μέτρα ελέγχου της κυκλοφορίας και της οδικής ασφάλειας.** Η χρήση καμερών είναι μία πρόταση η οποία θα επιφέρει σημαντικές αλλαγές στην οδηγική συμπεριφορά των τροφοδιανομένων αλλά και γενικά των χρηστών του οδικού δικτύου.
- **Κατά το σχεδιασμό και διαδικασία υλοποίησης μέτρων τα οποία θα βελτιώσουν την οδική ασφάλεια θα πρέπει να δοθεί έμφαση κυρίως στη μείωση των τροχαίων ατυχημάτων,** καθώς ο βασικός παράγοντας που επηρέασε τους τροφοδιανομείς στο να δηλώσουν πως επιθυμούν να βελτιώσουν την οδηγική τους συμπεριφορά ήταν η μείωση της πιθανότητας να εμπλακούν σε κάποιο τροχαίο ατύχημα.

6.4 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Στη Διπλωματική αυτή εργασία εξετάστηκαν η οδηγική συμπεριφορά των τροφοδιανομένων και οι κίνδυνοι τους οποίους διατρέχουν κατά την εργασία, καθώς επίσης και οι πιθανοί τρόποι αντιμετώπισης των κινδύνων αυτών. Παράλληλα, με την προσθήκη επιπρόσθετων μεταβλητών σχετικές με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά και τις απόψεις των ερωτηθέντων προέκυψαν μαθηματικά μοντέλα με υψηλή αξιοπιστία ως προς την εξαγωγή των συμπερασμάτων που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Υπάρχουν, ωστόσο, περιθώρια για περαιτέρω συνέχιση της έρευνας σε ένα πεδίο που θα απασχολήσει αρκετά την επιστημονική κοινότητα τα επόμενα χρόνια. Επομένως προτείνεται:

1. Να πραγματοποιηθούν αλλαγές στην **αύξηση του χρόνου διαδρομής, στη μείωση πιθανότητας ατυχήματος ή/και στην απώλεια κέρδους στα σενάρια της δεδηλωμένης προτίμησης.** Αυτές οι αλλαγές αναμένεται να επιφέρουν αρκετά διαφορετικά αποτελέσματα, και συνεπώς μια τέτοια διερεύνηση θα παρουσίαζε ενδιαφέρον.
2. Να γίνει **επέκταση του δείγματος,** ώστε να περιλαμβάνει ένα μεγαλύτερο εύρος πληθυσμού που δεν θα προέρχεται κατά πλειοψηφία από το διαδίκτυο.

3. Να γίνει **επέκταση της έρευνας και σε άλλες πόλεις της Ελλάδας**, ώστε να μελετηθούν οι ιδιαιτερότητες, εφόσον υπάρχουν, της κάθε πόλης σε συγκοινωνιακές υποδομές, συμπεριφορά των τροφοδιανομέων και νοοτροπία σε σχέση με την Αθήνα.

4. Να **πραγματοποιείται η συγκεκριμένη έρευνα ανά τακτά χρονικά διαστήματα**, καθώς οι προτιμήσεις και οι απόψεις των τροφοδιανομέων αλλά και η κατάσταση της οδικής ασφάλειας πιθανότατα θα έχουν αλλάξει.

5. Να **μελετηθεί η εφαρμογή μιας νέας μεθόδου πληρωμής των τροφοδιανομέων** από τους εργοδότες τους, όπου το ποσό που θα κερδίζουν οι τροφοδιανομείς να αυξάνεται όσο περισσότερο εκείνοι τηρούν τον Κ.Ο.Κ.

Παραρτήματα - Ερωτηματολόγιο

Ερωτηματολόγιο έρευνας για την μείωση των οδικών ατυχημάτων των τροφοδιανομένων κατά την εργασία τους στην Ελλάδα

Το παρόν ερωτηματολόγιο αφορά Διπλωματική Εργασία στον Τομέα Μεταφορών & Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με στόχο να προσδιοριστούν και να αξιολογηθούν οι κίνδυνοι τους οποίους διατρέχουν οι τροφοδιανομείς κατά την διάρκεια της εργασίας και οι τρόποι αντιμετώπισης τους.

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου είναι ανώνυμη και δεν θα χρειαστεί να συμπληρώσετε προσωπικά σας στοιχεία.

Σας ευχαριστούμε εκ των προτέρων για την συμμετοχή σας.

A. Οδηγική Εμπειρία

A1. Πόσα χρόνια έχετε δίπλωμα μοτοσυκλέτας;

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

A2. Τι κατηγορία είναι το δίπλωμά σας; (αριθμός cc)

- AM (έως 50cc)
- A1 (έως 125cc)
- A2 (έως 400cc)
- A (απεριόριστα κυβικά)

A3. Πόσα χρόνια εργάζεστε ως τροφοδιανομέας (συνεχόμενα ή μη);

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

A4. Πόσο χρόνο χρειάζεστε για να φτάσετε στον χώρο εργασίας σας;

- Έως 10 λεπτά
- 11-20 λεπτά
- 21-60 λεπτά
- Περισσότερο από 60 λεπτά

A5. Πόσες ώρες εργάζεστε ημερησίως;

- Έως 4 ώρες
- 5-8 ώρες
- 9-12 ώρες
- Περισσότερες από 12 ώρες

A6. Εργάζεστε ως τροφοδιανομέας:

- Συγκεκριμένου καταστήματος
- Συγκεκριμένης αλυσίδας καταστημάτων
- Free-lancer

A7. Το όχημα σας παρέχεται από το κατάστημα ή τον εργοδότη που εργάζεστε;

- Ναι
- Όχι

A8. Είστε ασφαλισμένοι από τον εργοδότη σας;

- Ναι
- Όχι

B. Οδική Ασφάλεια - Συμπεριφορά

B1. Θεωρείτε επικίνδυνη τη χρήση μοτοσυκλέτας;

- Πολύ
- Αρκετά
- Μερικώς
- Λίγο
- Καθόλου

B2. Πόσο συχνά αισθάνεστε ανασφαλής κατά την οδήγηση;

- Πολύ
- Αρκετά
- Μερικώς
- Λίγο
- Καθόλου

B3. Φοράτε προστατευτικό κράνος;

- Πάντα
- Πολύ συχνά
- Συχνά
- Σπάνια
- Ποτέ

B4. Φοράτε προστατευτικό ρουχισμό;

- Πάντα
- Πολύ συχνά
- Συχνά
- Σπάνια
- Ποτέ

B5. Κατά την γνώμη σας, που πιστεύετε ότι οφείλονται τα περισσότερα οδικά ατυχήματα (πολλαπλή απάντηση επιτρεπτή);

- Σε δικά μου λάθη
- Σε λάθη των άλλων οδηγών
- Σε άλλους παράγοντες (οδός, όχημα, καιρικές συνθήκες, κτλ.)

B6. Πόσες φορές έχετε εμπλακεί σε κάποιο ατύχημα κατά την εργασία σας;

- Καμία φορά
- 1 φορά
- 2-3 φορές
- Περισσότερες από 3 φορές

B7. Πόσα από αυτά ήταν σοβαρά ατυχήματα; (σοβαρές σωματικές ή/και υλικές ζημιές)

- Κανένα
- 1
- 2-3
- Περισσότερα από 3

B8. Πόσες φορές έχετε δεχτεί κάποια κλήση κατά την εργασία σας;

- Καμία φορά
- 1 φορά
- 2-3 φορές
- 4-5 φορές
- Περισσότερες από 5 φορές

B9. Ποιες καιρικές συνθήκες θεωρείτε τις πιο επικίνδυνες για την οδήγηση μοτοσυκλέτας;

- Βροχόπτωση
- Αέρας
- Χαλάζι
- Χιόνι
- Ομίχλη
- Καύσωνας

B10. Κατατάξτε τις παρακάτω παραβιάσεις με σειρά επικινδυνότητας (1 η πιο επικίνδυνη και 5 η λιγότερο επικίνδυνη).

- Παραβίαση STOP
- Παραβίαση κόκκινου σηματοδότη
- Παραβίαση ορίου ταχύτητας
- Αντικανονική είσοδος σε οδό
- Αντικανονική προσπέραση

B11. Πόσο συχνά παραβιάζετε πινακίδα STOP;

- Πάντα
- Πολύ συχνά
- Συχνά
- Σπάνια
- Ποτέ

B12. Πόσο συχνά παραβιάζετε κόκκινο σηματοδότη;

- Πάντα
- Πολύ συχνά
- Συχνά
- Σπάνια

- Ποτέ

B13. Πόσο συχνά παραβιάζετε απαγορευτική σήμανση;

- Πάντα
- Πολύ συχνά
- Συχνά
- Σπάνια
- Ποτέ

B14. Πόσο συχνά κάνετε αντικανονική προσπέραση;

- Πάντα
- Πολύ συχνά
- Συχνά
- Σπάνια
- Ποτέ

Γ. Προτάσεις Βελτίωσης Οδικής Ασφάλειας

Γ1. Πόσο πιστεύετε ότι θα μείωνε τα τροχαία ατυχήματα η αυστηροποίηση των μέτρων; (πχ αφαίρεση διπλώματος για 5 αντί για 2 μήνες)

- Πολύ
- Αρκετά
- Μερικώς
- Λίγο
- Καθόλου

Γ2. Πόσο πιστεύετε ότι θα βελτίωνε την οδική ασφάλεια η αύξηση των προστίμων;

- Πολύ
- Αρκετά
- Μερικώς
- Λίγο
- Καθόλου

Γ3. Πόσο πιστεύετε ότι θα βελτίωνε την οδική ασφάλεια η χρήση καμερών ελέγχου των παραβάσεων;

- Πολύ
- Αρκετά
- Μερικώς
- Λίγο
- Καθόλου

Γ4. Πόσο πιστεύετε ότι βελτιώνεται η οδική ασφάλεια με τη χρήση των παρακάτω ενεργειών (από το 0 έως το 5 όπου, 0= καθόλου βελτίωση και 5= τεράστια βελτίωση);

Χρήση προστατευτικού κράνους	
Χρήση προστατευτικού ρουχισμού/ανακλαστικό γιλέκο	
Τήρηση ορίων ταχύτητας	
Συντήρηση μοτοσυκλέτας	
Μη χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση	
Τήρηση σήμανσης	

Γ5. Για να μειώσετε την πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα πόσο είσαστε διατεθειμένοι/ες να αλλάξετε την συμπεριφορά οδήγησής σας;

	Μείωση πιθανότητα ατυχήματος		
	20%	30%	50%
Καθόλου			
Αρκετά			
Πολύ			

Γ6. Για καθένα από τα παρακάτω 8 σενάρια συνδυασμών χρόνου διαδρομής, μείωσης οδικού ατυχήματος και οικονομικής απώλειας που αφορούν μία διαδρομή κατά την εργασία σας επιλέξτε την εναλλακτική που θα προτιμούσατε.

Σενάριο 1	Προσεκτική οδήγηση	Λιγότερο προσεκτική οδήγηση	Καμία αλλαγή στην οδήγηση
Χρόνος (min)	4 min	2 min	-
Μείωση πιθανότητας οδικού ατυχήματος (%)	50%	30%	-
Απώλεια οικονομικού οφέλους (%)	3%	2%	-

Σενάριο 2	Προσεκτική οδήγηση	Λιγότερο προσεκτική οδήγηση	Καμία αλλαγή στην οδήγηση
Χρόνος (min)	4 min	2 min	-
Μείωση πιθανότητας οδικού ατυχήματος (%)	30%	20%	-
Απώλεια οικονομικού οφέλους (%)	3%	2%	-

Σενάριο 3	Προσεκτική οδήγηση	Λιγότερο προσεκτική οδήγηση	Καμία αλλαγή στην οδήγηση
Χρόνος (min)	2 min	1 min	-
Μείωση πιθανότητας οδικού ατυχήματος (%)	50%	30%	-
Απώλεια οικονομικού οφέλους (%)	5%	3%	-

Σενάριο 4	Προσεκτική οδήγηση	Λιγότερο προσεκτική οδήγηση	Καμία αλλαγή στην οδήγηση
Χρόνος (min)	4 min	1 min	-
Μείωση πιθανότητας οδικού ατυχήματος (%)	50%	30%	-
Απώλεια οικονομικού οφέλους (%)	7%	5%	-

Σενάριο 5	Προσεκτική οδήγηση	Λιγότερο προσεκτική οδήγηση	Καμία αλλαγή στην οδήγηση
Χρόνος (min)	5 min	3 min	-
Μείωση πιθανότητας οδικού ατυχήματος (%)	50%	30%	-
Απώλεια οικονομικού οφέλους (%)	5%	3%	-

Σενάριο 6	Προσεκτική οδήγηση	Λιγότερο προσεκτική οδήγηση	Καμία αλλαγή στην οδήγηση
Χρόνος (min)	5 min	3 min	-
Μείωση πιθανότητας οδικού ατυχήματος (%)	30%	20%	-
Απώλεια οικονομικού οφέλους (%)	7%	5%	-

Σενάριο 7	Προσεκτική οδήγηση	Λιγότερο προσεκτική οδήγηση	Καμία αλλαγή στην οδήγηση
Χρόνος (min)	10 min	5 min	-
Μείωση πιθανότητας οδικού ατυχήματος (%)	50%	30%	-
Απώλεια οικονομικού οφέλους (%)	5%	3%	-

Σενάριο 8	Προσεκτική οδήγηση	Λιγότερο προσεκτική οδήγηση	Καμία αλλαγή στην οδήγηση
Χρόνος (min)	10 min	5 min	-
Μείωση πιθανότητας οδικού ατυχήματος (%)	30%	20%	-
Απώλεια οικονομικού οφέλους (%)	6%	4%	-

Δ. Δημογραφικά Στοιχεία

Δ1. Φύλο

- Άνδρας
- Γυναίκα
- Δεν επιθυμώ να απαντήσω

Δ2. Ηλικία

- 18-24 χρονών
- 25-50 χρονών
- 50+ χρονών

Δ3. Μορφωτικό επίπεδο

- Γυμνάσιο
- Λύκειο
- Φοιτητής
- Απόφοιτος Πανεπιστημίου
- Άλλο

Δ4. Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα

- Χαμηλό (<10.000)
- Μεσαίο (10.000-25.000)
- Υψηλό (>25.000)

Βιβλιογραφία

1. Abdul Khalid, M. S., Zulkipli, Z. H., Solah, M. S., Hamzah, A., Ariffin, A. H., Amir, A. S., Mohd Jawi, Z., Ahmad, Y., Abu Kassim, K. A., & Khamis, N. K. (2021). A Review of Motorcycle Safety Technologies from the Motorcycle and Passenger Car Perspectives. In *Journal of the Society of Automotive Engineers Malaysia* (Vol. 5, Issue 3). www.jsaem.my
2. Agyemang, W., Adanu, E. K., & Jones, S. (2021). Understanding the Factors That Are Associated with Motorcycle Crash Severity in Rural and Urban Areas of Ghana. *Journal of Advanced Transportation*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6336517>
3. Ahoya, B., Kavle, J. A., Kiige, L., Gathi, C., Samburu, B., Maina, L., Ramirez, L., Wambu, R., & Codjia, P. (2022). How COVID-19 affected food systems, health service delivery and maternal and infant nutrition practices: Implications for moving forward in Kenya. *Maternal and Child Nutrition*. <https://doi.org/10.1111/mcn.13466>
4. Alnawmasi, N., & Mannering, F. (2019). A statistical assessment of temporal instability in the factors determining motorcyclist injury severities. *Analytic methods in accident research*, 22, 100090
5. Arikan, F., & Sozen, S. K. (2021). A Hierarchical Solution Approach for Occupational Health and Safety Inspectors' Task Assignment Problem. *Safety and Health at Work*, 12(2), 154–166. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2021.01.004>
6. Cai, D., Chen, Y. H., & Lee, C. J. (2021). The Effects of Wearing Helmets on Reaction of Motorcycle Riders. *Vehicles*, 3(4), 840–850. <https://doi.org/10.3390/vehicles3040050>
7. Carroll, J., Gidion, F., Rizzi, M., & Lubbe, N. (n.d.). *Do motorcyclist injuries depend on motorcycle and crash types? An analysis based on the German In-Depth Accident Study*.
8. Champahom, T., Se, C., Jomnonkwao, S., Boonyoo, T., Leelamanothum, A., & Ratanavaraha, V. (2023). Temporal instability of motorcycle crash fatalities on local roadways: A random parameters approach with heterogeneity in means and variances. *International journal of environmental research and public health*, 20(5), 3845
9. Champahom, T., Se, C., Jomnonkwao, S., Boonyoo, T., & Ratanavaraha, V. (2023). A Comparison of Contributing Factors between Young and Old Riders of Motorcycle Crash Severity on Local Roads. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15032708>
10. Chandrasekhar, N., Gupta, S., & Nanda, N. (2019). Food Delivery Services and Customer Preference: A Comparative Analysis. *Journal of Foodservice Business Research*, 22(4), 375–386. <https://doi.org/10.1080/15378020.2019.1626208>
11. Chen, C. (2023). Investigating the Effects of Job Stress on the Distraction and Risky Driving Behaviors of Food Delivery Motorcycle Riders. *Safety and Health at Work*
12. Chen, F., Lu, G., Tan, H., Liu, M., & Wan, H. (2022). Effects of assignments of dedicated automated vehicle lanes and inter-vehicle distances of automated vehicle platoons on car-following performance of

- nearby manual vehicle drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106826>
13. Christie, N., & Ward, H. (2023). Delivering hot food on motorcycles: A mixed method study of the impact of business model on rider behaviour and safety. *Safety Science*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105991>
 14. Clarke, D. D., Ward, P., Bartle, C., & Truman, W. (2005). An in-depth study of work-related road traffic accidents. Road Safety Research Report, (58)
 15. Das, T., Shoaib Samandar, M., & Roupail, N. (2022). Longitudinal traffic conflict analysis of autonomous and traditional vehicle platoons in field tests via surrogate safety measures. *Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106822>
 16. Elvik R., Vaa T., Hove A. & Sorensen M. (2011). The impact of speed on safety: a meta-analysis. *Journal of Transport Economics and Policy*.
 17. Eichberger, A., Kraut, M., & Koglbauer, I. v. (2022). Improved Perception of Motorcycles by Simulator-Based Driving Education. *Sustainability (Switzerland)*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/su14095283>
 18. European Commission-European Commission. (2020). 2019 Road Safety Statistics: What Is behind the Figures?.
 19. Fadilah, S. R., Nishiuchi, H., & Ngoc, A. M. (2022). The Impact of Traffic Information Provision and Prevailing Policy on the Route Choice Behavior of Motorcycles Based on the Stated Preference Experiment: A Preliminary Study. *Sustainability (Switzerland)*, 14(23). <https://doi.org/10.3390/su142315713>
 20. FHWA. Travel time reliability: Making it there on time, all the time.
 21. Haji Hamisi, S. (2023). Preparedness for A Motorcycle Accident in the Morogoro Region. In *International Journal of Research Publication and Reviews Journal homepage: www.ijrpr.com* (Vol. 4). www.ijrpr.com
 22. Hassanin, O., Wang, X., Wu, X., & Xu, X. (2022). Efficiency performance and safety evaluation of the responsibility-sensitive safety in freeway car-following scenarios using automated longitudinal controls. *Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106799>
 23. Helman, S., Ward, H., Grayson, G., Delmonte, E., & Hutchins, R. (2014). Strategic review of the management of occupational road risk
 24. Huang, H. (2022). Riders on the Storm: Amplified Platform Precarity and the Impact of COVID-19 on Online Food-delivery Drivers in China. *Journal of Contemporary China*, 31(135), 351–365. <https://doi.org/10.1080/10670564.2021.1966895>
 25. Huq, F., Sultana, N., Sarkar, S., Razzaque, M. A., & Hassan, M. M. (2022). Profit and Satisfaction Aware Order Assignment for Online Food Delivery Systems Exploiting Water Wave Optimization. *IEEE Access*, 10, 71194–71208. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3187692>
 26. Ivanisevic, T., Trifunović, A., Čičević, S., Ivković, I., Pešić, D., Simović, S., & Vukšić, V. (2022). Estimation of motorcycle movement speed, by traffic participants, depending on the (not) use of daytime lights. *Put i Saobraćaj*, 68(3), 55–58. <https://doi.org/10.31075/pis.68.03.08>
 27. Jacobs, G. D. (1982). The potential for road accident reduction in developing countries.

28. Mahdinia, I., Mohammadnazar, A., & Khattak, A. J. (2022). Understanding the role of faster emergency medical service response in the survival time of pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106829>
29. McCartt, A. T., Hellinga, L. A., & Strouse, L. M. (2006). Cell phones and driving: Review of research. *Traffic injury prevention*, 7(2), 89-106
30. Mohammad, A., Aldmour, R., & Al-Hawary, S. (2022). Drivers of online food delivery orientation. *International Journal of Data and Network Science*, 6(4), 1619–1624. <https://doi.org/10.5267/j.ijdns.2022.4.016>
31. Mou, Z., Jin, C., Wang, H., Chen, Y., Li, M., & Chen, Y. (2022). Spatial influence of engineering construction on traffic accidents, a case study of Jinan. *Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106825>
32. Mulyadi, A. M., Sihombing, A. V. R., Hendrawan, H., Marpaung, E., Malisan, J., Arianto, D., Mardiana, T. S., Puriningsih, F. S., Subaryata, Siregar, N. A. M., Mutharuddin, & Humang, W. P. (2022). Effect of Traffic Lights Countdown Timer and Motorcycle Lanes as an Approach to the Red Box for Motorcycles in Bali Island. *Infrastructures*, 7(10). <https://doi.org/10.3390/infrastructures7100127>
33. Munoz J.C., Cats C. & Van Arem B. (2019). The value of travel time reliability in business-to-consumer e-commerce deliveries. *Journal of Transport Economics and Policy*.
34. Nguyen, M. H., Pojani, D., Nguyen-Phuoc, D. Q., & Nguyen Thi, B. (2022). What if delivery riders quit? Challenges to last-mile logistics during the Covid-19 pandemic. *Research in Transportation Business and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100941>
35. Ortiz-Prado, E., Henriquez-Trujillo, A. R., Rivera-Olivero, I. A., Lozada, T., & Garcia-Bereguian, M. A. (2021). High prevalence of SARS-CoV-2 infection among food delivery riders. A case study from Quito, Ecuador. *Science of the Total Environment*, 770. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145225>
36. Oviedo-Trespalacios, O., Rubie, E., & Haworth, N. (2022). Risky business: Comparing the riding behaviours of food delivery and private bicycle riders. *Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106820>
37. Papakostopoulos, V., & Nathanael, D. (2021). The Complex Interrelationship of Work-Related Factors Underlying Risky Driving Behavior of Food Delivery Riders in Athens, Greece. *Safety and Health at Work*, 12(2), 147–153. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2020.10.006>
38. Rahman A. (n.d.). *Motorcycle crash: Time to rein in the chariots of death*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23631.97447>
39. Redelmeier, D. A., & Tibshirani, R. J. (1997). Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collisions. *New England Journal of Medicine*, 336(7), 453-458
40. Rezaee, H., Schmidt, A. M., Stipancic, J., & Labbe, A. (2022). A process convolution model for crash count data on a network. *Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106823>
41. Rowe, R., Stride, C. B., Day, M. R., Thompson, A. R., McKenna, F. P., & Poulter, D. R. (2022). Why are newly qualified motorists at high crash risk? Modelling driving behaviours across the first six months of driving.

- Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106832>
42. Sai, R., Puppala, M., Purighella, N. B., Sangala, S. C., Kumar, G. S., Raj, R., & Amaravathi, V. (n.d.). SAFETY SYSTEM FOR MOTORCYCLES (SAFETY AIRBAGS FOR MOTORCYCLES) SAFETY SYSTEM FOR MOTORCYCLES. www.ijnrd.org
 43. Saini, H. K., Chouhan, S. S., & Kathuria, A. (2022). Exclusive motorcycle lanes: A systematic review. In *IATSS Research* (Vol. 46, Issue 3, pp. 411–426). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2022.05.004>
 44. Sajid Hasan, A., Patel, D., Alfaris, R., & Jalayer, M. (2022). Identifying distracted-driving events from on-road observations using a moving vehicle: A case study in New Jersey. *Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106827>
 45. Shahlaeegilan, A., Shirazi, M., Marshall, E., & Ivan, J. N. (2022). Modeling the impact of the COVID-19 pandemic on speeding at rural roadway facilities in Maine using short-term speed and traffic count data. *Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106828>
 46. Shin, D. S., Byun, J. H., & Jeong, B. Y. (2019). Crashes and Traffic Signal Violations Caused by Commercial Motorcycle Couriers. *Safety and Health at Work*, 10(2), 213–218. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2018.10.002>
 47. Sohrabi, S., Weng, Y., Das, S., & German Paal, S. (2022). Safe route-finding: A review of literature and future directions. *Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106816>
 48. Spingam J. (2023). Which Factors Lead To More Motorcycle Crashes Than The Others? *Law Offices Of Jared Spingam, P. A., Accident Attorneys*
 49. Strayer, D. L., Drews, F. A., & Crouch, D. J. (2006). A comparison of the cell phone driver and the drunk driver. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 48(2), 381-391
 50. Vecchio, G., Tiznado-Aitken, I., Albornoz, C., & Tironi, M. (2022). Delivery workers and the interplay of digital and mobility (in)justice. *Digital Geography and Society*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.diggeo.2022.100036>
 51. Wada, Y., Bizen, Y., & Inaba, M. (2023). Exploring the effects of COVID-19 on motorcycle riding patterns and its importance. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.994128>
 52. Wang, X., Liu, Q., Guo, F., Fang, S., Xu, X., & Chen, X. (2022). Causation analysis of crashes and near crashes using naturalistic driving data. *Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106821>
 53. Yasanthi, R. G. N., Mehran, B., & Alhajyaseen, W. K. M. (2022). A reliability-based weather-responsive variable speed limit system to improve the safety of rural highways. *Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106831>
 54. Yu, Z., Qu, W., & Ge, Y. (2022). Trait anger causes risky driving behavior by influencing executive function and hazard cognition. *Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106824>
 55. Zhang, Z., Akinci, B., & Qian, S. (2022). Inferring heterogeneous treatment effects of work zones on crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106811>

56. <https://www.statistik.at/statistiken/tourismus-und-verkehr/unfaelle/strassenverkehrsunfaelle>
57. <https://www.nrso.ntua.gr/>