

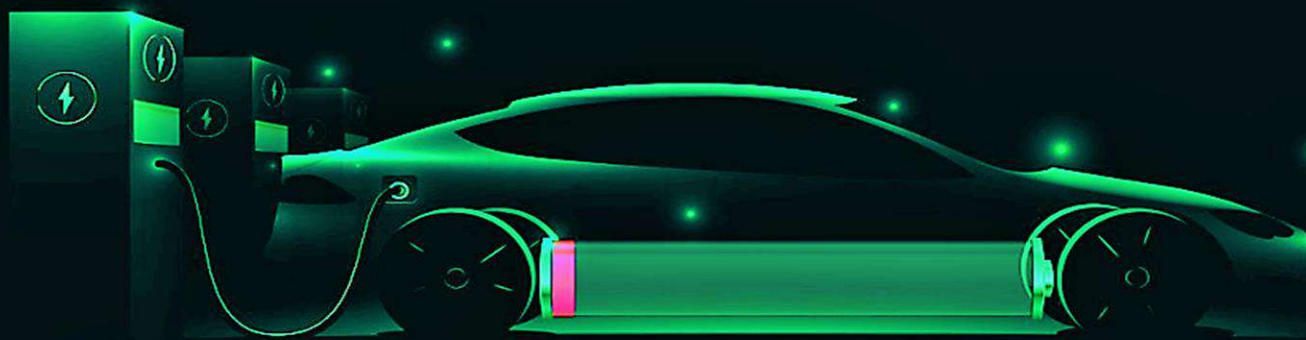


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

# ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΩΝ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

---

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**Κυπαρίσσης Ιωάννης**

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

Αθήνα 2021

## Ευχαριστίες

---

Με την παράδοση της παρούσας Διπλωματικής εργασίας ολοκληρώνεται και ο κύλος των προπτυχιακών μου σπουδών, στη διάρκεια του οποίου γνώρισα και συνεργάστηκα με σημαντικούς ανθρώπους και με την ευκαιρία που μου δίνεται θα ήθελα να τους ευχαριστήσω για τη βοήθεια και τη συνεισφορά τους.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. Η συμβολή του στην ανάθεση και την επίβλεψη της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ήταν πολύτιμη, καθώς βοήθησε σημαντικά με την εμπειρία του και την υποστήριξή του σε όλα τα στάδια εκπόνησής της.

Ιδιαίτερη χαρά και ευχαρίστηση για την συνεργασία μας οφείλω στην Αρμίρα Κονταξή, υποψήφια Διδάκτορα Ε.Μ.Π., για την εκ βάθους καθοδήγησή της σε όλους του επιμέρους τομείς που συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της συγκεκριμένης εργασίας, καθώς και για την υπομονή της κατά την επεξήγηση εννοιών και μεθόδων με τις οποίες δεν ήμουν εξοικιωμένος.

Στο τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα άτομα που έλαβαν μέρος στην έρευνα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και συνέβαλαν στην έγκαιρη ολοκλήρωσή της, αλλά και την οικογένεια και τους φίλους μου για την υποστήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια.

Αθήνα, Ιούλιος 2021

Κυπαρίσσης Ιωάννης



# Ανάλυση προτιμήσεων απέναντι στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα

Κυπαρίσσης Ιωάννης

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

## Σύνοψη

---

Ο **στόχος** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **ανάλυση των προτιμήσεων των οδηγών απέναντι στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα** και ο προσδιορισμός των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή του τύπου οχήματος. Για τη συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων συμπληρώθηκε ένα ειδικά σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο από 313 οδηγούς στην Ελλάδα, στο οποίο χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης με σενάρια συνδυασμών για το κόστος αγοράς οχήματος, το κόστος καυσίμου και την ευκολία ανεφοδιασμού. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκαν μοντέλα πολυωνυμικής και διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης, τα οποία κατέδειξαν ότι οι οδηγοί εμφανίζονται στην πλειοψηφία τους ιδιαίτερα θετικοί απέναντι στην αγορά ηλεκτρικού οχήματος με δεύτερη επιλογή τα υβριδικά οχήματα. Επιπλέον, η πιθανότητα επιλογής ηλεκτρικού αυτοκινήτου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το κόστος αγοράς οχήματος, την ευκολία ανεφοδιασμού και τις απόψεις, τις συνήθειες και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτηθέντων.

**Λέξεις-κλειδιά:** Ηλεκτρικό αυτοκίνητο, Υβριδικό αυτοκίνητο, δεδηλωμένη προτίμηση, λογιστική παλινδρόμηση, πολυωνυμικό λογιστικό μοντέλο, διωνυμικό λογιστικό μοντέλο

# Stated preferences towards electric vehicles in Greece

John Kyparissis

Supervisor : George Giannis, Professor, NTUA

## Abstract

---

The objective of this Diploma Thesis is **the analysis of driver preferences towards electric cars in Greece** and the identification of the most important factors that influence the drivers' choice of car type. For the collection of the required data, a specially designed questionnaire was completed by 313 drivers in Greece, in which the declared preference method was used with scenarios of combinations for vehicle purchase cost, fuel cost and ease of refueling. Subsequently, models of polynomial and binomial logistic regression were developed, which demonstrated that the drivers are mostly very positive towards purchasing an electric vehicles, with hybrid vehicles as their second choice. Furthermore, the probability of choosing an electric car depends to a large extent on the vehicle purchase cost, the ease of refueling and the views, habits and demographic characteristics of the respondents.

**Keywords:** Electric car, Hybrid car, stated-preference, logistic regression, multinomial logistic model, binary logistic model

## Περίληψη

---

Την τελευταία δεκαετία η Ευρωπαϊκή Ένωση ξεκίνησε μια στρατηγική που οραματίζεται την ελάττωση των αέριων ρύπων που προκαλούνται από τον τομέα των μεταφορών με ιδιαίτερη έμφαση στην κατηγορία των επιβατικών οχημάτων. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η προσπάθεια εναρμόνισης με τους νέους περιβαλλοντικούς ελέγχους, αφορά στην προώθηση της ηλεκτροκίνησης στα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με την Ελλάδα να εισέρχεται ενεργά στην νέα αυτή εποχή μέσα από τα ανάλογα νομοσχέδια της Κυβέρνησης το καλοκαίρι του 2020. Ο **στόχος** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **ανάλυση των προτιμήσεων απέναντι στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα** και ο προσδιορισμός των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή του τύπου οχήματος.

Για να επιτευχθεί αυτό αναζητήθηκε αρχικά βιβλιογραφία σχετική με το αντικείμενο της έρευνας σε διεθνές επίπεδο. Ταυτόχρονα, αποφασίστηκε η συλλογή των απαραίτητων δεδομένων να πραγματοποιηθεί μέσω ειδικά σχεδιασμένου **ερωτηματολογίου**, στο οποίο συμπεριελήφθησαν 10 σενάρια σύμφωνα με τη μέθοδο της **δεδηλωμένης προτίμησης**, από τα οποία οι ερωτηθέντες έπρεπε να επιλέξουν μεταξύ τριών εναλλακτικών τύπων αυτοκινήτου: Συμβατικό, Υβριδικό και Ηλεκτρικό αυτοκίνητο.

Για τη στατιστική ανάλυση αναπτύχθηκε μοντέλο **πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** για σενάρια επιλογών, ενώ για τη διερεύνηση της πρόθεσης αγοράς καινούριου ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου με βάση τις νέες επιδοτήσεις της Κυβέρνησης, αναπτύχθηκε μοντέλο **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης**. Τα μαθηματικά μοντέλα που προέκυψαν παρατίθενται στους πίνακες που ακολουθούν:

Μεταβλητές	Επιλογή Υβριδικού αυτοκινήτου			Επιλογή Ηλεκτρικού αυτοκινήτου		
	Συντελεστές	P-value	Odds ratio	Συντελεστές	P-value	Odds ratio
Σταθερός όρος	-2,002	<0,01		-1,915	<0,01	
Κόστος αγοράς	0,00008	<0,01	1	0,00008	<0,01	1
Ευκολία ανεφοδιασμού	0,601	<0,01	1,824	0,601	<0,01	1,824
Θα αγοράζα αυτοκίνητο με Υγραέριο	1,026	<0,01	2,79	0,626	0,038	1,871
Θα αγοράζα αυτοκίνητο με φυσικό αέριο	2,006	<0,01	7,43	1,616	<0,01	5,033
Θα αγοράζα Ηλεκτρικό αυτοκίνητο	1,171	<0,01	3,224	1,667	<0,01	5,296
Θα αγοράζα Υβριδικό αυτοκίνητο	2,131	<0,01	8,423	1,565	<0,01	4,784
Το αυτοκίνητο μου είναι πετρελαίοκινητο	1,135	<0,01	3,111	1,1	<0,01	3,003
Το αυτοκίνητο μου είναι Ηλεκτρικό	2,997	<0,01	19,635			
Οδηγώ καθημερινά από 1 έως 3 ώρες	0,551	<0,01	1,734	0,601	<0,01	1,823
Δεν έχω οδηγήσει ποτέ Ηλεκτρικό ή Υβριδικό αυτοκίνητο	1,051	<0,01	2,861	0,799	<0,01	2,223
Μειονέκτημα ηλεκτρικού αυτοκινήτου, "Το κόστους αγοράς"	0,634	<0,01	1,886	0,459	<0,01	1,583
Πλεονέκτημα ηλεκτρικού αυτοκινήτου, "Το χαμηλό κόστος συντήρησης"				0,355	0,03	1,427
Πιστεύω ότι έχει έρθει ο καιρός για την εξάπλωση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων				1,38	<0,01	3,975
Θα αγοράζα Ηλεκτρικό ή Υβριδικό αυτοκίνητο με βάση τις επιδοτήσεις της κυβέρνησης	0,894	<0,01	2,445	0,907	<0,01	2,477
Έχω ετήσιο οικογενειακό εισόδημα από 15.000-30.000€				-0,483	<0,01	0,617
Έχω ετήσιο οικογενειακό εισόδημα πάνω από 30.000€	-0,524	<0,01	0,592			
Διαθέτω απολυτήριο Δημοτικού-Γυμνασίου ή Λυκείου	-0,511	0,012	0,6			

**Πίνακας 6.1:** Μοντέλο επιλογής τύπου αυτοκινήτου – Συναρτήσεις χρησιμότητας Υβριδικού και Ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Μεταβλητές	Πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου με βάση τις επιδοτήσεις της κυβέρνησης		
	Συντελεστές	P-value	Odds ratio
Σταθερός όρος			
Μετακινούμε συνήθως σαν πεζός	-0,312	<0,01	0,732
Οδηγώ καθημερινά από 1 έως 3 ώρες	-0,328	<0,01	0,721
Οδηγώ καθημερινά πάνω από 3 ώρες	-0,817	<0,01	0,442
Πλεονέκτημα ηλεκτρικού αυτοκινήτου, "Η απουσία θορύβου"	0,916	<0,01	2,498
Μειονέκτημα ηλεκτρικού αυτοκινήτου, "Ο χρόνος φόρτισης"	-0,489	<0,01	0,613
Αιτία μη εξάπλωσης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα, "Η απουσία υποδομών"	-0,371	<0,01	0,69
Ηλικία 18-25 ετών και 26-35 ετών	-0,487	<0,01	0,615
Άνδρας	1,167	<0,01	3,214

**Πίνακας 6.2:** Μοντέλο πρόθεσης αγοράς ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου με βάση τις επιδοτήσεις της Κυβέρνησης

Τα **σημαντικότερα συμπεράσματα** που προκύπτουν μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής των μαθηματικών μοντέλων συνοψίζονται στα εξής σημεία:

- ✓ Οι οδηγοί που έλαβαν μέρος στην έρευνα εμφανίζονται στην πλειοψηφία τους **ιδιαίτερα θετικοί όσον αφορά στην πρόσβαση στην ηλεκτροκίνηση** και την υιοθέτηση ενός τεχνολογικά εξελιγμένου τρόπου μετακίνησης. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα βρίσκονται υψηλά στις προτιμήσεις των ερωτηθέντων, με τα υβριδικά και τα συμβατικά αυτοκίνητα να ακολουθούν.
- ✓ Η κατά δήλωση επιλογή ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου **δεν επηρεάζεται αρκετά από τη διακύμανση του κόστους αγοράς**, όπως φαίνεται και από τα υψηλά ποσοστά επιλογής ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων που προέκυψαν από την έρευνα για τις μετακινήσεις. Ενδεχομένως, τα σημαντικά πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε συνδυασμό με την πρόθεση των οδηγών να εκσυγχρονίσουν τεχνολογικά τις μετακινήσεις τους, τοποθετούν τον συγκεκριμένο τύπο αυτοκινήτων αρκετά ψηλά στις προτιμήσεις των οδηγών παρά τη διαφορά που υπάρχει στο κόστος απόκτησής τους συγκριτικά με τα συμβατικά.
- ✓ Το **κόστος καυσίμου δεν είναι αρκετά σημαντικό** για τους ερωτηθέντες οδηγούς, όπου κατα την γνώμη τους, οι διαφορές ανάμεσα στους τρεις τύπους οχημάτων δεν επηρεάζει κατά μεγάλο ποσοστό την τελική επιλογή τους.
- ✓ Οι οδηγοί οι οποίοι **έχουν στην κατοχή τους συμβατικό αυτοκίνητο** και ιδιαίτερα αν χρησιμοποιεί το πετρέλαιο για καύσιμο, έχουν τριπλάσιες πιθανότητες να επιλέξουν ένα ηλεκτρικό για τις μετακινήσεις τους. Ενδεχομένως οι ιδιοκτήτες ενός συμβατικού τύπου αυτοκινήτου όπως είναι το πετρελαιοκίνητο, έχουν διαπιστώσει τα μειονεκτήματα που ακολουθούν ένα τέτοιο όχημα και δεν θα επέλεγαν ξανά τον ίδιο τύπο αυτοκινήτου για τις μετακινήσεις τους.
- ✓ Παρόλα αυτά οι Έλληνες που **έχουν αποφασίσει να αγοράσουν ένα όχημα υβριδικής τεχνολογίας**, θα επιλέξουν επίσης ένα ηλεκτρικό όχημα κατά 5 φορές περισσότερο αντί για το αντίστοιχο συμβατικό. Ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο διαθέτει πολλά από τα πλεονεκτήματα ενός υβριδικού αυτοκινήτου και για αυτό τον λόγο θα ήταν η πιο κοντινή επιλογή για τα άτομα που δήλωσαν ότι θα αγόραζαν υβριδικό αυτοκίνητο.
- ✓ **Σημαντικό ρόλο παίζει και ο χρόνος καθημερινής οδήγησης**, αφού όσο μεγαλώνει η διάρκεια οδήγησης τόσο περισσότερο θα προτιμούσαν οι οδηγοί του δείγματος ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Ενδεχομένως, καταλήγουν



σε αυτή την επιλογή διότι ένα ηλεκτρικό όχημα προσφέρει μεταξύ άλλων μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου αποτελώντας τον κύριο λόγο για τον οποίο θα το επέλεγαν όσοι οδηγούν αρκετές ώρες καθημερινά.

- ✓ Τα στατιστικά μοντέλα έδειξαν ότι οι πιθανότητες επιλογής ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου αυξάνονται αρκετά **εάν ένας οδηγός δεν έχει οδηγήσει ποτέ ηλεκτρικό ή υβριδικό όχημα**. Η έλλειψη οδηγικής εμπειρίας με τα νέας τεχνολογίας αυτοκίνητα, φαίνεται να δημιουργεί σε αυτή την κατηγορία οδηγών μια περιέργεια να θέλουν να εξοικιωθούν με την εξέλιξη της τεχνολογίας που συνοδεύει την ηλεκτροκίνηση.
- ✓ Η **θετική επιρροή του χαμηλού κόστους συντήρησης** και της απουσίας θορύβου ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι απολύτως αναμενόμενη στην επιλογή μεταξύ των τριών εξεταζόμενων τύπων οχημάτων.
- ✓ Ένα συμπέρασμα που συμφωνεί και με τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας, είναι ότι **η ύπαρξη οικονομικών κινήτρων** από τις κυβερνήσεις ώθει τους πολίτες στην επιλογή ηλεκτρικού αυτοκινήτου σχεδόν 3 φορές περισσότερο. Επίσης, όσοι υποστηρίζουν την εξάπλωση των εν λόγω αυτοκινήτων διατηρούν τετραπλάσιες πιθανότητες να τα επιλέξουν τελικώς, όπως είναι αναμενόμενο.
- ✓ Το χαμηλό κόστος αγοράς ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου δεν φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στους Έλληνες που διαθέτουν **πολύ υψηλό ετήσιο οικογενειακό εισόδημα**, καθώς έχουν 38% λιγότερες πιθανότητες να επιλέξουν το ηλεκτρικό αντί για το συμβατικό αυτοκίνητο. Από αυτή την κατανομή γίνεται αντιληπτό ότι τα άτομα με πολύ υψηλές οικονομικές απολαβές, δεν θέτουν ως προτεραιότητα στις μετακινήσεις τους τα πολλαπλά οικονομικά οφέλη των ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων, καθώς ο περιορισμός των εξόδων δεν αποτελεί κύριο μέλημα των ανθρώπων αυτών.
- ✓ Από τις διάφορες αναλύσεις προέκυψε και η σχέση του μορφωτικού επιπέδου με την επιλογή ηλεκτροκίνητου οχήματος. Όσοι περιορίζονται σε ένα **απολυτήριο Δημοτικού - Γυμνασίου ή Λυκείου**, έχουν 40% λιγότερες πιθανότητες να επιλέξουν ένα υβριδικό αντί για ένα συμβατικό αυτοκίνητο. Αυτή η τάση μπορεί να οφείλεται εν μέρει στην οικονομική κατάσταση που συχνά σχετίζεται με το μορφωτικό τους επίπεδο.
- ✓ Ενδιαφέρον παρουσίασε και η περίπτωση των ερωτηθέντων που μετακινούνται συνήθως **πεζή**. Η πιθανότητα αγοράς ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου είναι κατά 27% χαμηλότερη, γεγονός που ενδεχομένως οφείλεται στο χαμηλό οικονομικό υπόβαθρο των

συγκεκριμένων οδηγών αλλά και στις κοντινές μετακινήσεις που πραγματοποιούν ημερησίως ως πεζοί.

- ✓ Η **αρνητική επιρροή της διάρκειας φόρτισης και της απουσίας των κατάλληλων υποδομών** για τη φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι απολύτως αναμενόμενες στην επιλογή τύπου οχήματος και σε συμφωνία με τη διεθνή βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, όσοι δεν μπορούν να παραβλέψουν τα παραπάνω μειονεκτήματα έχουν σημαντικά λιγότερες πιθανότητες αγοράς ηλεκτροκίνητου αυτοκινήτου.
- ✓ Οι **άνδρες οδηγοί** που συμμετείχαν στην έρευνα έχουν τριπλάσιες πιθανότητες να επιλέξουν αγορά είτε ηλεκτρικού είτε υβριδικού οχήματος, καταδεικνύοντας μια μεγαλύτερη δυσπιστία των γυναικών απέναντι στα νέας τεχνολογίας αυτοκίνητα.

## Πίνακας Περιεχομένων

---

Ευχαριστίες.....	1
Σύνοψη.....	3
Abstract.....	4
Περίληψη.....	5
<b>Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....</b>	<b>12</b>
1.1 Γενική Ανασκόπηση.....	12
1.1.1 Πλεονεκτήματα.....	13
1.1.2 Μειονεκτήματα.....	14
1.1.3 Σημεία ενδιαφέροντος.....	14
1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας.....	15
1.3 Μεθοδολογία.....	16
1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	17
<b>Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....</b>	<b>19</b>
2.1 Εισαγωγή.....	19
2.2 Συναφείς Έρευνες.....	19
2.2.1 Ηλεκτρικά-Υβριδικά οχήματα.....	19
2.2.2 Έρευνες και αποτελέσματα.....	20
2.3 Σύνοψη.....	23
<b>Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό υπόβαθρο.....</b>	<b>25</b>
3.1 Εισαγωγή.....	25
3.2 Μαθηματικά Πρότυπα.....	25
3.2.1 Γραμμική Παλινδρόμηση.....	25
3.2.2 Πιθανοτική Ανάλυση.....	26
3.2.3 Λογιστική Παλινδρόμηση.....	26
3.2.4 Σύνοψη.....	26
3.3 Λογιστική Παλινδρόμηση.....	27
3.4 Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου.....	28
3.5 Μέθοδοι δεδηλωμένης και αποκαλυπτόμενης προτίμησης.....	31
3.6 Θεωρία στοχαστικής χρησιμότητας – Συνάρτηση χρησιμότητας.....	32
<b>Κεφάλαιο 4: Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων.....</b>	<b>34</b>
4.1 Εισαγωγή.....	34
4.2 Συλλογή στοιχείων.....	34
4.2.1 Το ερωτηματολόγιο.....	34
4.2.2 Τα μέρη του ερωτηματολογίου.....	34
4.2.3 Τα σενάρια.....	35
4.2.4 Συλλογή ερωτηματολογίων.....	36
4.3 Επεξεργασία στοιχείων.....	38
4.3.1 Κωδικοποίηση δεδομένων.....	38
4.4 Συγκεντρωτικά στοιχεία.....	40
<b>Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή μεθοδολογιών και αποτελέσματα.....</b>	<b>46</b>

5.1 Εισαγωγή.....	46
5.2 Στατιστικό πρότυπο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.....	46
5.2.1 Εισαγωγή δεδομένων στο R-Studio .....	46
5.2.2 Ο Κώδικας .....	48
5.2.3 Συναρτήσεις χρησιμότητας.....	52
5.2.5 Αποτελέσματα .....	59
5.2.6 Ανάλυση Ευαισθησίας.....	64
5.3 Στατιστικό πρότυπο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης .....	68
5.3.1 Επεξεργασία δεδομένων .....	68
5.3.2 Ο Κώδικας .....	69
5.3.3 Συνάρτηση χρησιμότητας .....	70
5.3.4 Στατιστικός έλεγχος μοντέλου.....	72
5.3.5 Αποτελέσματα .....	73
<b>Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα .....</b>	<b>76</b>
6.1 Σύνοψη .....	76
6.2 Συμπεράσματα .....	78
6.3 Προτάσεις για αξιοποίηση των αποτελεσμάτων .....	80
6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	82
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>84</b>
<b>Παραρτήματα.....</b>	<b>86</b>
Παράρτημα Α – Ερωτηματολόγιο .....	86
Παράρτημα Β – Ο κώδικας της ανάλυσης στο R-Studio.....	105

## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

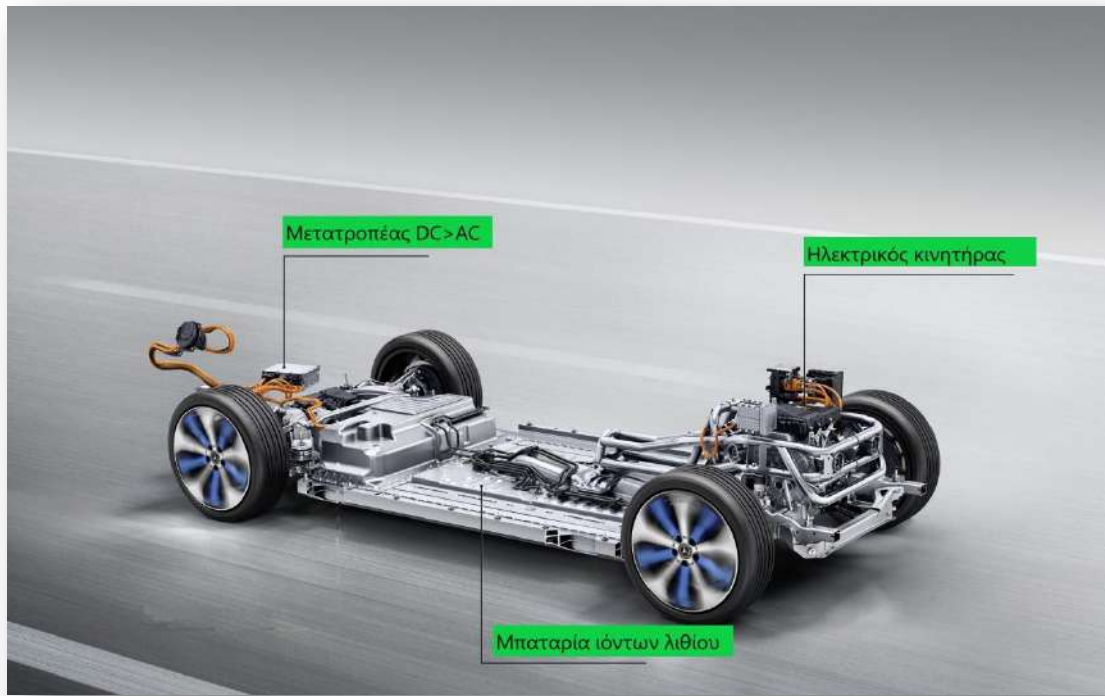
---

### 1.1 Γενική Ανασκόπηση

Η παγκόσμια κοινότητα βιώνει ήδη τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η προστασία του περιβάλλοντος και η υιοθέτηση ενός νέου, φιλικότερου προς το περιβάλλον τρόπου ζωής και μετακίνησης είναι πλέον επιβεβλημένη. Ο τομέας των μεταφορών συμμετέχει κατά ένα μεγάλο ποσοστό στην απελευθέρωση βλαβερών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, όπως έγινε ορατό και από τη σημαντική μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκάλεσε ο περιορισμός των μετακινήσεων λόγω του παγκόσμιου lockdown το έτος 2020 (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2020). Βασικό ζητούμενο σπό την Ευρωπαϊκή Ένωση πλέον, είναι η **μείωση** των εκπομπών CO<sub>2</sub> που προκαλούνται από τις μεταφορές μέσω καθαρότερων και οικονομικότερων μέσων μεταφοράς.

Σε αυτό το πλαίσιο, η **ηλεκτροκίνηση** και οι υποστηρικτικές προς αυτήν τεχνολογίες είναι κομβικής σημασίας όσον αφορά στο μέλλον της κινητικότητας, καθώς στοχεύουν στην μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης και της ηχορύπανσης. Κυρίως για αυτούς τους λόγους τα κράτη- μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν λάβει τις απαραίτητες κατευθυντήριες οδηγίες για την αύξηση των ταξινομήσεων των ηλεκτρικών οχημάτων στις εγχώριες αγορές τους, θέτοντας παράλληλα σταδιακούς στόχους υιοθέτησης της νέας τεχνολογίας στις επόμενες δεκαετίες. Ενδεικτικά παραδείγματα της νέας αυτής τάσης αποτελούν οι βόρειες χώρες της Ευρώπης οι οποίες κατέχουν τις **πρώτες θέσεις** σχετικά με τον βαθμό εξηλεκτρισμού των συστημάτων μεταφορών τους. Η Νορβηγία βρίσκεται επικεφαλής στις ταξινομήσεις ηλεκτρικών οχημάτων ενώ οι Κάτω Χώρες διαθέτουν το 26% των δημόσιων σταθμών φόρτισης που υπάρχουν στην Ευρώπη (ACEA, 2019).

Η πολυπλοκότητα των ηλεκτρικών οχημάτων είναι σημαντικά **μικρότερη** σε σύγκριση με όλους τους υπόλοιπους τύπους οχημάτων, καθώς διαθέτουν μικρότερο αριθμό εξαρτημάτων. Πιο συγκεκριμένα, τα βασικά μέρη ενός ηλεκτρικού συστήματος κίνησης είναι τρία: ο **ηλεκτρικός κινητήρας** που δίνει κίνηση στους τροχούς, ο **μετατροπέας** (inverter) που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα (DC) σε εναλλασσόμενο (AC), και η **συστοιχία μπαταριών** ιόντων λιθίου όπου αποθηκεύεται η ενέργεια (KIA Motors, 2021).



**Εικόνα 1.1:** Βασικά μέρη ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Όσον αφορά στους **συσσωρευτές**, υπάρχουν διάφοροι τύποι που κινούν τα οχήματα εκτός από τις **μπαταρίες ιόντων λιθίου** οι οποίες είναι και οι πιο διαδεδομένες προσφέροντας αυξημένη απόδοση έχοντας όμως υψηλότερη τιμή. Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούν **μόλυβδο** είναι οι πιο δημοφιλείς, σημαντικά οικονομικότερες και κατα 97% ανακυκλώσιμες. Τέλος, οι μπαταρίες **νικελίου υδριδίου μετάλλου** κοστίζουν πολύ περισσότερο από τους άλλους δύο τύπους αλλά παρέχουν υψηλότερη και καλύτερη απόδοση. Για την φόρτιση των μπαταριών χρησιμοποιείται καλώδιο φόρτισης για την παροχή ρεύματος 230V μέσω δημόσιου ή οικιακού σταθμού φόρτισης. Επιπλέον σε ορισμένα μοντέλα της αγοράς προσφέρεται η δυνατότητα ταχυφόρτισης με ειδικό καλώδιο φόρτισης .

### 1.1.1 Πλεονεκτήματα

Ένα από τα χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών οχημάτων είναι η **απουσία θορύβου** και η αυξημένη ηχομόνωση που αντιλαμβάνονται οι επιβάτες στο εσωτερικό του αλλά και οι πεζοί που κινούνται στην οδό. Αυτό συμβαίνει διότι απουσιάζει ο κινητήρας εσωτερικής καύσης και τα κινούμενα μέρη που υπάρχουν στα συμβατικά οχήματα, οπότε δεν συμβαίνουν οι μικρο-εκρήξεις στο εσωτερικό του που προκαλούν θόρυβο και δονήσεις. Ο σημαντικά **μειωμένος** αριθμός εξαρτημάτων προσδίδει στα ηλεκτρικά οχήματα και το όφελος του χαμηλότερου κόστους συντήρησης. Αν εξαιρεθεί η εποπτεία που πρέπει να δοθεί στην μπαταρία του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, τα οχήματα αυτά

δεν έχουν ανάγκη από περιοδική συντήρηση όπως συμβαίνει με τα συμβατικά οχήματα που διαθέτουν πληθώρα αναλώσιμων μηχανικών μερών.

Την εξάπλωση των ηλεκτρικών οχημάτων βοηθάει αρκετά το **χαμηλό κόστος** ανεφοδιασμού τους, γεγονός που οφείλεται εξ'ολοκλήρου στην χαμηλή χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας η οποία στην Ελλάδα ανέρχεται στα 0,11058€ ανά KWh για ημερήσια χρέωση και σε 0,07897€ ανά KWh για νυχτερινή χρέωση (ΔΕΗ, 2021). Εξαιτίας της απουσίας ογκοδών εξαρτημάτων όπως ο κινητήρας εσωτερικής καύσης και το κιβώτιο ταχυτήτων που βρίσκεται κατα μήκος και κάτω από το πάτωμα του αυτοκινήτου, τα ηλεκτρικά οχήματα βασίζονται σε ενιαίες επίπεδες πλατφόρμες. Αυτό έχει θετικό αντίκτυπο στον εσωτερικό διαθέσιμο χώρο για τους επιβάτες προσφέροντας αυξημένα επίπεδα άνεσης.

### 1.1.2 Μειονεκτήματα

Στην παρούσα φάση και στο εγγύς μέλλον, το μεγαλύτερο ποσοστό των ηλεκτρικών οχημάτων θα έχουν **υψηλότερη** τιμή αγοράς από τα αντίστοιχα συμβατικά. Οι τιμές τους αυτήν την εποχή στην Ελλάδα ξεκινούν από 20.000€ ως καινούρια, ενώ σε μερικές χώρες συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας η απόκτηση ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος επιδοτείται από την κυβέρνηση βοηθώντας σε έναν βαθμό την επιλογή τους (ΣΕΕΑ, 2021).

Μειονέκτημα στη χρήση ενός ηλεκτρικού οχήματος αποτελεί ο **χρόνος επαναφόρτισης** του, που σε περιπτώσεις οικιακής φόρτισης μπορεί να διαρκέσει από 9 έως 11 ώρες. Η διάρκεια αναμονής μέχρι την ολοκλήρωση της φόρτισης δεν μπορεί να συγκριθεί με την αντίστοιχη περίπτωση ανεφοδιασμού ενός συμβατικού οχήματος που διαρκεί λιγότερο από 5 λεπτά. Σε συνδυασμό με την διάρκεια επαναφόρτισης ένα δύσκολο εγχείρημα για τις αυτοκινητοβιομηχανίες αφορά την αύξηση της διανυθείσας απόστασης ενός ηλεκτρικού οχήματος. Η **χαμηλή αυτονομία** είναι σημαντικός αποτρεπτικός παράγοντας αγοράς ενός τέτοιου τύπου οχήματος, καθώς τα μοντέλα που διατίθενται στην Ελληνική αγορά έχουν αυτονομία κατά μέσο όρο 100-150 χιλιόμετρα (Automobile Manufacturers).

### 1.1.3 Σημεία ενδιαφέροντος

**Ιδιαίτερη προσοχή** θα πρέπει να δοθεί από τους αρμόδιους φορείς διεθνώς ώστε να εξεταστεί στη πράξη σε ποιον βαθμό και υπό ποιές προϋποθέσεις μπορούν να καταστούν τα ηλεκτρικά οχήματα **πιο οικολογικά** σε σχέση με τα συμβατικά. Έχει αποδειχθεί ότι υπό τις σημερινές συνθήκες τα ηλεκτροκίνητα οχήματα επιβαρύνουν το περιβάλλον εξίσου με τα οχήματα που διαθέτουν κινητήρες εσωτερικής καύσης (IFEU, 2019). Ο βασικός λόγος

είναι ότι στην περίπτωση των ηλεκτρικών οχημάτων η περιβαλλοντική ρύπανση λαμβάνει χώρα στο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σε αντίθεση με τους αέριους ρύπους που απελευθερώνονται απευθείας στο οδικό δίκτυο από τα συμβατικά οχήματα. Πιο αναλυτικά, υποστηρίζεται ότι για όσο διάστημα η απαραίτητη ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από τον ιδιαίτερα επιβλαβή για το περιβάλλον λιγνίτη και λιθάνθρακα, δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι τα ηλεκτρικά οχήματα εκπέμπουν μηδενικούς ρύπους. Θέτοντας με αυτόν τον τρόπο σε **αμφισβήτηση** τον απόλυτα οικολογικό χαρακτήρα τους, είναι ευθύνη των κρατών να προωθήσουν πιο φιλικές προς το περιβάλλον πηγές ενέργειας όπως είναι οι ανανεώσιμες μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο το ενεργειακό αποτύπωμα.

Επίσης, υπάρχουν ειδικοί που προειδοποιούν ότι τα επιδοτούμενα ηλεκτρικά οχήματα ενδέχεται να οδηγήσουν σε ακόμη μεγαλύτερα κυκλοφοριακά προβλήματα στις πόλεις λόγω αυξανόμενης ζήτησης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η **Νορβηγία** όπου συγκριτικά με τον πλυθησμό της κυκλοφορούν τα περισσότερα ηλεκτρικά αυτοκίνητα παγκοσμίως. Μετά την ταχεία εξάπλωση αυτών των οχημάτων στους νορβηγικούς δρόμους, η χρήση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς μειώθηκε κατά 80% (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2020).

Είναι φανερό, ότι πρέπει να αναλυθεί διεξοδικότερα το πλαίσιο που διέπει την **διάχυση των ηλεκτρικών οχημάτων** στις αγορές, λαμβάνοντας υπόψιν όλες τις παραμέτρους που ως απώτερο στόχο θα έχουν τη μείωση των βλαβερών για την υγεία και το περιβάλλον ρύπων.

## 1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Ο στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **ανάλυση των προτιμήσεων απέναντι στα ηλεκτρικά οχήματα στην Ελλάδα**. Πιο συγκεκριμένα, μέσω μίας ευρείας έρευνας πεδίου καταγράφηκαν και αναλύθηκαν οι προτιμήσεις των οδηγών και η πρόθεσή τους για αγορά ηλεκτρικού ή υβριδικού οχήματος αντί για συμβατικό.

Επιπλέον, εξετάστηκε και ο τρόπος με τον οποίο οι **νέες παρεμβάσεις** του Νόμου του Υπουργείου Περιβάλλοντος και του Υπουργείου Μεταφορών αναμένεται να αλλάξουν τις προτεραιότητες και τις προτιμήσεις του κοινού όσον αφορά στην επένδυση σε ένα νέου τύπου όχημα.

Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι αναπτύχθηκαν **μαθηματικά μοντέλα**, τα οποία επιτρέπουν τον προσδιορισμό της επιρροής παραγόντων όπως το κόστος αγοράς και χρήσης, η ευκολία ανεφοδιασμού, αλλά και διάφορα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις επιλογές κινητικότητας των



ερωτηθέντων, στην επιλογή αγοράς ηλεκτρικού, υβριδικού ή συμβατικού τύπου οχήματος.

Απώτερος στόχος είναι τα εξαγόμενα συμπεράσματα να χρησιμοποιηθούν από τους απαραίτητους **φορείς της Πολιτείας**, ώστε να υποστηρίξουν το έργο τους στην ταχύτερη ενσωμάτωση αυτής της νέας τεχνολογικής τάσης στην Ελληνική αγορά αυτοκινήτου.

### 1.3 Μεθοδολογία

Σε αυτήν την παράγραφο παρουσιάζεται συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την επίτευξη των παραπάνω στόχων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Στην αρχή, καθορίστηκε το αντικείμενο που θα μελετηθεί που αποτελεί και το θέμα της Διπλωματικής Εργασίας. Για πιο στοχευμένη αναζήτηση των στόχων της έρευνας, πραγματοποιήθηκε εκτενής **βιβλιογραφική ανασκόπηση** για την εύρεση διεθνών ερευνών με τη βοήθεια του διαδικτύου. Η ανασκόπηση αυτή είχε σκοπό να προσφέρει βασικές και ειδικές γνώσεις για τα ηλεκτρικά και υβριδικά αυτοκίνητα, εμβαθύνοντας κατάλληλα σε κάθε επιμέρους τομέα και ιδιαίτερα στη χρήση τους.

Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η συγκέντρωση όλων των απαραίτητων στοιχείων μέσω ερωτηματολογίου βασισμένο στη **μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης**. Οι ερωτήσεις κάλυπταν ένα ευρύ φάσμα των ειδικών χαρακτηριστικών και των απόψεων των ατόμων που έλαβαν μέρος στην έρευνα, απέναντι στην ηλεκτροκίνηση και στις μετακινήσεις τους γενικότερα. Κύριος κορμός του ερωτηματολογίου αποτέλεσαν 10 σενάρια μετακίνησης με μεταβλητές το κόστος αγοράς, το κόστος καυσίμου και την ευκολία ανεφοδιασμού, με πιθανές 3 εναλλακτικές απαντήσεις: το ηλεκτρικό, υβριδικό και συμβατικό αυτοκίνητο. Συνολικά συγκεντρώθηκαν 313 ερωτηματολόγια από τα οποία τα 243 ικανοποιούσαν τις καθορισμένες απαιτήσεις για να χρησιμοποιηθούν στην περαιτέρω στατιστική ανάλυση και επεξεργασία. Η συλλογή έγινε μέσω διαδικτυακής συμπλήρωσης (google forms) από άτομα σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας και ποικίλων δημογραφικών χαρακτηριστικών.

Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν μέσω των ερωτηματολογίων κωδικοποιήθηκαν κατάλληλα μέσω του προγράμματος ανάλυσης δεδομένων (R Studio). Για το μέρος του ερωτηματολογίου που αφορά στα σενάρια αναπτύχθηκε στατιστικό μοντέλο **πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** (multinomial logistic regression). Ως εξαρτημένη μεταβλητή θεωρήθηκε η επιλογή του τύπου αυτοκινήτου (Συμβατικό, Υβριδικό, Ηλεκτρικό) και ανεξάρτητες μεταβλητές το κόστος αγοράς, το κόστος

καυσίμου και η ευκολία ανεφοδιασμού, καθώς και σειρά άλλων παραγόντων. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκε μοντέλο **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** (binary logistic regression) για τον προσδιορισμό των μεταβλητών που επηρεάζουν την απόφαση αγοράς ηλεκτρικού/υβριδικού αυτοκινήτου ή όχι συγκεκριμένα στο άμεσο μέλλον με βάση τις νέες επιδοτήσεις της Κυβέρνησης.

Μετά την ανάλυση με τη βοήθεια των μοντέλων, σειρά είχε η διαδικασία της αποκωδικοποίησης και ερμηνείας των αποτελεσμάτων. Από αυτά προέκυψαν τα **τελικά συμπεράσματα** για τον προσδιορισμό των προτιμήσεων των οδηγών και της πρόθεσής τους για αγορά ηλεκτρικού ή υβριδικού οχήματος αντί για συμβατικό. Τέλος, διατυπώθηκαν προτάσεις σχετικά με τη διεύθυνση των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα.

#### 1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Σε αυτό το μέρος γίνεται μια αναφορά στα κεφάλαια που συνθέτουν την δομή της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **κεφάλαιο 1**, γίνεται **εισαγωγικά** μια αναφορά στον τρόπο λειτουργίας των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων παρουσιάζοντας και τους διάφορους τύπους που κυκλοφορούν στην αγορά. Διατυπώνονται τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονέκτηματα που προκύπτουν από την αγορά και τη χρήση των παραπάνω οχημάτων, καθώς επίσης επισημαίνονται και ορισμένα ανοιχτά ζητήματα που αφορούν το συσχετισμό τους με την προστασία του περιβάλλοντος. Στην συνέχεια περιγράφεται το αντικείμενο και ο στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, όπως και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε μέσω ερωτηματολογίου για την πραγματοποίηση της έρευνας. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια **σύνοψη** της δομής της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **κεφάλαιο 2**, γίνεται μια παρουσίαση διάφορων αποτελεσμάτων που προέκυψαν από προσεκτική **βιβλιογραφική ανασκόπηση** διεθνών ερευνών σχετικών με το αντικείμενο και τις μεθοδολογίες της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **κεφάλαιο 3**, το οποίο αποτελεί το **θεωρητικό υπόβαθρο** της έρευνας, αναλύεται η μεθοδολογία της δεδηλωμένης προτίμησης που ακολουθήθηκε σε αυτή τη Διπλωματική Εργασία. Έπειτα παρουσιάζονται αναλυτικά τα στατιστικά μοντέλα που επιλέχθηκαν για να υποστηρίξουν την συγκεκριμένη μεθοδολογία και οι στατιστικοί έλεγχοι που θα καθορίσουν τα αποδεκτά αποτελέσματα.

Στο **κεφάλαιο 4**, γίνεται μια παρουσίαση του **ερωτηματολογίου** (αναλυτικά στο Παράρτημα Α) που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα και επισημαίνεται η

φιλοσοφία από την οποία προέκυψε. Μερικά αποτελέσματα απεικονίζονται με κατάλληλα διαγράμματα και σχολιάζονται συνοπτικά. Περιλαμβάνεται ακόμα, η κωδικοποίηση των απαντήσεων του ερωτηματολογίου σε έναν ενιαίο πίνακα και η κατάλληλη προσαρμογή τους ώστε να καταστεί δυνατή η αφομείωσή τους από το στατιστικό πρόγραμμα της *R*.

Στο **κεφάλαιο 5**, αναλύονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν μέσω των **μαθηματικών μοντέλων** για να προκύψουν οι διάφορες συναρτήσεις που περιγράφουν καλύτερα τον στόχο της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **κεφάλαιο 6**, παρατίθενται τα **συμπεράσματα** της Διπλωματικής Εργασίας και σχολιάζονται σε σχέση με της τωρινές αλλά και τις μελλοντικές συνθήκες.

Στο τέλος της Διπλωματικής Εργασίας παρατίθενται οι **βιβλιογραφικές αναφορές** από τις οποίες αντλήθηκαν οι απαραίτητες πληροφορίες και τα **παραρτήματα**, η παρουσίαση των οποίων συμβαδίζει με όλα τα διεθνή πρότυπα.

## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική ανασκόπηση

---

### 2.1 Εισαγωγή

Αυτό το κεφάλαιο σχετίζεται με τη **βιβλιογραφική ανασκόπηση**, η οποία πραγματοποιήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα διάφορων διεθνών ερευνών, που σχετίζονται με το ευρύτερο περιεχόμενο των ερευνητικών ζητημάτων που έχουν τεθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο.

### 2.2 Συναφείς Έρευνες

Ο κλάδος της ηλεκτροκίνησης αποτελεί ένα ταχέως αναπτυσσόμενο κλάδο στη διεθνή αυτοκινητοβιομηχανία η οποία εδώ και χρόνια έχει επενδύσει σημαντικά κεφάλαια για την εξέλιξη ηλεκτρικών και υβριδικών συνόλων. Η ταχύτητα εξάπλωσης των νέων αυτών τεχνολογιών και η μαζική εκμετάλλευσή τους αποτελεί σημαντική πηγή για την δημιουργία **πλήθους ερευνών** από την επιστημονική κοινότητα.

#### 2.2.1 Ηλεκτρικά-Υβριδικά οχήματα

Η διαρκής αύξηση του στόλου των οχημάτων, που καλύπτουν τις ολοένα και μεγαλύτερες ανάγκες του ανθρώπου για μετακίνηση έχει στρέψει το ενδιαφέρον των κρατών μέσω της Συμφωνίας του Παρισιού για τη Κλιματική Αλλαγή σε μια προσπάθεια **μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου**. Ο στόχος της εξάπλωσης των ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων τα οποία απελευθερώνουν στο περιβάλλον μηδενικές ή ελάχιστες ποσότητες αντίστοιχα των αερίων του θερμοκηπίου, εξυπηρετεί επίσης και τον περιορισμό του κόστους που δέχεται η παγκόσμια οικονομία. Εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης το κόστος αυτό έχει υπολογιστεί ότι ανέρχεται στο ποσό των 3 τρισεκατομμυρίων δολλαρίων το χρόνο.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας την τελευταία εικοσαετία στον χώρο της αυτοκινητοβιομηχανίας έχει παρατηρηθεί πως τα αμιγώς ηλεκτρικά και τα υβριδικά οχήματα έχουν πετύχει μια σημαντικότερη μείωση στο κόστος ιδιοκτησίας, σε σχέση με τα συμβατικού τύπου οχήματα (**Palmer et al.,2018**). Στο κόστος ιδιοκτησίας περιλαμβάνεται το αρχικό κόστος αγοράς και τα λειτουργικά έξοδα ενός οχήματος.

Το όφελος των αμιγώς ηλεκτρικών αυτοκινήτων όσον αφορά το μειωμένο κόστος χρήσης τους σε σύγκριση με τα υβριδικά αυτοκίνητα, έχει σαν αποτέλεσμα να πετυχαίνουν το χαμηλότερο κόστος ιδιοκτησίας μεταξύ και

των υπολοίπων τύπων οχημάτων παρά το μεγάλο αρχικό κόστος αγοράς. Μάλιστα, το πλεονέκτημα αυτό γίνεται ακόμα μεγαλύτερο όσο αυξάνεται η διάρκεια ιδιοκτησίας του οχήματος αλλά και με τη δημιουργία διάφορων προνομίων αγοράς ηλεκτρικού οχήματος που προκύπτουν από τις εκάστοτε κυβερνήσεις των κρατών (**Hagman et al., 2016**).

Διάφοροι παράμετροι όπως η τάση των ανθρώπων να υιοθετήσουν μια καινοτομία γρηγορότερα από άλλους ή ακόμα και η προτεραιότητα που δίνουν στην οδηγική ευχαρίστηση ενός οχήματος, μπορεί να επηρεάσουν τις τελικές επιλογές τους στην αγορά ηλεκτρικού, υβριδικού ή συμβατικού τύπου αυτοκινήτου (**Rezvani et al.**). Στην πρώτη περίπτωση η επιλογή θα γίνει ανάμεσα στο ηλεκτρικό και στο υβριδικό αυτοκίνητο ενώ στην περίπτωση όπου το κριτήριο αγοράς αφορά περισσότερο την οδηγική ευχαρίστηση οι υποψήφιοι αγοραστές φαίνεται να εξετάζουν τα προνόμια που συνοδεύουν το υβριδικό αυτοκίνητο το οποίο μπορεί και να επιλέξουν έναντι του οδηγικά απολαυστικότερου συμβατικού (**Tchetchik et al., 2020**).

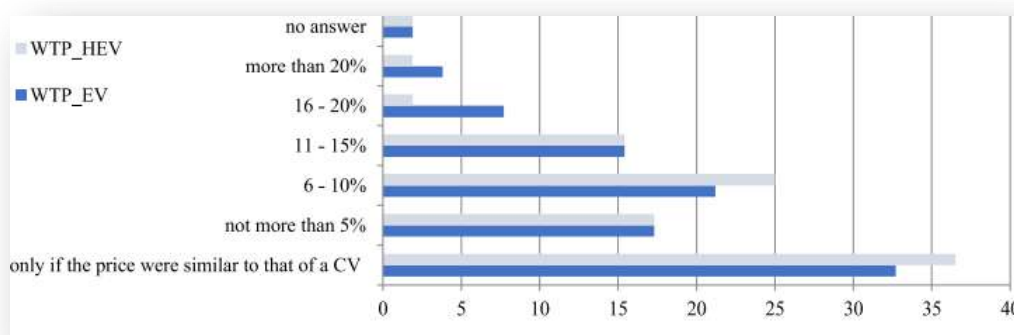
Παρόλα αυτά, μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους **van Velzen, Annema, van de Kaa and van Wee (2019)** όσον αφορά το κόστος ιδιοκτησίας των ηλεκτρικών οχημάτων κατέληξε στο συμπέρασμα ότι στο μέλλον αυτό δεν θα είναι χαμηλότερο από εκείνο των οχημάτων με συμβατικό κινητήρα. Εξηγούν επίσης, ότι ενώ θα υπάρχει μεγαλύτερη τεχνογνωσία και θα μπορεί να επιτευχθεί οικονομία κλίμακας στην κατασκευή ηλεκτρικών αυτοκινήτων, οι κατασκευαστές θα προσπαθήσουν να ανακτήσουν το αρχικό ποσό επένδυσής τους. Γι' αυτό οι παραπάνω ερευνητές προειδοποιούν ότι τα οικονομικά κίνητρα που θα δίνονται από τις εκάστοτε κυβερνήσεις θα είναι απαραίτητα για αρκετό καιρό ακόμη.

### 2.2.2 Έρευνες και αποτελέσματα

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Σκωτία από τους **George Mileva, Astley Hastings, Amin Al-Habaibeh, (2019)**, εξετάζει ένα υποθετικό σενάριο στο οποίο όλα τα συμβατικά αυτοκίνητα που κυκλοφορούν στη χώρα θα αντικαθίστανται από αντίστοιχα ηλεκτρικά. Το αποτέλεσμα έδειξε ότι θα υπήρχε μια αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τις πρωτογενείς μονάδες με σκοπό να ανταποκριθούν στην ταχεία ζήτηση, γεγονός το οποίο θα οδηγούσε άμεσα στην αύξηση των επιπέδων CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Παρόλα αυτά, το πλεονέκτημα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην μηδενική εκπομπή βλαβερών αερίων κατά τη διάρκεια της κυκλοφορίας τους θα οδηγούσε εν τέλη το ποσοστό των εκπομπών CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα να μειωθεί κατά 33,7%.

Μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην πόλη Wroclaw της Πολωνίας από τους **K. Bienias , A. Kowalska-Pyzalska, D. Ramsey (2019)**, με τη μέθοδο

του ερωτηματολογίου έδειξε ότι εξαιτίας της τάσης των ανθρώπων να αγοράζουν μεταχειρισμένα αυτοκίνητα στη συγκεκριμένη πόλη, η εξάπλωση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων είναι αρκετά περιορισμένη. Αυτό οφείλεται κυρίως στο αυξημένο κόστος αγοράς τους, ένα ζήτημα το οποίο φαίνεται να εξαλείφεται με την εφαρμογή νέων επιδοτήσεων αλλά και διάφορων φοροελαφρυντικών μέτρων για την αγορά τέτοιου τύπου οχημάτων. Η συνέχεια της έρευνας έδειξε ότι οι κάτοικοι της συγκεκριμένης πόλης κατέχουν μια αρκετά θετική στάση απέναντι στην ηλεκτροκίνηση και μπορούν να εντοπίσουν τα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τα ηλεκτρικά από τα υβριδικά αυτοκίνητα. Η ίδια μελέτη έδειξε πως οι κάτοικοι γενικά εμφανίζονται θετικοί ως προς την υιοθέτηση ενός νέου τρόπου μετακίνησης που περιστρέφεται γύρω από τα ηλεκτροκίνητα οχήματα.

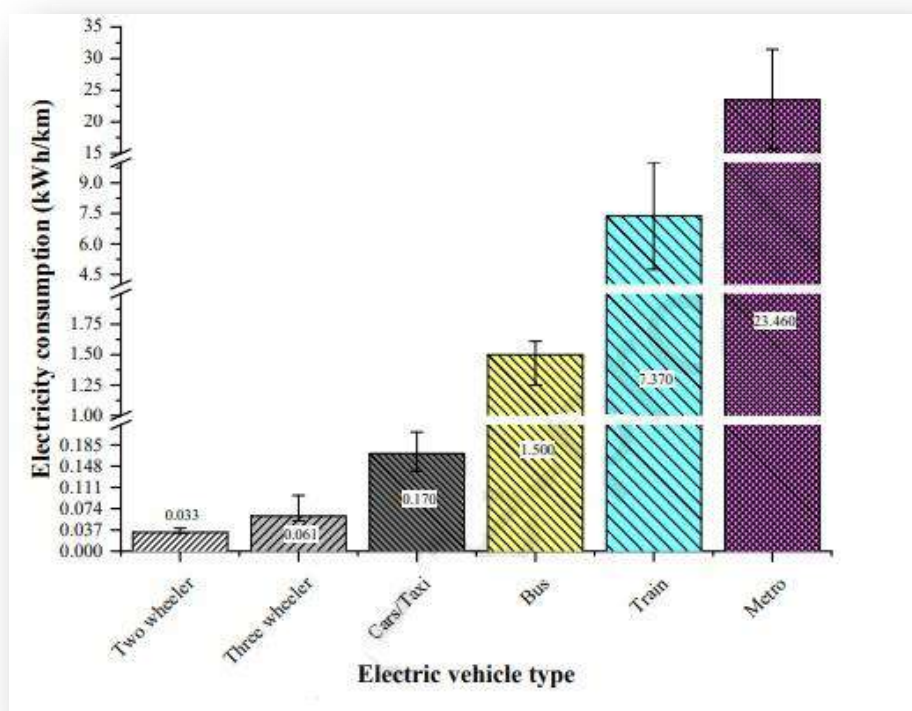


**Εικόνα 2.1:** Κατανομή του δείγματος σε σχέση με τη πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού ή υβριδικού οχήματος (Wrocław Poland 2019)

Πλήθος ερευνών έχουν πραγματοποιηθεί και στην Ιταλία από τους **Valeri and Danielis, 2015** και **Giansoldati et al., 2018**, μέσω της μεθόδου του ερωτηματολογίου. Οι έρευνες αυτές αναφέρουν ότι παρόλο που ως χώρα διαθέτει κάποια χαρακτηριστικά που ευνοούν την εξάπλωση ηλεκτρικών οχημάτων, στην πραγματικότητα ο ρυθμός εξάπλωσης τους είναι αρκετά μικρός όπως φαίνεται και από το ποσοστό ταξινόμησης ηλεκτρικών οχημάτων που ανέρχεται σε 0,5% το 2018.

Σχεδόν όλοι οι ερωτηθέντες αποκρίθηκαν ότι διανύουν λιγότερα από 100 km τη μέρα και ότι τα ταξίδια με απόσταση μεγαλύτερη από 400km είναι σπάνια, ενώ παρατηρήθηκε ότι το 70% του δείγματος διαθέτουν ιδιωτικό χώρο στάθμευσης δίνοντας την ευχέρεια της φόρτισης στο σπίτι. Επίσης η ιδιοκτησία οχημάτων σε μια οικογένεια φαίνεται να είναι αρκετά αυξημένη αφού το 67% των οικογενειών διαθέτουν τουλάχιστον 2 οχήματα, γεγονός

που βοηθά τη χρήση ενός ηλεκτρικού οχήματος ως εφεδρικού. Όσον αφορά τους δημόσιους σταθμούς φόρτισης στην Ιταλία, έναν τομέα στον οποίο φαίνεται να υστερεί η συγκεκριμένη χώρα, νέα δεδομένα αποκαλύπτουν πως η **ENEL Spa** μια μεγάλη εταιρεία ενέργειας έχει προχωρήσει στην εγκατάσταση 5.000 νέων σταθμών φόρτισης από το 2018. Μία ενέργεια που στοχεύει να καλύψει το κύριο πρόβλημα της χαμηλής αυτονομίας σε συνδυασμό με τον περιορισμένο δίκτυο φορτίσης των ηλεκτρικών οχημάτων που ισχύει σήμερα.



**Εικόνα 2.2:** Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας διαφόρων ηλεκτρικών οχημάτων (Italy 2018)

Οι **Ishant Sharma** και **Munish Kumar Chandel**, ασχολήθηκαν και συνέκριναν τους παράγοντες που επηρεάζουν την εκπομπή ρύπων στα ηλεκτρικά και συμβατικά αυτοκίνητα σε διάφορες Ινδικές πόλεις, για χρονικό ορίζοντα 45 ετών. Διαπίστωσαν πως μια μεταστροφή προς την πλήρη εξάπλωση της ηλεκτροκίνησης στο μέλλον θα οδηγούσε σε σημαντική μείωση στις εκπομπές ρύπων μόνο εάν η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια εξαγόταν από ανανεώσιμες πηγές. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνταν τα ορυκτά καύσιμα η απελευθέρωση μικροσωματιδίων θα αυξανόταν κατά 126% στα ηλεκτρικά σε σχέση με τα συμβατικά αυτοκίνητα.

Table 4 Emission factors for conventional vehicles and electric vehicles (under the BAU scenario of electricity generation) (g/km)

Vehicle Class.	Year	Conventional vehicles					Electric vehicles				
		CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	PM <sub>2.5</sub>
Car/Taxi	2005	2.444	0.267	0.344	133.58	0.028	0.058	1.10E-05	0.390	129.55	0.064
	2021	0.604	0.139	0.178	144.13	0.004	0.053	1.02E-05	0.243	120.63	0.017
	2031	0.528	0.133	0.130	144.29	0.004	0.047	8.97E-06	0.180	101.95	0.013
	2050	0.528	0.133	0.020	147.12	0.004	0.042	7.93E-06	0.117	88.18	0.009

**Εικόνα 2.3:** Εκπομπές αερίων ρύπων συμβατικών και ηλεκτρικών οχημάτων (με βάση το σενάριο BAU, India)

### 2.3 Σύνοψη

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία η ηλεκτροκίνηση φαίνεται ότι θα είναι ένας **καινοτόμος** και **ταχύς εξελισσόμενος τρόπος μετακίνησης** και ότι θα αποτελέσει τον κύριο πρωταγωνιστή στις μεταφορές στο μέλλον, με κύριο γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος. Αρκετά όμως στοιχεία δείχνουν πως η χρονική αυτή στιγμή απέχει ακόμα αρκετά, καθώς πολλοί μελετητές κρατούν επιφυλακτική στάση απέναντι στην ηλεκτροκίνηση και τις προσκείμενες προς αυτήν τεχνολογίες.

Κρίσιμη παράμετρος που θα καθορίσει την ταχύτητα εξάπλωσής της αποδείχτηκε ότι είναι η αδιάκοπη λειτουργία των **οικονομικών κινήτρων** από τις κυβερνήσεις των κρατών. Με την προϋπόθεση ότι τα κίνητρα θα συνεχίσουν να ισχύουν σε όλες τις χώρες μέχρι το 2025, τότε εκτιμάται ότι το 12% των νέων ταξινομήσεων αυτοκινήτων παγκοσμίως θα είναι ηλεκτρικά.

Σε έρευνες που χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του ερωτηματολογίου, οι συμμετέχοντες φάνηκε να διατηρούν μια **θετική στάση** απέναντι στην ηλεκτροκίνηση και επιπλέον ήταν αρκετά ενημερωμένοι για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτών των οχημάτων. Παρόλα αυτά η απουσία των κατάλληλων υποδομών για την εξάπλωση των ηλεκτρικών οχημάτων σε αρκετές χώρες είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει τις επιλογές των ανθρώπων.

Ιδιαίτερη μνεία έχει γίνει από τους επιστήμονες στην **επίδραση** που έχει στο **περιβάλλον** η στροφή προς τις ηλεκτρικές μετακινήσεις. Διάφοροι παράγοντες που σχετίζονται με τους τρόπους άντλησης της ηλεκτρικής ενέργειας θα επηρεάσουν κατά πόσο τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα συμβάλουν ή θα επιδεινώσουν εν τέλει την κατάσταση του περιβάλλοντος.



Στο μεσοδιάστημα μέχρι η ηλεκτροκίνηση να κυριαρχήσει στα επιβατικά οχήματα, η τεχνολογία με την μεγαλύτερη ανάπτυξη την δεκαετία που διανύουμε αφορά τα υβριδικά οχήματα, τα οποία βρίσκονται ψηλά στις προτιμήσεις του αγοραστικού κοινού και καταφέρνουν να συνδυάσουν τα καλύτερα στοιχεία από τους άλλους δύο τύπους.

## Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό υπόβαθρο

---

### 3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια συνθετική αναφορά στο **θεωρητικό υπόβαθρο** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Παρουσιάζονται οι βασικές μέθοδοι ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν στην επεξεργασία, η **πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (multinomial logistic regression) και η **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (binary logistic regression). Στο τέλος θα αξιολογηθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν με βάση κάποια κριτήρια αποδοχής των μεθόδων.

### 3.2 Μαθηματικά Πρότυπα

Η διαδικασία με την οποία στη Στατιστική εξετάζεται η σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, με σκοπό να καταστεί δυνατή η πρόβλεψη της μίας από τις υπόλοιπες ονομάζεται **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis). Υπάρχουν δύο ειδών μεταβλητές, η **εξαρτημένη μεταβλητή** είναι εκείνη της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί και η **ανεξάρτητη μεταβλητή** είναι εκείνη που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης. Όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές δεν επιλέγονται αυθαίρετα αλλά σχετίζονται με την εξαρτημένη μεταβλητή. Τελικός στόχος, είναι η ανάπτυξη εξισώσεων μέσω των μαθηματικών μοντέλων που θα περιγράψουν τη σχέση των ανεξάρτητων με την εξαρτημένη μεταβλητή.

#### 3.2.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Με την **γραμμική παλινδρόμηση** (linear regression) γίνεται ο υπολογισμός της συνάρτησης χρησιμότητας κάποιου γεγονότος σε σχέση με τους παράγοντες που το επηρεάζουν, καταλήγοντας σε μια γραμμική τελική εξίσωση. Στη συνέχεια καθίσταται δυνατός ο υπολογισμός της πιθανότητας πραγματοποίησης του συγκεκριμένου γεγονότος (πρότυπο πρόβλεψης πιθανότητας).

Στο δεδομένο μαθηματικό μοντέλο, η εκτίμηση των παραμέτρων πραγματοποιείται με τη **μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων**, όπου το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών μεταξύ των υπολογισθέντων και παρατηρηθέντων τιμών πρέπει να είναι το ελάχιστο δυνατό.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να λειτουργήσει το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης αποτελεί η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι **συνεχής** και να ακολουθεί την **κανονική κατανομή**.

Στη συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η επιλογή συμβατικού, υβριδικού και ηλεκτρικού αυτοκινήτου, λαμβάνοντας με αυτόν τον τρόπο διακριτές τιμές. Ως αποτέλεσμα, είναι αδύνατον η εξαρτημένη μεταβλητή να αναλυθεί με το μαθηματικό μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης.

### 3.2.2 Πιθανοτική Ανάλυση

Το μοντέλο της **πιθανοτικής ανάλυσης** (probit analysis) χρησιμοποιείται όταν η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει διακριτές ή συνεχείς τιμές. Όπως και στη περίπτωση του μοντέλου της γραμμικής παλινδρόμησης, η γραμμική σχέση της συνάρτησης χρησιμότητας αλλά και της πιθανότητας υπολογίζονται με τρόπο παρόμοιο.

Για την εφαρμογή του παραπάνω μοντέλου, πρέπει να γίνει ο **μετασχηματισμός των ανεξάρτητων μεταβλητών** σε πιθανότητες με τιμές από 0 έως 1, προσέχοντας ταυτόχρονα να διατηρηθεί η επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την εξαρτημένη.

Εξαιτίας της πολυπλοκότητας στη χρήση του μοντέλου της πιθανοτικής ανάλυσης, αποφασίστηκε να μην εφαρμοστεί στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

### 3.2.3 Λογιστική Παλινδρόμηση

Το μοντέλο της **λογιστικής παλινδρόμησης** (logistic regression) χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει **διακριτές τιμές**, όπως συμβαίνει και στην παρούσα έρευνα. Συναντάται στις Συγκοινωνιακές έρευνες στις οποίες είναι ζητούμενο η πρόβλεψη της επιρροής ορισμένων ανεξάρτητων μεταβλητών ενός γεγονότος, μέσω ενός **μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης**. Στόχος του μοντέλου στη παρούσα Διπλωματική Εργασία είναι να υπολογίσει την πιθανότητα επιλογής ενός από τους τρεις διαθέσιμους τύπους οχημάτων (συμβατικό, υβριδικό, ηλεκτρικό) και να καταδείξει με ποιον τρόπο και σε τι μέγεθος επηρεάζουν οι ανεξάρτητες μεταβλητές την επιλογή αυτή.

### 3.2.4 Σύνοψη

Σύμφωνα με το πλαίσιο και τους στόχους που έχουν τεθεί στην συγκεκριμένη έρευνα, έχουν εξαχθεί τα εξής συμπεράσματα όσον αφορά τα μαθηματικά μοντέλα ανάλυσης και επεξεργασίας των δεδομένων :

- Το μοντέλο της **γραμμικής παλινδρόμησης** προϋποθέτει η εξαρτημένη μεταβλητή να λαμβάνει συνεχείς τιμές. Για αυτό το λόγο δεν θα χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο μοντέλο καθώς η εξαρτημένη μεταβλητή στη παρούσα Διπλωματική Εργασία δεν είναι διακριτή.
- Η **πιθανοτική ανάλυση** απορρίπτεται λόγω της πολυπλοκότητας της, παρόλο που γενικά καλύπτει της ζητούμενες προϋποθέσεις.
- Επομένως, για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων επιλέχθηκε η **λογιστική παλινδρόμηση** με τη βοήθεια της οποίας θα γίνει η πρόβλεψη της επιλογής του κοινού για τους τρεις διαθέσιμους τύπους οχημάτων.

### 3.3 Λογιστική Παλινδρόμηση

Το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση που υπάρχουν δύο εναλλακτικές επιλογές με την ανάπτυξη του μοντέλου της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** (binary model), αλλά και στη περίπτωση που τα ενδεχόμενα είναι περισσότερα από δύο συντάσσοντας το **πολυωνυμικό μοντέλο πρόβλεψης** (multinomial model). Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία με το πολυωνυμικό πρότυπο αναλύονται τα σενάρια του ερωτηματολογίου όπου οι επιλογές είναι “*Συμβατικό αυτοκίνητο*”, “*Υβριδικό αυτοκίνητο*”, “*Ηλεκτρικό αυτοκίνητο*”. Από την άλλη, θα γίνει χρήση του διωνυμικού μοντέλου στην ερώτηση “*Με βάση τα νέα κίνητρα και τις επιδοτήσεις της κυβέρνησης για αγορά ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου θα σκεφτόσασταν να αγοράσετε κάποιο από τα 2;*”, με πιθανές απαντήσεις “*Ναι*” ή “*Όχι*”.

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

$$U_i = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

- $U_i$  : η συνάρτηση χρησιμότητας του γεγονότος  $i$
- $x_1 \dots x_n$  : οι ανεξάρτητες μεταβλητές του προβλήματος
- $a_0$  : ο σταθερός όρος που υπολογίζει την επιρροή των παραγόντων που δεν έχουν συμπεριληφθεί στο μαθηματικό μοντέλο
- $a_1 \dots a_n$  : οι συντελεστές των μεταβλητών

Η σχέση που υπολογίζει την πιθανότητα να πραγματοποιηθεί το γεγονός  $i$  είναι :

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

Επομένως, η πιθανότητα να μην πραγματοποιηθεί το γεγονός  $i$  προκύπτει από το αποτέλεσμα  $1 - P_i$ .

Στην ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας συναντάται και η έννοια του **λόγου πιθανοτήτων** (odds ratio). Αυτό είναι ένα κλάσμα που στον αριθμητή βρίσκεται η πιθανότητα να συμβεί το γεγονός και στον παρονομαστή η πιθανότητα να μην συμβεί. Όπως παραπάνω, αν  $P$  είναι η πιθανότητα να πραγματοποιηθεί ένα γεγονός και  $1-P$  είναι η πιθανότητα να μην πραγματοποιηθεί, τότε ο λόγος πιθανοτήτων προκύπτει ως :  $\frac{P}{1-P}$

Η λογαριθμική μορφή αυτού του λόγου που χρησιμοποιείται πιο συχνά δίνεται από την σχέση:

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

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

### 3.4 Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου

Ένα μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης πρέπει να ικανοποιεί κάποια **κριτήρια** τα οποία αξιολογούν το εκάστοτε μοντέλο. Τα κριτήρια αυτά είναι :

- ✧ Τα πρόσημα και οι τιμές των συντελεστών  $\beta_i$  της εξίσωσης
- ✧ Η στατιστική σημαντικότητα των μεταβλητών
- ✧ Η ποιότητα του μοντέλου
- ✧ Το σφάλμα της εξίσωσης

#### ✧ Ερμηνεία των προσήμων των συντελεστών $\beta_i$

Όταν ο συντελεστής  $\beta_i$  λαμβάνει **θετικό πρόσημο**, τότε η εξαρτημένη μεταβλητή αυξάνεται με κάθε αύξηση της ανεξάρτητης. Αντίθετα, όταν λαμβάνει **αρνητικό πρόσημο** τότε μειώνεται η εξαρτημένη μεταβλητή με κάθε αύξηση της ανεξάρτητης. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στην τιμή του συντελεστή, καθώς η αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά μία μονάδα συνεπάγεται αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής κατά  $\beta_i$  μονάδες.

#### ✧ Στατιστική σημαντικότητα

Ένας σημαντικός έλεγχος ενός μαθηματικού προτύπου είναι ο **έλεγχος t-test** (κριτήριο t κατανομής Student). Ο συντελεστής  $t$  που υπολογίζεται από :

$$t_{stat} = \frac{\beta_i}{s.e}, \quad s.e = \text{το τυπικό σφάλμα}$$

βοηθάει στον προσδιορισμό της στατιστικής σημαντικότητας των ανεξάρτητων μεταβλητών που θα συμπεριληφθούν τελικά στα αποτελέσματα.

Εύκολα συμπεραίνεται ότι με τη μείωση του τυπικού σφάλματος, αυξάνεται ο συντελεστής  $t_{stat}$  αλλά και η **επάρκεια** (efficiency). Μεγάλες τιμές κατά απόλυτη τιμή του  $t_{stat}$  συνεπάγεται μεγαλύτερη επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο αποτέλεσμα. Μέσω του πίνακα που ακολουθεί υπολογίζονται οι κρίσιμες τιμές του συντελεστή  $t$  για διάφορα επίπεδα εμπιστοσύνης και 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
$\infty$	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

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

Για ένα δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης προκύπτει μία τιμή του  $t$ , η οποία πρέπει να είναι μικρότερη από τον αντίστοιχο συντελεστή  $t$  κάποιας μεταβλητής ώστε να συμπεριληφθεί στο μοντέλο και να κριθεί στατιστικά σημαντική. Στα μοντέλα της **λογιστικής παλινδρόμησης** χρησιμοποιείται το **Wald test** αντί για το  $t$ -test της γραμμικής παλινδρόμησης κατά παρόμοιο τρόπο.

✧ Το κριτήριο του  $R^2$

Για να ελεγχθεί η ποιότητα του μοντέλου χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής ο **συντελεστής  $R^2$** . Μέσω αυτού του συντελεστή εκφράζεται το ποσοστό μεταβλητότητας μιας μεταβλητής από μια άλλη και λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Δύο μεταβλητές θεωρείται ότι έχουν ισχυρή σχέση όταν η τιμή του  $R^2$  τείνει προς την μονάδα. Εάν η τιμή του  $R^2$  βρίσκεται μεταξύ του 0,2 και του 0,45 τότε θεωρείται αποδεκτή.

✧ Συντελεστής προσαρμογής  $R^2$  Hosmer-Lemeshow test

Ο συντελεστής  $R^2$  που χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει την ποιότητα του μαθηματικού προτύπου ως κριτήριο καλής προσαρμογή δίνεται από τη σχέση :

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

Όπου:

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

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

Ο συντελεστής  $R^2$  εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής  $Y$  που αποτυπώνεται μέσω της μεταβλητής  $X$ , και λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του  $R^2$  στην μονάδα, τόσο πιο ισχυρή είναι η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών  $Y$  και  $X$ . Ένα εύρος τιμών μεταξύ 0,2 και 0,45 θεωρούνται γενικά αποδεκτές. Ο στατιστικός **έλεγχος Hosmer-Lemeshow test** θεωρείται πιο αξιόπιστος από τον συντελεστή  $R^2$  λόγω της πιθανής μη γραμμικότητας των αναλύσεων και για τον λόγο αυτό εφαρμόζεται αρκετά στην αξιολόγηση των μοντέλων της **λογιστικής παλινδρόμησης**. Για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% όπως έχει τεθεί στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, η τιμή η οποία ο έλεγχος πρέπει να ξεπεράσει έχει οριστεί στο 0,05.

#### ✧ Συσχέτιση παραμέτρων

Μία επιπλέον προϋπόθεση στο μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης είναι να μην υπάρχει **συσχέτιση** (correlation) μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Για να μην σχετίζονται δύο μεταβλητές θα πρέπει να έχουν *correlation* μικρότερο από 0,5 ή 50%, φανερώνοντας με αυτόν τον τρόπο την επιρροή τους στο μοντέλο.

#### ✧ Μέγιστη πιθανοφάνεια

Η **μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας** (Likelihood Ratio Test - LRT) είναι ένα κριτήριο για την εκτίμηση της στατιστικής εμπιστοσύνης των μεταβλητών ενός μαθηματικού μοντέλου. Ο στόχος είναι τα αποτελέσματα να επιτύχουν υψηλή πιθανοφάνεια, γεγονός που μπορεί να συμβεί μόνο όταν ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας  $L$  είναι όσο το δυνατόν μικρότερος. Υπάρχει ένα κριτήριο το οποίο καλείται **κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας (LRT)**, που χρησιμοποιείται σε μοντέλα με πολλές μεταβλητές και ελέγχει αν η

μείωση του λογαρίθμου πιθανοφάνειας συνισταθμίζεται από την αύξηση της πολυπλοκότητας του μοντέλου. Το παραπάνω κριτήριο δίνεται από τη σχέση:

$$LRT = -2 * (L_{(b)} - L_{(0)}) > x_{b,0.05}^2$$

Όπου:

- $L_{(0)}$ , ο λογάριθμος πιθανοφάνειας χωρίς τις μεταβλητές
- $L_{(b)}$ , ο λογάριθμος πιθανοφάνειας του μοντέλου με τις μεταβλητές
- Η τιμή του κριτηρίου  $\chi^2$  για b βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Σε περίπτωση που ισχύει η φορά της παραπάνω ανισότητας, τότε το μοντέλο με τις μεταβλητές είναι **στατιστικά προτιμότερο** από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές.

### 3.5 Μέθοδοι δεδηλωμένης και αποκαλυπτόμενης προτίμησης

Υπάρχουν δύο τρόποι που βοηθούν στην καταγραφή της συμπεριφοράς και των χαρακτηριστικών ενός δείγματος του πλυθησμού που έχουν επιλεγεί να λάβουν μέρος σε μια έρευνα.

Η πρώτη τεχνική αποτύπωσης των απόψεων του κοινού είναι η **μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης**. Μέσω αυτής **καταγράφονται οι προτιμήσεις** ενός δείγματος του πλυθησμού σχετικά με κάποιο θέμα που απασχολεί τον ερευνητή. Για να αναλυθούν οι προτιμήσεις του δείγματος γίνεται χρήση κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων. Η μέθοδος ταιριάζει καλύτερα σε **καταστάσεις** που δεν απαντώνται στο παρόν διάστημα αλλά πιθανόν να **εμφανιστούν μελλοντικά**.

Η πιο συχνή μέθοδος συλλογής των στοιχείων λόγω της απλότητάς της είναι αυτή του **ερωτηματολογίου**. Το ερωτηματολόγιο μπορεί να έχει διάφορες μορφές (ηλεκτρονική, έντυπη), μεγάλο εύρος ερωτήσεων και κατάλληλη διατύπωση ανάλογα με τους στόχους που έχουν τεθεί από τον ερευνητή.

Η δεύτερη τεχνική συλλογής στοιχείων για ένα ζήτημα που έχει τεθεί προς εξέταση ονομάζεται **μέθοδος της αποκαλυπτόμενης προτίμησης**. Η διαφορά της μεθόδου αυτής είναι πως καταγράφει τις συμπεριφορές του κοινού απέναντι σε εναλλακτικές επιλογές που **εφαρμόζονται ήδη** και για αυτό τον λόγο προτιμάται σε περιπτώσεις που στόχος είναι η εξαγωγή μοντέλων σχετικά με τη ζήτηση.

Από την άλλη πλευρά **μειονεκτεί** σε ορισμένα σημεία (Kroes & Sheldon, 1988):



- Παρουσιάζει δυσκολία στην εξέταση όλων των μεταβλητών που εισάγονται στην έρευνα λόγω μικρής ευελιξίας στα δεδομένα
- Μπορεί να υπάρξει μεγάλος συσχετισμός μεταξύ κύριων μεταβλητών αδρανοποιώντας τη συνέχιση της ανάλυσης
- Δεν έχει εφαρμογή σε καταστάσεις που δεν βρίσκονται στο προσκήνιο στο παρόν διάστημα

Αντίθετα, η **μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης** χρησιμοποιείται πιο συχνά διότι:

- Ο **ερευνητής θέτει τη βάση** και τα **στοιχεία** που θα αντιμετωπίσει το κοινό, άρα είναι περισσότερο ελεγχόμενη
- Δίνει τη δυνατότητα να τοποθετηθεί ένα μεγάλο εύρος μεταβλητών στην έρευνα
- Έχει μικρότερο κόστος, αφού μέσω κατάλληλης οργάνωσης του περιεχομένου ο ερευνητής μπορεί να αποκτήσει ταυτόχρονα καλύτερη εικόνα του προφίλ των ερωτηθέντων από τις πολλαπλές απαντήσεις τους

Όμως, χρειάζεται προσοχή στις έρευνες που εφαρμόζεται **μόνο** αυτή η μέθοδος διότι είναι πιθανό οι απαντήσεις των ερωτηθέντων να **μην** ταυτίζονται με τις πραγματικές τους συνήθειες.

Τελικά, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί η **μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης**.

### 3.6 Θεωρία στοχαστικής χρησιμότητας – Συνάρτηση χρησιμότητας

Όταν σε μία έρευνα εφαρμόζεται η τεχνική της δεδηλωμένης προτίμησης, τα πρότυπα των διακριτών επιλογών είναι **εξατομικευμένα** (disaggregate models) καθώς αναλύονται οι εναλλακτικές επιλογές και τα χαρακτηριστικά μεμονωμένων ατόμων και όχι του πλυθησμού. Ως **σύνολο επιλογών** (choice set) ορίζεται το σύνολο που περιλαμβάνονται όλες οι διακριτές επιλογές και διαχωρίζεται σε **καθολικό** (universal choice set) και **μειωμένο** (reduced choice set). Το καθολικό σύνολο επιλογών περιέχει όλες τις δυνατές εναλλακτικές, ενώ το μειωμένο περιλαμβάνει μόνο τις εναλλακτικές που είναι διαθέσιμες για κάθε άτομο.

Η **συνάρτηση χρησιμότητας** είναι ένα μαθηματικό μοντέλο που περιγράφει την ικανοποίηση κάθε ατόμου με βάση τα χαρακτηριστικά της κάθε εναλλακτικής επιλογής. Η συνάρτηση χρησιμότητας του ατόμου  $n$  για κάθε εναλλακτική επιλογή  $i$  του συνόλου  $C_n$ , δίνεται από τη σχέση :

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

Όπου:

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

Για να υπολογιστεί η πιθανότητα επιλογής της κάθε εναλλακτικής υπάρχει η σχέση :

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

Μία προϋπόθεση της θεωρίας της στοχαστικής χρησιμότητας είναι ότι τα σφάλματα  $\varepsilon_{in}$  του συνόλου των επιλογών είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και ακολουθούν μία κοινή κατανομή. Συνήθως τα σφάλματα ακολουθούν την **κανονική κατανομή** ή την **κατανομή Gumbel**, οπότε προκύπτουν τα **πιθανοτικά** (probit) πρότυπα διακριτών επιλογών και τα **λογιστικά** (logit) πρότυπα αντίστοιχα.

## Κεφάλαιο 4: Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

---

### 4.1 Εισαγωγή

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία έχει στόχο **να εντοπίσει τις προτιμήσεις των Ελλήνων απέναντι στα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα**. Παράλληλα, θα γίνει προσπάθεια να αναλυθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή διαφόρων τύπων οχημάτων μέσω ενός στατιστικού προγράμματος ανάλυσης.

Για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων εφαρμόστηκε **η μέθοδος της δεδλωμένης προτίμησης** σε ένα δείγμα ατόμων του πληθυσμού, στο οποίο μοιράστηκε προσεχτικά σχεδιασμένο **ερωτηματολόγιο**. Μέσω του στατιστικού προγράμματος ανάλυσης διατηρήθηκαν μόνο τα δεδομένα που βρέθηκαν να είναι στατιστικά σημαντικά.

### 4.2 Συλλογή στοιχείων

#### 4.2.1 Το ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε είναι χωρισμένο σε **4 ενότητες** και αποτελείται από **34 ερωτήσεις**, όπως παρουσιάζεται αναλυτικά στο **Παράρτημα Α**. Συνολικά συμπληρώθηκαν **313 ερωτηματολόγια** σε διαδικτυακή μορφή με μέσο όρο συμπλήρωσης τα 5 λεπτά, χρόνος αποδεκτός για τέτοιου είδους έρευνες. Από το σύνολο των ερωτηματολογίων τα **243** χρησιμοποιήθηκαν στην περαιτέρω ανάλυση, διότι αυτά κάλυπταν τις απαιτήσεις που είχαν τεθεί από τον ερευνητή, που κατα κύριο λόγο ήταν η αγορά αυτοκινήτου μέσα σε αυτή τη δεκαετία.

#### 4.2.2 Τα μέρη του ερωτηματολογίου

Στην **πρώτη ενότητα** του ερωτηματολογίου εκείνοι που επιλέχθηκαν να λάβουν μέρος στην έρευνα εισάγονται σταδιακά στο ευρύτερο πλαίσιο της ηλεκτροκίνησης μέσα από ερωτήσεις που θα είναι αρκετά χρήσιμες στη συνέχεια της μαθηματικής ανάλυσης. Σε αυτήν την ενότητα **σκιαγραφείται το προφίλ** του κοινού όσον αφορά στα χαρακτηριστικά κινητικότητας, την οδηγική εμπειρία και την οικειότητά τους με τις νέες τεχνολογίες γύρω από την ηλεκτροκίνηση.

Η **δεύτερη ενότητα** επικεντρώνεται περισσότερο στις προσωπικές απόψεις των ερωτηθέντων σχετικά με τα ηλεκτρικά οχήματα. Ζητούνται σύμφωνα με τις γνώσεις τους να εντοπίσουν τα κυριότερα **πλεονεκτήματα** και **μειονεκτήματα** που ακολουθούν την αγορά ενός ηλεκτρικού οχήματος.

Η  **τρίτη ενότητα** διαθέτει **2** ερωτήσεις και σε αυτές είναι συγκεντρωμένο το σημαντικότερο μέρος του ερωτηματολογίου από το οποίο θα εξαχθούν τα τελικά συμπεράσματα της έρευνας.

Στην **1<sup>η</sup> ερώτηση**, ο ερωτώμενος θα πρέπει να επιλέξει αν θα αγοράζε καινούριο ηλεκτρικό ή υβριδικό όχημα βασιζόμενος στις νέες επιδοτήσεις που έχει θέσει η κυβέρνηση. Η απόφασή του θα εξαρτηθεί από προσωπικές γνώσεις και τάσεις που έχει ο ίδιος για το θέμα, αλλά και από την γενικότερη εικόνα που έχει δημιουργήσει από τις προηγούμενες ενότητες.

Η **2<sup>η</sup> ερώτηση**, περιλαμβάνει **10 διαφορετικά σενάρια** επιλογής ενός τύπου οχήματος. Μεταξύ **3 παραμέτρων** για κάθε σενάριο (κόστος αγοράς, κόστος καυσίμου, ευκολία ανεφοδιασμού) ζητείται να επιλεγεί ο τύπος οχήματος που προτιμά ο καθένας από τους ερωτηθέντες. Οι διαθέσιμοι τύποι οχημάτων είναι: Συμβατικό, Υβριδικό και Ηλεκτρικό όχημα.

Στην **τέταρτη ενότητα** οι ερωτήσεις σχετίζονται με τα **δημογραφικά χαρακτηριστικά** του κοινού. Τα στοιχεία που ζητούνται είναι: το φύλο, η ηλικία, η οικογενειακή κατάσταση, το μορφωτικό επίπεδο, το επάγγελμα, το ετήσιο οικογενειακό εισόδημα και η πόλη διαμονής. Αυτά τα στοιχεία βοηθούν στον έλεγχο της αντιπροσωπευτικότητας του δείγματος και στη χρήση τους στο μαθηματικό μοντέλο που θα αναπτυχθεί στη συνέχεια. Βοηθούν επιπλέον στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες ερωτήσεις.

#### 4.2.3 Τα σενάρια

Τα **σενάρια** που χρησιμοποιήθηκαν στην τρίτη ενότητα του ερωτηματολογίου όπως προαναφέρθηκε βασίστηκαν σε 3 παραμέτρους που αφορούσαν το **κόστος αγοράς**, το **κόστος καυσίμου για 500km** και την **ευκολία ανεφοδιασμού** των τριών διαθέσιμων τύπων αυτοκινήτων. Τα κόστη αγοράς και χρήσης των οχημάτων έχουν υπολογιστεί για οχήματα τελευταίας γενιάς που ανήκουν στη μικρομεσαία κατηγορία (κατηγορία C), η οποία είναι και η δημοφιλέστερη στην Ελληνική αγορά.

Η αλληλουχία των σεναρίων και ο **προσεκτικός σχεδιασμός** των πινάκων με τα δεδομένα των παραμέτρων, έχουν επιλεγεί κατάλληλα και στοχεύουν στον **προβληματισμό** των ερωτηθέντων που θα λάβουν μέρος στην έρευνα. Ενδιαφέρει ιδιαίτερα η προσεχτική αξιολόγηση των δεδομένων κάθε σεναρίου από τους ερωτηθέντες, αποφεύγοντας μία πιθανή ταχεία και απρόσεχτη

συμπλήρωση. Για τον λόγο αυτό κανένα σενάριο δεν είχε προφανή απάντηση και σαν αποτέλεσμα παρατηρήθηκε σε κάθε ερωτηματολόγιο ποικιλία απαντήσεων.

Στην εικόνα 4.1 φαίνεται μία ενδεικτική παρουσίαση των σεναρίων, η οποία αποδείχθηκε ότι ήταν αρκετά κατανοητή από το κοινό. Το σύνολο των σεναρίων και ολόκληρο το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε παρατίθεται στο **Παράρτημα Α** στο τέλος αυτού του τεύχους.

	Συμβατικό	Υβριδικό	Ηλεκτρικό
Κόστος αγοράς €	15.000	20.000	20.000
Κόστος καυσίμου € για 500 km	55	35	15
Ευκολία ανεφοδιασμού	εύκολη	μέτρια	δύσκολη

Ποιο αυτοκίνητο θα επιλέγατε στο Σενάριο 1;

Συμβατικό

Υβριδικό

Ηλεκτρικό

**Εικόνα 4.1:** Το σενάριο 1 που χρησιμοποιήθηκε στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου

#### 4.2.4 Συλλογή ερωτηματολογίων

Η επιστήμη της στατιστικής είναι ένα αρκετά χρήσιμο εργαλείο το οποίο βρήκε εφαρμογή και στην παρούσα Διπλωματική Εργασία. Επικεντρώνεται στην εξέταση ενός μικρού και προσεκτικά επιλεγμένου μέρους του συνόλου που ονομάζεται **δείγμα**, με σκοπό τα συμπεράσματα που θα προκύψουν να είναι αρκετά αξιόπιστα και ακριβή για να αντιπροσωπεύσουν ολόκληρο το σύνολο. Με αυτό σαν δεδομένο, κύρια ασχολία του ερευνητή είναι να επιλέξει το δείγμα που θα λάβει μέρος στην έρευνα κατάλληλα και σύμφωνα με τους στόχους της έρευνας. Έτσι, τα αποτελέσματα που θα προκύψουν θα πλησιάζουν περισσότερο την πραγματικότητα και θα μπορούν να περιγράψουν καλύτερα την συμπεριφορά του πληθυσμού.

Η καταλληλότητα λοιπόν, ενός δείγματος πρέπει να πληροί κάποιες προϋποθέσεις που σύμφωνα με τον **P.Kotler** είναι:

- ✓ Το δείγμα θα πρέπει να επιλέγεται κάθε φορά από τον κατάλληλο **πληθυσμό**. Για παράδειγμα στη συγκεκριμένη έρευνα όπου αναζητούνται τα κριτήρια που επηρεάζουν την αγορά ενός τύπου οχήματος, το δείγμα θα πρέπει να επιλεγεί από ένα πλυθησμό που έχει σκοπό στο άμεσο μέλλον να αγοράσει κάποιο αυτοκίνητο. Προκύπτει έτσι, ότι η επιλογή του πληθυσμού καθίσταται λιγότερο ευέλικτη από μία έρευνα ή οποία δεν περιορίζεται μόνο στους υποψήφιους αγοραστές οδηγούς.
- ✓ Όσο πιο μεγάλο είναι το **μέγεθος** ενός δείγματος, τόσο πιο αξιόπιστα και αντιπροσωπευτικά του πληθυσμού θα είναι τα αποτελέσματα της έρευνας. Στη συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία το μέγεθος του δείγματος κρίθηκε ικανοποιητικό καθώς συγκεντρώθηκαν **243 ερωτηματολόγια**.
- ✓ Το δείγμα θα πρέπει να έχει χαρακτηριστικά που να **ταυτίζονται** με εκείνα του πληθυσμού από τον οποίο έχει προκύψει, αφού με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η **αντιπροσωπευτικότητά** του. Ο πληθυσμός στην παρούσα έρευνα αφορούσε τους οδηγούς της Ελλάδας, άρα το δείγμα θα πρέπει να περιλαμβάνει άτομα με ποικιλία κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών. Έτσι, στο δημογραφικό κομμάτι του ερωτηματολογίου δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε το δείγμα να αποτελείται από άτομα που ανήκουν σε όσο το δυνατόν διαφορετικές κατηγορίες μεταξύ τους.

Στην εικόνα 4.2 φαίνεται ένα απόσπασμα του διαδικτυακού ερωτηματολογίου που δημιουργήθηκε με τη βοήθεια της εφαρμογής **Google Forms**.

B2. Ποια πιστεύετε ότι είναι τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε σχέση με τα συμβατικά αυτοκίνητα; (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες από 1 επιλογές)

- Φιλικά προς το περιβάλλον
- Απουσία θορύβου
- Κόστος συντήρησης
- Χαμηλή κατανάλωση καυσίμου
- Πρόσβαση στο Δακτύλιο
- Μηδενικά Τέλη Κυκλοφορίας
- Φόρτιση στο σπίτι
- Επιδόσεις
- Άλλο...

*Εικόνα 4.2: Ερώτηση πολλαπλής επιλογής σε περιβάλλον Google forms*

### 4.3 Επεξεργασία στοιχείων

#### 4.3.1 Κωδικοποίηση δεδομένων

Με απώτερο σκοπό την στατιστική ανάλυση με πολυωνυμική και διωνυμική παλινδρόμηση μέσω του προγράμματος **R-Studio**, έπρεπε να προηγηθεί η **κωδικοποίηση** των δεδομένων, για να εισαχθούν στο πρόγραμμα. Για αυτό το λόγο δημιουργήθηκε ένας **πίνακας Excel** (Master Table), ο οποίος περιλάμβανε σε μία γραμμή όλες τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου σε συμπυγμένη μορφή, καθώς και την κωδικοποίηση όλων των απαντήσεων σε μορφή αριθμών.

Η **πρώτη στήλη** του πίνακα είναι η **“Nr”** η οποία περιλαμβάνει τον αύξοντα αριθμό του κάθε ερωτηθέντα. Για την καλύτερη ανάγνωση μέσω του excel, σε κάθε ερωτηθέντα αντιστοιχούσαν 10 σειρές που αντιπροσωπεύουν τα 10 σενάρια που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα. Αυτές οι 10 σειρές για κάθε ερωτηθέντα έχουν τα ίδια στοιχεία ανά στήλη με εξαίρεση τις στήλες που αφορούσαν τις απαντήσεις των σεναρίων. Έτσι, για τα 243 άτομα που συμπλήρωσαν ολόκληρο το ερωτηματολόγιο προκύπτει ότι η στήλη **“Nr”** θα έχει **2.430 στοιχεία**.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	Nr	ID	Choice	Price1	Price2	Price3	Fuels1	Fuels2	Fuels3	Comfort1	Comfort2	Comfort3	FUTURE_CARBUY	FUEL_TYPE	EXP	IX	YOURCAR_FUEL	DR_TIME	NR_MOVE	TYPE_IX	TYPE_TAXI	TYPE_MOTO	TYPE_ME
2	1	1	3	15.000	20.000	20.000	55	35	15	1	2	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0	0	1
3	1	2	2	25.000	25.000	30.000	55	40	15	1	2	2	2	5	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	1	3	2	15.000	20.000	25.000	60	40	10	1	2	1	2	5	1	1	1	1	1	1	0	0	1
5	1	4	3	20.000	20.000	20.000	55	40	15	1	2	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0	0	1
6	1	5	1	15.000	25.000	30.000	60	35	10	2	2	1	2	5	1	1	1	1	1	1	0	0	1
7	1	6	3	20.000	25.000	25.000	55	35	15	1	1	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0	0	1
8	1	7	3	20.000	25.000	20.000	60	35	15	1	1	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0	0	1
9	1	8	2	25.000	20.000	30.000	55	40	10	1	2	1	2	5	1	1	1	1	1	1	0	0	1
10	1	9	3	25.000	30.000	25.000	55	35	15	1	1	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0	0	1
11	1	10	1	20.000	30.000	35.000	60	35	10	2	1	1	2	5	1	1	1	1	1	1	0	0	1
12	2	1	3	15.000	20.000	20.000	55	35	15	1	2	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0	0	0
13	2	2	2	25.000	25.000	30.000	55	40	15	1	2	2	2	6	2	3	1	1	4	1	0	0	0
14	2	3	3	15.000	20.000	25.000	60	40	10	1	2	1	2	6	2	3	1	1	4	1	0	0	0
15	2	4	3	20.000	20.000	20.000	55	40	15	1	2	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0	0	0
16	2	5	2	15.000	25.000	30.000	60	35	10	2	2	1	2	6	2	3	1	1	4	1	0	0	0
17	2	6	3	20.000	25.000	25.000	55	35	15	1	1	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0	0	0
18	2	7	3	20.000	25.000	20.000	60	35	15	1	1	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0	0	0
19	2	8	3	25.000	20.000	30.000	55	40	10	1	2	1	2	6	2	3	1	1	4	1	0	0	0
20	2	9	3	25.000	30.000	25.000	55	35	15	1	1	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0	0	0
21	2	10	3	20.000	30.000	35.000	60	35	10	2	1	1	2	6	2	3	1	1	4	1	0	0	0
22	3	1	2	15.000	20.000	20.000	55	35	15	1	2	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	0
23	3	2	2	25.000	25.000	30.000	55	40	15	1	2	2	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	0
24	3	3	3	15.000	20.000	25.000	60	40	10	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	0
25	3	4	2	20.000	20.000	20.000	55	40	15	1	2	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	0
26	3	5	2	15.000	25.000	30.000	60	35	10	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	0
27	3	6	2	20.000	25.000	25.000	55	35	15	1	1	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	0
28	3	7	2	20.000	25.000	20.000	60	35	15	1	1	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	0
29	3	8	2	25.000	20.000	30.000	55	40	10	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	0
30	3	9	3	25.000	30.000	25.000	55	35	15	1	1	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	0
31	3	10	2	20.000	30.000	35.000	60	35	10	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	0
32	4	1	2	15.000	20.000	20.000	55	35	15	1	2	3	2	1	2	1	1	1	4	1	0	0	0

Εικόνα 4.2: Μέρος του πίνακα Excel που χρησιμοποιήθηκε στο πρόγραμμα R-Studio

Η πρώτη γραμμή περιέχει διαδοχικά τις παρακάτω στήλες:

- **Nr:** ο αύξων αριθμός των ερωτηθέντων
- **ID:** ο αριθμός του κάθε σεναρίου της τρίτης ενότητας του ερωτηματολογίου
- **Choice:** η επιλογή μεταξύ των 3 εναλλακτικών σε κάθε σενάριο, όπου → Συμβατικό όχημα=1, Υβριδικό όχημα=2, Ηλεκτρικό όχημα=3
- **Price1, Price2, Price3:** οι τιμές της μεταβλητής του κόστους αγοράς, όπου τα νούμερα αντιστοιχούν στους τρεις τύπους οχημάτων
- **Fuels1, Fuels2, Fuels3:** οι τιμές της μεταβλητής του κόστους καυσίμου για 500km διαδρομής για τους τρεις τύπους οχημάτων
- **Comfort1, Comfort2, Comfort3:** οι τιμές της μεταβλητής της ευκολίας ανεφοδιασμού για τους τρεις τύπους οχημάτων
- **FUTURE\_CARBUY, FUEL\_TYPE, EXP, ...:** η κωδικοποίηση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου

Σχετικά με την κωδικοποίηση των απαντήσεων έχουν ακολουθηθεί οι επόμενοι κανόνες:

- Στις ερωτήσεις όπου οι πιθανές απαντήσεις ήταν Ναι ή Όχι, στο Excel εμφανίζονται ως 1=Ναι και 0=Όχι.
- Στις ερωτήσεις όπου οι πιθανές απαντήσεις ήταν πάνω από δύο, τότε η πρώτη απάντηση αντιστοιχεί στον αριθμό 1, η δεύτερη στον αριθμό 2, κ.ο.κ.



- Στις ερωτήσεις όπου οι ερωτηθέντες μπορούσαν να επιλέξουν περισσότερες από μία απαντήσεις, τότε οι επιλογές τους απεικονίζονται με τον αριθμό 1 ενώ εκείνες που δεν επέλεξαν απεικονίζονται από τον αριθμό 0.

#### 4.4 Συγκεντρωτικά στοιχεία

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα **σημαντικότερα στατιστικά στοιχεία** που προέκυψαν από την έρευνα μέσω του ερωτηματολογίου. Απεικονίζονται σε μορφή πινάκων και διαγραμμάτων για καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς του δείγματος ως προς την αποδοχή της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα.

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνονται τα **δημογραφικά χαρακτηριστικά** του δείγματος:



**Διάγραμμα 4.1:** Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος σε σχέση με το φύλο



*Διάγραμμα 4.2: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος σε σχέση με την ηλικία*



*Διάγραμμα 4.3: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος ανά οικογενειακό εισόδημα*



**Διάγραμμα 4.4:** Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος σε σχέση με το επάγγελμα

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτουν κάποια συμπεράσματα για τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος. Οι ερωτηθέντες ήταν **στην πλειοψηφία τους νέοι έως 35 ετών**, με το οικογενειακό τους εισόδημα να κυμαίνεται σε μέτρια επίπεδα **έως 30.000€**. Φαίνεται να ασχολούνται με επαγγέλματα του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα ή να είναι φοιτητές.

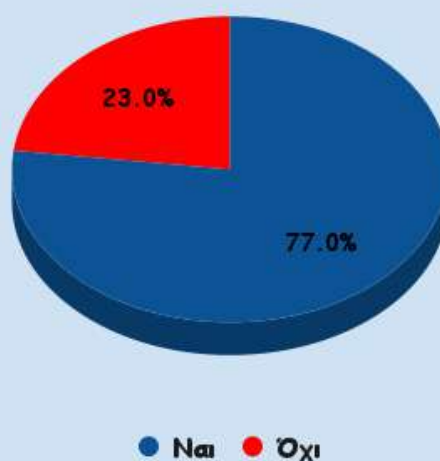
Ακολουθούν μερικά επιπλέον σημαντικά στατιστικά στοιχεία που προέκυψαν από τη συλλογή των ερωτηματολογίων.

Σκέφτεστε να αγοράσετε καινούριο αυτοκίνητο:



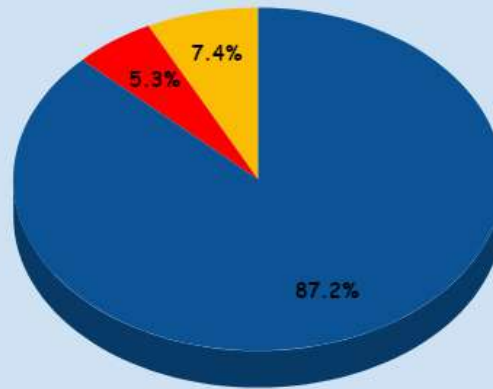
*Διάγραμμα 4.5: Πρόθεση αγοράς καινούριου αυτοκινήτου στο άμεσο μέλλον*

B4. Θεωρείτε ότι έχει έρθει ο καιρός για την εξάπλωση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων;



*Διάγραμμα 4.6: Αποτύπωση απόψεων σχετικά με την εξάπλωση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων*

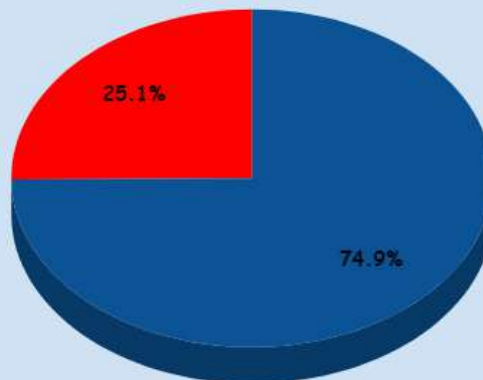
A9. Έχετε οδηγήσει ποτέ Ηλεκτρικό/Υβριδικό αυτοκίνητο;



● Δεν έχω οδηγήσει τίποτα από τα δύο ● Έχω οδηγήσει Ηλεκτρικό  
● Έχω οδηγήσει Υβριδικό

**Διάγραμμα 4.7:** Ποσοστιαία κατανομή της χρήσης ηλεκτρικού/υβριδικού αυτοκινήτου

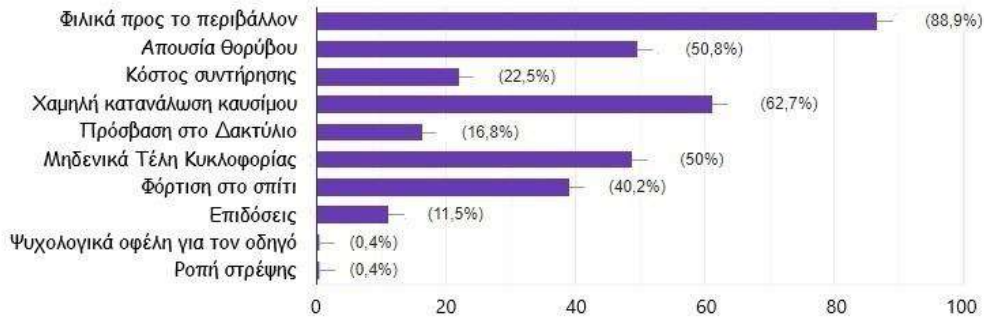
Γ1. Με βάση τα νέα κίνητρα και τις επιδοτήσεις της κυβέρνησης για αγορά Ηλεκτρικού ή Υβριδικού αυτοκινήτου θα σκεφτόσασταν να αγοράσετε κάποιο από τα 2;



● Ναι ● Όχι

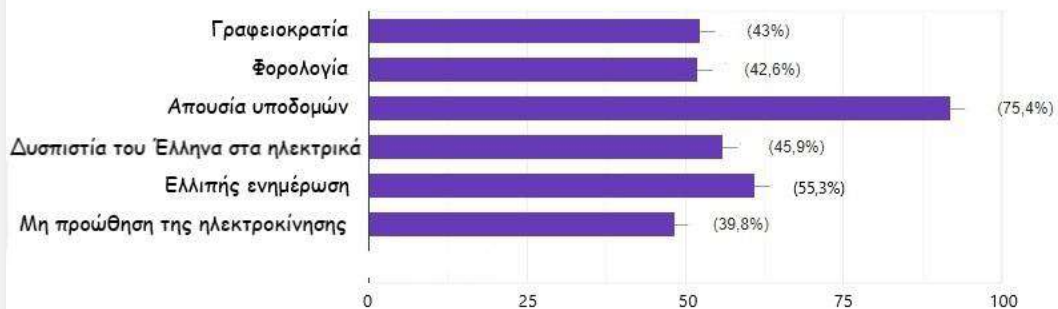
**Διάγραμμα 4.8:** Ποσοστιαία κατανομή της τάσης του δείγματος για αγορά ηλεκτρικού αυτοκινήτου στο παρόν διάστημα

**B2. Ποια πιστεύετε ότι είναι τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε σχέση με τα συμβατικά αυτοκίνητα; (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες από 1 επιλογές)**



**Διάγραμμα 4.9:** Ποσοστιαία κατανομή των πλεονεκτημάτων των ηλεκτρικών αυτοκινήτων

**B5. Ποιοι λόγοι μπορεί να εμποδίσουν την εξάπλωση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες από 1 επιλογές):**



**Διάγραμμα 4.10:** Ποσοστιαία κατανομή αιτιών καθυστέρησης εξάπλωσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων

## Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή μεθοδολογιών και αποτελέσματα

---

### 5.1 Εισαγωγή

Στο πέμπτο κεφάλαιο θα αναλυθεί η **μεθοδολογία** που ακολουθήθηκε, καθώς και η παρουσίαση των **αποτελεσμάτων** της Διπλωματικής Εργασίας.

Μετά τη συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων σε πρόγραμμα excel, ακολούθησε η **στατιστική τους επεξεργασία**, η οποία έγινε με τη μέθοδο της λογιστικής παλινδρόμησης. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο χρησιμοποιήθηκε το πολυωνυμικό λογιστικό πρότυπο για να περιγράψει τα σενάρια του ερωτηματολογίου, ενώ το διωνυμικό λογιστικό πρότυπο εφαρμόστηκε για την ερώτηση Γ1 του ερωτηματολογίου. Η ερώτηση Γ1 σχετίζεται με την πρόθεση του δείγματος για αγορά ηλεκτρικού ή υβριδικού οχήματος βασιζόμενοι στις νέες επιδοτήσεις της κυβέρνησης.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης των κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων τα οποία προέκυψαν μετά από **πλήθος δοκιμών**, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στους **στατιστικούς ελέγχους**. Μέσω των ελέγχων θα κριθεί η αποδοχή ή η απόρριψη του κάθε μοντέλου. Τέλος, παρατίθενται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των μεθοδολογιών, τα οποία σχολιάζονται και ερμηνεύονται με βάση τους στόχους και το ευρύτερο πλαίσιο της έρευνας.

### 5.2 Στατιστικό πρότυπο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

Με αυτό το μοντέλο θα πραγματοποιηθεί η στατιστική ανάλυση των **σεναρίων** του ερωτηματολογίου με τη βοήθεια του προγράμματος R-Studio.

#### 5.2.1 Εισαγωγή δεδομένων στο R-Studio

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

Αρχικά, γίνεται εγκατάσταση της εντολής **mlogit** από τη βιβλιοθήκη του προγράμματός, η οποία θα εκτελέσει την πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση των στοιχείων που της δίνονται. Κατόπιν, εισάγεται το αρχείο με τα κωδικοποιημένα δεδομένα του ερωτηματολογίου μέσω της εντολής **“read\_excel”**.

```

library(mlogit)

library(readxl)
MASTER_TABLE4_r <- read_excel("C:/Users/MPOMPTRAS/Downloads/MASTER_TABLE4-R.xlsx")
RDATA=MASTER_TABLE4_r
RDATA$Choiceid <- 1:nrow(RDATA)
View(RDATA)
str(RDATA)

```

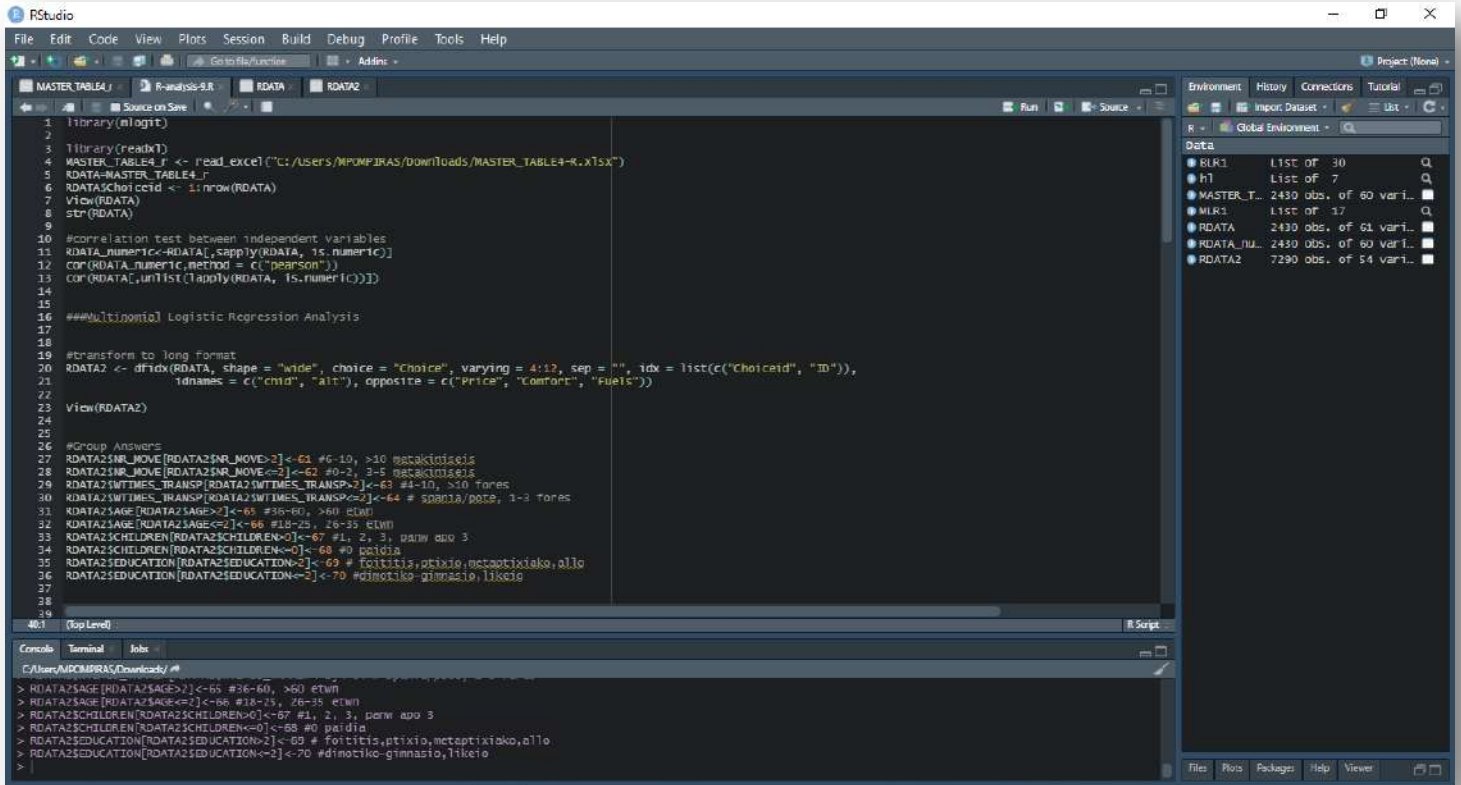
**Εικόνα 5.1:** Εισαγωγή των κωδικοποιημένων δεδομένων του Excel στο R-Studio

Nr	ID	Choice	Price1	Price2	Price3	Fuels1	Fuels2	Fuels3	Comfort1	Comfort2	Comfort3	FUTURE_CARBUY	FUEL_TYPE	EXP	IX	YOURCAR_FUEL	DR_TIME	NR_MOVE	TYPE_IX	TYPE_TAXI	TYPE_MOTO
1	1	1	3	15000	20000	20000	55	35	15	1	2	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0
2	1	2	2	25000	25000	30000	55	40	15	1	2	2	2	5	1	1	1	1	1	1	0
3	1	3	2	15000	20000	25000	60	40	10	1	2	1	2	5	1	1	1	1	1	1	0
4	1	4	3	20000	20000	20000	55	40	15	1	2	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0
5	1	5	1	15000	25000	30000	60	35	10	2	2	1	2	5	1	1	1	1	1	1	0
6	1	6	3	20000	25000	25000	55	35	15	1	1	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0
7	1	7	3	20000	25000	20000	60	35	15	1	1	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0
8	1	8	2	25000	20000	30000	55	40	10	1	2	1	2	5	1	1	1	1	1	1	0
9	1	9	3	25000	30000	25000	55	35	15	1	1	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0
10	1	10	1	20000	30000	35000	60	35	10	2	1	1	2	5	1	1	1	1	1	1	0
11	2	1	3	15000	20000	20000	55	35	15	1	2	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0
12	2	2	2	25000	25000	30000	55	40	15	1	2	2	2	6	2	3	1	1	4	1	0
13	2	3	3	15000	20000	25000	60	40	10	1	2	1	2	6	2	3	1	1	4	1	0
14	2	4	3	20000	20000	20000	55	40	15	1	2	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0
15	2	5	2	15000	25000	30000	60	35	10	2	2	1	2	6	2	3	1	1	4	1	0
16	2	6	3	20000	25000	25000	55	35	15	1	1	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0
17	2	7	3	20000	25000	20000	60	35	15	1	1	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0
18	2	8	3	25000	20000	30000	55	40	10	1	2	1	2	6	2	3	1	1	4	1	0
19	2	9	3	25000	30000	25000	55	35	15	1	1	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0
20	2	10	3	20000	30000	35000	60	35	10	2	1	1	2	6	2	3	1	1	4	1	0
21	3	1	2	15000	20000	20000	55	35	15	1	2	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0
22	3	2	2	25000	25000	30000	55	40	15	1	2	2	1	1	1	1	2	1	2	1	0
23	3	3	3	15000	20000	25000	60	40	10	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0
24	3	4	2	20000	20000	20000	55	40	15	1	2	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0
25	3	5	2	15000	25000	30000	60	35	10	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0
26	3	6	2	20000	25000	25000	55	35	15	1	1	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0
27	3	7	2	20000	25000	20000	60	35	15	1	1	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0
28	3	8	2	25000	20000	30000	55	40	10	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0
29	3	9	3	25000	30000	25000	55	35	15	1	1	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0
30	3	10	2	20000	30000	35000	60	35	10	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0

**Εικόνα 5.2:** Μέρος του αρχείου RDATA στο R-Studio

Ο πίνακας RDATA της εικόνας 5.2 είναι ίδιος με τον πίνακα της εικόνας 4.2 του Excel, αφού περιέχουν τις ίδιες μεταβλητές και τις ίδιες τιμές εισηγμένες στο περιβάλλον του R-Studio.





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

### 5.2.2 Ο Κώδικας

Ένα μέρος του **κώδικα** που χρησιμοποιήθηκε κατά την εφαρμογή του μοντέλου της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης φαίνεται στο κεντρικό τμήμα της Εικόνας 5.3, ενώ ακριβώς στο κάτω μέρος το παράθυρο Console απεικονίζει ένα μέρος των αποτελεσμάτων της ανάλυσης. Ολόκληρη η μορφή του κώδικα παρατίθενται στο **Παράρτημα Β**. Η πορεία των βημάτων που οδήγησαν στο τελικό μοντέλο περιγράφεται στη συνέχεια.

Σε πρώτο στάδιο, έγινε εισαγωγή της εντολής `library(mlogit)`, για να γίνει **επίκληση του πακέτου mlogit**, το οποίο σχετίζεται με την εκτίμηση των πολυωνυμικών λογιστικών μοντέλων. Ακριβώς από κάτω γίνεται χρήση της εντολής `library(readxl)`, η οποία μεταφορτώνει τον συγκεντρωτικό πίνακα `excel` που αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, στο πρόγραμμα R-Studio.

Στη συνέχεια, φαίνονται οι εντολές `cor(RDATA_numeric,method = c("pearson"))` και `cor(RDATA[,unlist(lapply(RDATA, is.numeric))])`, των οποίων τα αποτελέσματα θα χρησιμοποιηθούν σε μεταγενέστερο χρόνο με σκοπό να ελεγχθεί ο συσχετισμός των μεταβλητών μεταξύ τους.

Η **σημαντικότερη εντολή** για την εφαρμογή της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης είναι η `RDATA2 <- dfidx(RDATA, shape = "wide", choice = "Choice", varying = 4:12, sep = "", idx = list(c("Choiceid", "ID")), idnames = c("chid", "alt"), opposite = c("Price", "Comfort", "Fuels"))` με την οποία τα δεδομένα του πίνακα `RDATA` μετατρέπεται σε κατάλληλη μορφή σε έναν άλλο πίνακα `RDATA2`, ώστε να αναγνωρίζεται καλύτερα από το στατιστικό πρόγραμμα και να συνεχιστεί η επεξεργασία του. Αναλυτικότερα:

- Με το `shape="wide"` μετατρέπεται το αρχικό σετ δεδομένων του `RDATA` από μία σειρά για κάθε σενάριο (1 row per choice situation), σε μια σειρά ανά εναλλακτική επιλογή (1 row per alternative) λαμβάνοντας τον χαρακτηρισμό `TRUE` ή `FALSE` ανάλογα την επιλογή του κάθε ερωτηθέντα. Δηλαδή, ενώ το `RDATA` περιλάμβανε 10 σειρές για κάθε ερωτηθέντα, το `RDATA2` περιλαμβάνει 30 σειρές (τρεις επιλογές επί 10 σενάρια) για τον καθένα. Παράδειγμα αυτού φαίνεται στην Εικόνα 5.4
- Με το `choice="Choice"` ορίζεται η μεταβλητή (`Choice`) που αντιπροσωπεύει την επιλογή των ερωτηθέντων ανάμεσα στις τρεις διαθέσιμες επιλογές.
- Με το `varying=4:12` δηλώνεται ότι οι μεταβλητές από την τέταρτη ως την δωδέκατη στήλη του αρχείου `RDATA` αντιπροσωπεύουν τις μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στα σενάρια και αφορούν τις τιμές του κόστους αγοράς, του κόστους καυσίμου για 500km και την ευκολία ανεφοδιασμού.
- Με το `idx=list(c("Choiceid", "ID"))` αναφέρεται η μεταβλητή που αντιπροσωπεύει τον κάθε ερωτηθέντα.

Nr	Choice	FUTURE_CARBUY	FUEL_TYPE	EXP	IX	YOURCAR_FUEL	DR_TIME	NR_MOVE	TYPE_IX	TYPE_TAXI	TYPE_MOTO	TYPE_METRO	TYPE_BIKE	TYPE_FOOT	ELSEI	WTIMES_TRANSP	DRIVE_BEV_HEV	ENV_FRIEND	ADV_ECOLOGY	
1	1	FALSE	2	5	1	1	1	1	62	1	0	0	1	0	1	0	64	3	3	1
2	1	FALSE	2	5	1	1	1	1	62	1	0	0	1	0	1	0	64	3	3	1
3	1	TRUE	2	5	1	1	1	1	62	1	0	0	1	0	1	0	64	3	3	1
4	2	FALSE	2	6	2	3	1	1	61	1	0	0	0	1	0	64	3	3	1	
5	2	FALSE	2	6	2	3	1	1	61	1	0	0	0	1	0	64	3	3	1	
6	2	TRUE	2	6	2	3	1	1	61	1	0	0	0	1	0	64	3	3	1	
7	3	FALSE	1	1	1	1	2	1	62	1	0	0	0	1	0	64	3	3	1	
8	3	TRUE	1	1	1	1	2	1	62	1	0	0	0	1	0	64	3	3	1	
9	3	FALSE	1	1	1	1	2	1	62	1	0	0	0	1	0	64	3	3	1	
10	4	FALSE	2	1	2	1	1	1	61	1	0	0	0	0	0	64	3	3	1	
11	4	TRUE	2	1	2	1	1	1	61	1	0	0	0	0	0	64	3	3	1	
12	4	FALSE	2	1	2	1	1	1	61	1	0	0	0	0	0	64	3	3	1	
13	5	TRUE	2	1	1	3	1	1	62	1	0	0	1	0	1	0	64	3	3	1
14	5	FALSE	2	1	1	3	1	1	62	1	0	0	1	0	1	0	64	3	3	1
15	5	FALSE	2	1	1	3	1	1	62	1	0	0	1	0	1	0	64	3	3	1
16	6	FALSE	2	6	1	2	1	1	62	1	0	0	0	0	0	64	3	3	1	
17	6	TRUE	2	6	1	2	1	1	62	1	0	0	0	0	0	64	3	3	1	
18	6	FALSE	2	6	1	2	1	1	62	1	0	0	0	0	0	64	3	3	1	
19	7	TRUE	2	6	2	2	1	2	61	1	0	0	0	0	0	64	3	3	1	
20	7	FALSE	2	6	2	2	1	2	61	1	0	0	0	0	0	64	3	3	1	
21	7	FALSE	2	6	2	2	1	2	61	1	0	0	0	0	0	64	3	3	1	
22	8	FALSE	2	6	3	3	1	2	62	1	1	0	1	0	1	0	63	3	3	1
22	8	TRUE	2	6	3	3	1	2	62	1	1	0	1	0	1	0	63	3	3	1
24	8	FALSE	2	6	3	3	1	2	62	1	1	0	1	0	1	0	63	3	3	1
25	9	TRUE	2	1	1	2	1	1	62	1	0	0	0	0	1	63	3	3	1	
26	9	FALSE	2	1	1	2	1	1	62	1	0	0	0	0	1	63	3	3	1	
27	9	FALSE	2	1	1	2	1	1	62	1	0	0	0	0	1	63	3	3	1	
28	10	TRUE	2	1	1	3	2	1	62	0	1	0	1	0	1	0	64	3	3	1
29	10	FALSE	2	1	1	3	2	1	62	0	1	0	1	0	1	0	64	3	3	1
30	10	FALSE	2	1	1	3	2	1	62	0	1	0	1	0	1	0	64	3	3	1
31	11	FALSE	2	2	2	2	1	2	61	1	0	0	0	0	0	64	3	3	1	
32	11	FALSE	2	2	2	2	1	2	61	1	0	0	0	0	0	64	3	3	1	

**Εικόνα 5.4:** Ο πίνακας των δεδομένων του RDATA2

Μετά την σύνθεση του αρχείου RDATA2, ακολουθεί η διαδικασία σύμπτυξης ορισμένων απαντήσεων με την ανάθεση καινούριων τιμών σε αυτές των αρχικών απαντήσεων των ερωτηθέντων. Η αλλαγή αυτή πραγματοποιείται για την καλύτερη οπτική παρουσίαση και κατανόηση των μεταβλητών από τον χρήστη. Παράδειγμα της διαδικασίας φαίνεται στην εικόνα 5.5.

```

RDATA2$AGE[RDATA2$AGE > 2 ] <- 65      # 36-60 etwn, > 60 etwn
RDATA2$AGE[RDATA2$AGE <= 2 ] <- 66     # 18-25 etwn, 26-35 etwn

```

**Εικόνα 5.5:** Παράδειγμα σύμπτυξης των απαντήσεων που αφορούν την ηλικία

Οτιδήποτε ακολουθεί το σύμβολο # στην ίδια γραμμή αποτελεί **σχολιασμό** και δεν μεταφράζεται από το πρόγραμμα, αλλά χρησιμεύει στην παροχή πληροφοριών για τον χρήστη. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, ενημερώνεται ο χρήστης ότι στην ερώτηση που αφορά την ηλικία των ερωτηθέντων, η τιμή 65 περιλαμβάνει τις απαντήσεις “36-60 ετών”, “πάνω από 60 ετών”, ενώ η τιμή 66 περιλαμβάνει τις απαντήσεις “18-25 ετών” και “26-35 ετών”. Η αλλαγή εδώ αφορά τη μεταβλητή AGE, για την οποία οι απαντήσεις με τιμές πάνω από 2 αντιπροσωπεύουν την τιμή 65 και οι απαντήσεις με τιμές από 2 και κάτω

αναφέρονται στην τιμή 66 αντίστοιχα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλες τις μεταβλητές για τις οποίες αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί σύμπτυξη των απαντήσεων.

Στο επόμενο βήμα **ανατίθεται για κάθε μεταβλητή το είδος της**. Δηλαδή, αν λαμβάνει διακριτή (factor) ή συνεχή (numeric) τιμή. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία όλες οι μεταβλητές λαμβάνουν διακριτές τιμές, εκτός του κόστους αγοράς και του κόστους καυσίμου. Για αυτό το λόγο μετατρέπονται όλες οι μεταβλητές σε διακριτές (factor).

Τέλος συντάσσεται το **τελικό μοντέλο MLR1** με το πακέτο mlogit ως εξής:

```
MLR1 <- mlogit(Choice ~ Price + Comfort | FUEL_TYPE + YOURCAR_FUEL +  
DR_TIME + DRIVE_BEV_HEV + ADV_SERVICE + DIS_PRICE + EVsEXPAND +  
GOVMOTIV_BUYEV + INCOME + EDUCATION, data = RDATA2)
```

Πιο συγκεκριμένα:

- ✧ Η **εξαρτημένη μεταβλητή** Choice υπολογίζεται συναρτήσει των μεταβλητών του κόστους αγοράς και της ευκολίας ανεφοδιασμού, οι οποίες λαμβάνουν διαφορετικές τιμές ανάλογα με την εναλλακτική επιλογή του ερωτηματολογίου. Επίσης, η Choice επηρεάζεται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές FUEL\_TYPE, YOURCAR\_FUEL, DR\_TIME, DRIVE\_BEV\_HEV, ADV\_SERVICE, DIS\_PRICE, EVsEXPAND, GOVMOTIV\_BUYEV, INCOME και EDUCATION, οι τιμές των οποίων παραμένουν σταθερές ανεξάρτητα της εναλλακτικής επιλογής. Για να προσδιοριστεί ο συνδυασμός των παραμέτρων αυτών πραγματοποιήθηκαν **πολλές δοκιμές** που θα ικανοποιούσαν τα κριτήρια που έχουν τεθεί.
  
- ✧ Ως επίπεδο αναφοράς ορίζεται η πρώτη επιλογή των σεναρίων, δηλαδή η επιλογή του συμβατικού οχήματος. Το συμβατικό όχημα αποτελεί το επιθυμητό επίπεδο αναφοράς καθώς, στη συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία γίνεται προσπάθεια να αναλυθούν οι προτιμήσεις του κοινού απέναντι στα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα σε σχέση με τα δημοφιλέστερα συμβατικά. Έτσι, οι 2 συναρτήσεις χρησιμότητας που προκύπτουν από το μαθηματικό μοντέλο, για τα υβριδικά και τα ηλεκτρικά οχήματα ερμηνεύονται **συγκριτικά** με την επιλογή των συμβατικών οχημάτων.

### 5.2.3 Συναρτήσεις χρησιμότητας

Από το τελικό μοντέλο MLR1 που εξετάστηκε παραπάνω προκύπτουν οι **2 συναρτήσεις χρησιμότητας**, μία για τα υβριδικά και μία για τα ηλεκτρικά οχήματα. Οι συντελεστές αυτών των συναρτήσεων εμφανίζονται στο R-Studio με την εντολή `summary(MLR1)`, της οποίας το αποτέλεσμα απεικονίζεται στην συνέχεια.

Στις συναρτήσεις χρησιμότητας περιλαμβάνονται οι **σταθεροί όροι**, καθώς και οι **συντελεστές των μεταβλητών** που έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο. Η διαδικασία επιλογής των μεταβλητών περιλάμβανε **διεξοδικές δοκιμές**, με σκοπό η σημαντικότητα των μεταβλητών στο μοντέλο να εξαρτηθεί από την τιμή  $Pr(>|t|)$ . Δηλαδή, εάν η τιμή αυτή για κάθε μεταβλητή προέκυπτε σε απόλυτη τιμή μικρότερη του 0,05, τότε αυτή θεωρούνταν στατιστικά σημαντική για το μοντέλο. Σε αντίθετη περίπτωση απορριπτόταν και εξετάζονταν οι υπόλοιπες.

Ως εκ τούτου, οι τελικές συναρτήσεις και οι μεταβλητές που συμπεριληφθήκαν στο μοντέλο προέκυψαν μετά από **πολλές δοκιμές**, ώστε να βρεθεί ένας ικανοποιητικός συνδυασμός μεταβλητών που να ικανοποιεί τον στόχο της Διπλωματικής Εργασίας.

Η τελική μορφή του μοντέλου της πολυωνυμικής παλινδρόμησης που χρησιμοποιήθηκε, καθώς και οι μεταβλητές του φαίνονται στην Εικόνα 5.6.

Call:

```
mlogit(formula = Choice ~ Price + Comfort | FUEL_TYPE + YOURCAR_FUEL +
DR_TIME + DRIVE_BEV_HEV + ADV_SERVICE + DIS_PRICE + EVsEXPAND +
GOVMOTIV_BUYEV + INCOME + EDUCATION, data = RDATA2, method = "nr")
```

Coefficients :

	Estimate	Std. Error	z-value	Pr(> z )	
(Intercept):2	-2.0021e+00	3.6543e-01	-5.4787	4.284e-08	***
(Intercept):3	-1.9149e+00	3.9344e-01	-4.8670	1.133e-06	***
Price	8.3993e-05	1.7878e-05	4.6981	2.625e-06	***
Comfort	6.0080e-01	7.6011e-02	7.9041	2.665e-15	***
FUEL_TYPE2:2	3.1595e-0	1.9475e-01	1.6223	0.1047309	
FUEL_TYPE2:3	2.2187e-01	1.8927e-01	1.1722	0.2411093	
FUEL_TYPE3:2	1.0259e+00	2.9693e-01	3.4551	0.0005502	***
FUEL_TYPE3:3	6.2643e-01	3.0197e-01	2.0745	0.0380333	*
FUEL_TYPE4:2	2.0055e+00	3.4887e-01	5.7485	9.002e-09	***
FUEL_TYPE4:3	1.6160e+00	3.5441e-01	4.5596	5.126e-06	***
FUEL_TYPE5:2	1.1705e+00	2.5763e-01	4.5436	5.531e-06	***
FUEL_TYPE5:3	1.6669e+00	2.3462e-01	7.1046	1.207e-12	***
FUEL_TYPE6:2	2.1310e+00	1.9769e-01	10.7794	< 2.2e-16	***
FUEL_TYPE6:3	1.5652e+00	1.9480e-01	8.0351	8.882e-16	***
YOURCAR_FUEL2:2	1.1348e+00	2.3952e-01	4.7378	2.160e-06	***
YOURCAR_FUEL2:3	1.0996e+00	2.3926e-01	4.5959	4.308e-06	***
YOURCAR_FUEL3:2	1.2439e-01	2.7365e-01	0.4546	0.6494328	
YOURCAR_FUEL3:3	1.0231e-01	2.6581e-01	0.3849	0.7003266	
YOURCAR_FUEL4:2	2.5542e-01	5.1653e-01	0.4945	0.6209525	
YOURCAR_FUEL4:3	2.7974e-01	5.5570e-01	0.5034	0.6146818	
YOURCAR_FUEL6:2	2.9773e+00	1.0629e+00	2.8013	0.0050902	**
YOURCAR_FUEL6:3	1.2895e+00	1.0561e+00	1.2210	0.2220934	
DR_TIME2:2	5.5064e-01	1.4641e-01	3.7610	0.0001693	***
DR_TIME2:3	6.0068e-01	1.4535e-01	4.1325	3.588e-05	***
DR_TIME3:2	-2.2613e-01	2.9568e-01	-0.7648	0.4444050	
DR_TIME3:3	4.9138e-01	2.6742e-01	1.8375	0.0661399	
DRIVE_BEV_HEV2:2	-5.3454e-01	3.8351e-01	-1.3938	0.1633759	
DRIVE_BEV_HEV2:3	2.5465e-01	3.4650e-01	0.7349	0.4623969	
DRIVE_BEV_HEV3:2	1.0510e+00	2.8243e-01	3.7212	0.0001983	***
DRIVE_BEV_HEV3:3	7.9904e-01	2.7452e-01	2.9107	0.0036066	**
ADV_SERVICE1:2	-1.8379e-01	1.7295e-01	-1.0627	0.2879077	
ADV_SERVICE1:3	3.5530e-01	1.6384e-01	2.1686	0.0301148	*
DIS_PRICE1:2	6.3429e-01	1.6291e-01	3.8935	9.881e-05	***
DIS_PRICE1:3	4.5919e-01	1.5718e-01	2.9213	0.0034853	**
EVsEXPAND1:2	2.9142e-01	1.5897e-01	1.8331	0.0667812	
EVsEXPAND1:3	1.3799e+00	1.6548e-01	8.3388	< 2.2e-16	***
GOVMOTIV_BUYEV1:2	8.9397e-01	1.5964e-01	5.6000	2.144e-08	***
GOVMOTIV_BUYEV1:3	9.0687e-01	1.5757e-01	5.7552	8.655e-09	***
INCOME2:2	-2.7923e-01	1.5059e-01	-1.8543	0.0636942	
INCOME2:3	-4.8259e-01	1.5052e-01	-3.2061	0.0013453	**
INCOME3:2	-5.2385e-01	1.9586e-01	-2.6746	0.0074827	**
INCOME3:3	-3.0294e-01	1.9342e-01	-1.5662	0.1172962	
EDUCATION70:2	-5.1081e-01	2.0399e-01	-2.5041	0.0122752	*
EDUCATION70:3	1.0786e-01	1.9382e-01	0.5565	0.5778504	

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Log-Likelihood: -2103.6

McFadden R^2: 0.17317

Likelihood ratio test: chisq = 881.12 {p.value = < 2.22e-16}

**Εικόνα 5.6:** Το μοντέλο της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

Με βάση τα παραπάνω, οι τελικές συναρτήσεις χρησιμότητας  $U_2$  και  $U_3$  για τα υβριδικά και τα ηλεκτρικά οχήματα αντίστοιχα, με επίπεδο αναφοράς τα συμβατικά οχήματα είναι οι εξής:

✧ Συνάρτηση επιλογής υβριδικού αυτοκινήτου

$$U_2 = -2.002 + 0,00008 * Price + 0,601 * Comfort + 1,026 * FUEL\_TYPE3 + 2,006 * FUEL\_TYPE4 + 1,171 * FUEL\_TYPE5 + 2,131 * FUEL\_TYPE6 + 1,135 * YOURCAR\_FUEL2 + 2,977 * YOURCAR\_FUEL6 + 0,551 * DR\_TIME2 + 1,051 * DRIVE\_BEV\_HEV3 + 0,634 * DIS\_PRICE1 + 0,894 * GOVMOTIV\_BUYEV1 - 0,524 * INCOME3 - 0,511 * EDUCATION70$$

Η πιθανότητα επιλογής του υβριδικού αυτοκινήτου ορίζεται ως:

$$P_2 = \frac{e^{U_2}}{1 + e^{U_2} + e^{U_3}}$$

Τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται η παραπάνω συνάρτηση είναι:

- Ο όρος -2,002 αποτελεί τον σταθερό όρο της συνάρτησης
- **Price:** η μεταβλητή του κόστους αγοράς
- **Comfort:** η μεταβλητή της ευκολίας ανεφοδιασμού
- **FUEL\_TYPE3:** η επιλογή “Υγραέριο” στην ερώτηση “Α1. Αν σκέφτεστε να αγοράσετε καινούριο αυτοκίνητο, τι είδους καύσιμο θα θέλατε να έχει;”
- **FUEL\_TYPE4:** η επιλογή “Φυσικό αέριο” στην ερώτηση “Α1. Αν σκέφτεστε να αγοράσετε καινούριο αυτοκίνητο, τι είδους καύσιμο θα θέλατε να έχει;”
- **FUEL\_TYPE5:** η επιλογή “Ηλεκτρικό” στην ερώτηση “Α1. Αν σκέφτεστε να αγοράσετε καινούριο αυτοκίνητο, τι είδους καύσιμο θα θέλατε να έχει;”
- **FUEL\_TYPE6:** η επιλογή “Υβριδικό” στην ερώτηση “Α1. Αν σκέφτεστε να αγοράσετε καινούριο αυτοκίνητο, τι είδους καύσιμο θα θέλατε να έχει;”
- **YOURCAR\_FUEL2:** η επιλογή “Πετρέλαιο” στην ερώτηση “Α4. Τι είδους καύσιμο χρησιμοποιεί το όχημά σας;”
- **YOURCAR\_FUEL6:** η επιλογή “Ηλεκτρικό” στην ερώτηση “Α4. Τι είδους καύσιμο χρησιμοποιεί το όχημά σας;”
- **DR\_TIME2:** η επιλογή “1 έως 3 ώρες” στην ερώτηση “Α5. Πόσες ώρες οδηγείται καθημερινά;”
- **DRIVE\_BEV\_HEV3:** η επιλογή “Δεν έχω οδηγήσει τίποτα από τα 2” στην ερώτηση “Α9. Έχετε οδηγήσει ποτέ Ηλεκτρικό/Υβριδικό όχημα;”

- **DIS\_PRICE1:** η επιλογή “Κόστος αγοράς” στην ερώτηση “B3. Ποιά πιστεύετε ότι είναι τα σημαντικότερα μειονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα;”
- **GOVMOTIV\_BUYEV1:** η επιλογή “Ναι” στην ερώτηση “Γ1. Με βάση τις νέες επιδοτήσεις της κυβέρνησης για αγορά υβριδικού/ηλεκτρικού οχήματος, θα σκεφτόσασταν να αγοράσετε κάποιο από τα δύο;”
- **INCOME3:** η επιλογή “Πάνω από 30.000€” στην ερώτηση “Δ5. Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα”
- **EDUCATION70:** η επιλογή “Δημοτικό- Γυμνάσιο, Λύκειο” στην ερώτηση “Δ6. Μορφωτικό επίπεδο”

✧ Συνάρτηση επιλογής ηλεκτρικού αυτοκινήτου

$$U3 = -1,915 + 0,00008 * Price + 0,601 * Comfort + 0,626 * FUEL\_TYPE3 + 1,616 * FUEL\_TYPE4 + 1,667 * FUEL\_TYPE5 + 1,565 * FUEL\_TYPE6 + 1,100 * YOURCAR\_FUEL2 + 0,601 * DR\_TIME2 + 0,799 * DRIVE\_BEV\_HEV3 + 0,355 * ADV\_SERVICE1 + 0,459 * DIS\_PRICE1 + 1,380 * EVsEXPAND1 + 0,907 * GOVMOTIV\_BUYEV1 - 0,483 * INCOME2$$

Και η πιθανότητα επιλογής του ηλεκτρικού αυτοκινήτου ορίζεται ως:

$$P3 = \frac{e^{U3}}{1 + e^{U3} + e^{U2}}$$

Τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται η παραπάνω συνάρτηση είναι:

- Ο όρος -1,915 αποτελεί τον σταθερό όρο της συνάρτησης
- **Price:** η μεταβλητή του κόστους αγοράς
- **Comfort:** η μεταβλητή της ευκολίας ανεφοδιασμού
- **FUEL\_TYPE3:** η επιλογή “Υγραέριο” στην ερώτηση “A1. Αν σκέφτεστε να αγοράσετε καινούριο αυτοκίνητο, τι είδους καύσιμο θα θέλατε να έχει;”
- **FUEL\_TYPE4:** η επιλογή “Φυσικό αέριο” στην ερώτηση “A1. Αν σκέφτεστε να αγοράσετε καινούριο αυτοκίνητο, τι είδους καύσιμο θα θέλατε να έχει;”
- **FUEL\_TYPE5:** η επιλογή “Ηλεκτρικό” στην ερώτηση “A1. Αν σκέφτεστε να αγοράσετε καινούριο αυτοκίνητο, τι είδους καύσιμο θα θέλατε να έχει;”
- **FUEL\_TYPE6:** η επιλογή “Υβριδικό” στην ερώτηση “A1. Αν σκέφτεστε να αγοράσετε καινούριο αυτοκίνητο, τι είδους καύσιμο θα θέλατε να έχει;”



- **YOURCAR\_FUEL2:** η επιλογή “Πετρέλαιο” στην ερώτηση “A4. Τι είδους καύσιμο χρησιμοποιεί το όχημά σας;”
- **DR\_TIME2:** η επιλογή “1 έως 3 ώρες” στην ερώτηση “A5. Πόσες ώρες οδηγείται καθημερινά;”
- **DRIVE\_BEV\_HEV3:** η επιλογή “Δεν έχω οδηγήσει τίποτα από τα 2” στην ερώτηση “A9. Έχετε οδηγήσει ποτέ Ηλεκτρικό/Υβριδικό όχημα;”
- **ADV\_SERVICE1:** η επιλογή “Κόστος συντήρησης” στην ερώτηση “B2. Ποιά πιστεύετε ότι είναι τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα;”
- **DIS\_PRICE1:** η επιλογή “Κόστος αγοράς” στην ερώτηση “B3. Ποιά πιστεύετε ότι είναι τα σημαντικότερα μειονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα;”
- **EVsEXPAND1:** η επιλογή “Ναι” στην ερώτηση “ B4. Πιστεύετε ότι έχει έρθει ο καιρός για την εξάπλωση των ηλεκτρικών οχημάτων;”
- **GOVMOTIV\_BUYEV1:** η επιλογή “Ναι” στην ερώτηση “Γ1. Με βάση τις νέες επιδοτήσεις της κυβέρνησης για αγορά υβριδικού/ηλεκτρικού οχήματος, θα σκεφτόσασταν να αγοράσετε κάποιο από τα δύο;”
- **INCOME2:** η επιλογή “15.000€ - 30.000€” στην ερώτηση “Δ5. Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα”

#### 5.2.4 Στατιστικός Έλεγχος Μοντέλου

Για να θεωρηθεί αποδεκτό το μοντέλο θα πρέπει να προηγηθεί ο **στατιστικός έλεγχος** του, ο οποίος πραγματοποιείται αυτόματα μέσω του R-Studio κατά την εκτέλεση του προγράμματος.

Όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τη σύνθεση των συναρτήσεων χρησιμότητας συγκεντρώνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ	P-Value	Odds Ratio	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ
Σταθερός όρος:2	-2,002	<0,01	—	0,001
Σταθερός όρος:3	-1,915	<0,01	—	0,001
Price	8,40E-05	<0,01	1,000	0,001
Comfort	0,601	<0,01	1,824	0,001
FUEL_TYPE2:2	0,316	0,105	1,372	Μη σημαντικό
FUEL_TYPE2:3	0,222	0,241	1,248	Μη σημαντικό
FUEL_TYPE3:2	1,026	<0,01	2,790	0,001
FUEL_TYPE3:3	0,626	0,038	1,871	0,05
FUEL_TYPE4:2	2,006	<0,01	7,430	0,001
FUEL_TYPE4:3	1,616	<0,01	5,033	0,001
FUEL_TYPE5:2	1,171	<0,01	3,224	0,001
FUEL_TYPE5:3	1,667	<0,01	5,296	0,001
FUEL_TYPE6:2	2,131	<0,01	8,423	0,001
FUEL_TYPE6:3	1,565	<0,01	4,784	0,001
YOURCAR_FUEL2:2	1,135	<0,01	3,111	0,001
YOURCAR_FUEL2:3	1,100	<0,01	3,003	0,001
YOURCAR_FUEL3:2	0,124	0,649	1,132	Μη σημαντικό
YOURCAR_FUEL3:3	0,102	0,700	1,108	Μη σημαντικό
YOURCAR_FUEL4:2	0,255	0,621	1,291	Μη σημαντικό
YOURCAR_FUEL4:3	0,280	0,615	1,323	Μη σημαντικό
YOURCAR_FUEL6:2	2,977	<0,01	19,635	0,01
YOURCAR_FUEL6:3	1,290	0,222	3,631	Μη σημαντικό
DR_TIME2:2	0,551	<0,01	1,734	0,001
DR_TIME2:3	0,601	<0,01	1,823	0,001
DR_TIME3:2	-0,226	0,444	0,798	Μη σημαντικό
DR_TIME3:3	0,491	0,066	1,635	Μη σημαντικό
DRIVE_BEV_HEV2:2	-0,535	0,163	0,586	Μη σημαντικό
DRIVE_BEV_HEV2:3	0,255	0,462	1,290	Μη σημαντικό
DRIVE_BEV_HEV3:2	1,051	<0,01	2,861	0,001
DRIVE_BEV_HEV3:3	0,799	<0,01	2,223	0,01
ADV_SERVICE1:2	-0,184	0,288	0,832	Μη σημαντικό
ADV_SERVICE1:3	0,355	0,030	1,427	0,05
DIS_PRICE1:2	0,634	<0,01	1,886	0,001
DIS_PRICE1:3	0,459	<0,01	1,583	0,01
EVsEXPAND1:2	0,291	0,067	1,338	Μη σημαντικό
EVsEXPAND1:3	1,380	<0,01	3,975	0,001
GOVMOTIV_BUYEV1:2	0,894	<0,01	2,445	0,001
GOVMOTIV_BUYEV1:3	0,907	<0,01	2,477	0,001
INCOME2:2	-0,279	0,064	0,756	Μη σημαντικό
INCOME2:3	-0,483	<0,01	0,617	0,01
INCOME3:2	-0,524	<0,01	0,592	0,01
INCOME3:3	-0,303	0,117	0,739	Μη σημαντικό
EDUCATION70:2	-0,511	0,012	0,600	0,05
EDUCATION70:3	0,108	0,578	1,114	Μη σημαντικό

**Πίνακας 5.1:** Στατιστικός έλεγχος των μεταβλητών του μοντέλου πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

Αναλυτικότερα:

- **ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ:** το όνομα των μεταβλητών που έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο. Οι αριθμοί 2 και 3 στο τέλος του ονόματος κάθε μεταβλητής αντιπροσωπεύουν τις συναρτήσεις χρησιμότητας 2 και 3 αντίστοιχα, στις οποίες αναφέρονται οι μεταβλητές. Οι μεταβλητές Price, Comfort δεν έχουν αυτόν τον αριθμό μπροστά αφού είναι κοινές και για τις δύο συναρτήσεις.
- **ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ:** η αριθμητική τιμή των συντελεστών των μεταβλητών.
- **P-Value:** η τιμή του P-Value με βάση την οποία κρίνεται η σημαντικότητα κάθε μεταβλητής στο μοντέλο. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία υιοθετήθηκε επίπεδο σημαντικότητας 95 τοις εκατό. Ως εκ τούτου, οποιαδήποτε τιμή του P-Value μικρότερη ή ίση του 0.05 γίνεται αποδεκτή για το μοντέλο.
- **Odds Ratio:** μαθηματικά ορίζεται ως  $\exp(\text{Συντελεστής})$ . Ερμηνεύεται ως πόσες φορές πιο πιθανόν είναι να επιλεγεί η εκάστοτε εναλλακτική επιλογή σε σχέση με την επιλογή αναφοράς με βάση τη συγκεκριμένη μεταβλητή. Αναλυτικότερα, η ερμηνεία του Odds Ratio έχει δοθεί στο Κεφάλαιο 3.5.
- **ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ:** το επίπεδο σημαντικότητας με βάση την τιμή του P-Value. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία χρησιμοποιήθηκε επίπεδο σημαντικότητας 0.05 ή 95 τοις εκατό. Μικρότερη τιμή από την 0.05 σημαίνει μεγαλύτερο επίπεδο σημαντικότητας και άρα, αποδεκτή τιμή της μεταβλητής.

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

Όσον αφορά στον **έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών**, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3.6, ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα R-Studio με την εντολή `cor(RDATA2)` αφού είχε προηγηθεί η μετατροπή όλων των μεταβλητών σε αριθμούς. Τα ζευγάρια των μεταβλητών που παρουσίασαν συσχέτιση μεταξύ τους άνω του 0,5 δεν χρησιμοποιήθηκαν ταυτόχρονα σε κανένα μοντέλο.

Το μοντέλο που επιλέχθηκε και αναπτύχθηκε στο R-Studio διαθέτει συντελεστή  $R^2 = 0.17317$  ο οποίος είναι οριακά χαμηλότερος από το κατώτερο όριο που είναι 0,20 αλλά γίνεται τελικά αποδεκτός.

### 5.2.5 Αποτελέσματα

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρατίθεται η ερμηνεία των συναρτήσεων χρησιμότητας και εξάγονται τα βασικά συμπεράσματα που διαμόρφωσαν τις επιλογές του δείγματος μελέτης.

Η συνάρτηση χρησιμότητας U2 που υπολογίστηκε παραπάνω και εκφράζει τη συνάρτηση για την επιλογή υβριδικού οχήματος ορίζεται ως εξής:

$$U2 = -2.002 + 0,00008 * Price + 0,601 * Comfort + 1,026 * FUEL\_TYPE3 + 2,006 * FUEL\_TYPE4 + 1,171 * FUEL\_TYPE5 + 2,131 * FUEL\_TYPE6 + 1,135 * YOURCAR\_FUEL2 + 2,977 * YOURCAR\_FUEL6 + 0,551 * DR\_TIME2 + 1,051 * DRIVE\_BEV\_HEV3 + 0,634 * DIS\_PRICE1 + 0,894 * GOVMOTIV\_BUYEV1 - 0,524 * INCOME3 - 0,511 * EDUCATION70$$

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται **14 μεταβλητές και 1 σταθερός όρος**, όπως αναλύθηκαν στην παράγραφο 5.2.3.

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

- ✓ Με αύξηση του **κόστους αγοράς** κατά μία μονάδα προκύπτει αύξηση της πιθανότητας επιλογής υβριδικού αντί συμβατικού αυτοκινήτου κατά 1,0 μονάδα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας με τη βοήθεια του ερωτηματολογίου, διαπιστώθηκε ότι η πλειοψηφία των ατόμων που έλαβαν μέρος στην έρευνα θα επέλεγε για τις μετακινήσεις τους το ηλεκτρικό αυτοκίνητο κατά ένα μεγάλο ποσοστό, και στη συνέχεια το υβριδικό αυτοκίνητο.

Με αυτό σαν δεδομένο εξηγείται η συμπεριφορά του δείγματος να επιλέγει τα υβριδικά αυτοκίνητα παρά την συνεχή αύξηση του κόστους αγοράς τους. Φαίνεται εδώ ότι τα σημαντικά πλεονεκτήματα των υβριδικών αυτοκινήτων σε συνδυασμό με την πρόθεση των οδηγών να εκσυγχρονίσουν τεχνολογικά τις μετακινήσεις τους, τοποθετούν τον συγκεκριμένο τύπο αυτοκινήτων αρκετά ψηλά στις προτιμήσεις των οδηγών παρά την διαφορά που υπάρχει στο κόστος απόκτησής τους συγκριτικά με τα συμβατικά.

- ✓ Βελτίωση του **επιπέδου ανεφοδιασμού** από Δύσκολο σε Εύκολο, οδηγεί σε αύξηση της πιθανότητας επιλογής υβριδικού αντί συμβατικού αυτοκινήτου κατά 1,82 φορές, που αποτελεί αναμενόμενο αποτέλεσμα.

- ✓ Όσοι σκέφτονται να αγοράσουν καινούριο αυτοκίνητο που χρησιμοποιεί **υγραέριο ή φυσικό αέριο**, αν είχαν την δυνατότητα θα επέλεγαν για τις μετακινήσεις τους υβριδικό αυτοκίνητο και όχι συμβατικό κατά 2,8 και 7,4 φορές περισσότερο αντίστοιχα. Η απομάκρυνση των ερωτηθέντων από τις παραδοσιακές μορφές καυσίμου όπως είναι η βενζίνη και το πετρέλαιο, φανερώνει μια τάση να επενδύσουν σε αυτοκίνητα με εναλλακτικές μορφές καυσίμου ή όχημα υβριδικής τεχνολογίας.
- ✓ Εκείνοι που σκέφτονται να **αγοράσουν καινούριο ηλεκτρικό αυτοκίνητο**, αν είχαν να επιλέξουν ανάμεσα σε ένα υβριδικό και ένα συμβατικό, θα επέλεγαν το υβριδικό κατά 3,2 φορές περισσότερο. Ένα υβριδικό αυτοκίνητο διαθέτει τα πλεονεκτήματα τόσο ενός ηλεκτρικού οχήματος όσο και ενός συμβατικού, και για αυτό τον λόγο είναι η επόμενη επιλογή για τα άτομα που δήλωσαν πως θα αγόραζαν ηλεκτρικό αυτοκίνητο.
- ✓ Όσοι από τους ερωτηθέντες έχουν στην κατοχή τους **πετρελαιοκίνητο αυτοκίνητο**, οι πιθανότητες να επιλέξουν ένα υβριδικό από ένα συμβατικό αυτοκίνητο είναι κατά 3,1 φορές περισσότερες. Ενδεχομένως, οι ιδιοκτήτες ενός συμβατικού τύπου αυτοκινήτου όπως είναι το πετρελαιοκίνητο, έχουν διαπιστώσει τα μειονεκτήματα που ακολουθούν ένα τέτοιο όχημα και δεν θα επέλεγαν ξανά τον ίδιο τύπο αυτοκινήτου για τις μετακινήσεις τους.
- ✓ Επίσης, εκείνοι που δήλωσαν ότι διαθέτουν **ήδη ένα υβριδικό όχημα** στην κατοχή τους, αν είχαν τη δυνατότητα ενδεχομένως θα επέλεγαν ξανά υβριδικό και όχι συμβατικό αυτοκίνητο κατά 19,6 φορές περισσότερο.
- ✓ Οι οδηγοί που χρησιμοποιούν το αυτοκίνητό τους από **1 έως 3 ώρες καθημερινά** έχουν περισσότερες πιθανότητες να επιλέξουν ένα υβριδικό από ένα συμβατικό αυτοκίνητο κατά 1,73 φορές. Ένα υβριδικό αυτοκίνητο προσφέρει μεταξύ άλλων μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου αποτελώντας τον κύριο λόγο που ενδεχομένως θα το επέλεγαν όσοι οδηγούν αρκετές ώρες καθημερινά.
- ✓ Από τα άτομα που έλαβαν μέρος στην έρευνα, εκείνοι που απάντησαν πως **δεν έχουν οδηγήσει στο παρελθόν ηλεκτρικό ή υβριδικό όχημα** έχουν περισσότερες πιθανότητες να επιλέξουν για τις μετακινήσεις τους ένα υβριδικό αντί για ένα συμβατικό αυτοκίνητο κατά 2,86 φορές. Η έλλειψη οδηγικής εμπειρίας με τα νέας τεχνολογίας αυτοκίνητα, πιθανώς δημιουργεί σε αυτή την κατηγορία ανθρώπων μια περιέργεια να θέλουν να εξοικιωθούν με την εξέλιξη της τεχνολογίας που συνοδεύει την ηλεκτροκίνηση.

- ✓ Εκείνοι που θεωρούν ως **μειονέκτημα** του ηλεκτρικού αυτοκινήτου το **υψηλό κόστος αγοράς**, έχουν περισσότερες πιθανότητες να επιλέξουν το υβριδικό αντί του συμβατικού αυτοκινήτου κατά 1,89 φορές. Η αναγνώριση του συγκεκριμένου μειονεκτήματος των ηλεκτρικών αυτοκινήτων ίσως δεν αποτρέπει εντελώς τους ερωτηθέντες από το να επιλέξουν ένα υβριδικό αυτοκίνητο του οποίου η τιμή κυμαίνεται συνήθως μεταξύ του συμβατικού και του αντίστοιχου ηλεκτρικού αυτοκινήτου.
- ✓ Τα άτομα που δήλωσαν ότι θα **εκμεταλεύονταν τις επιδοτήσεις** που προσφέρει η κυβέρνηση για αγορά ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου, έχουν περισσότερες πιθανότητες να αγοράσουν τελικά ένα υβριδικό αντί για ένα συμβατικό αυτοκίνητο κατά 2,45 φορές.
- ✓ Εκείνοι που διαθέτουν **ετήσιο οικογενειακό εισόδημα** πάνω από 30.000€ εμφανίζουν 41% λιγότερες πιθανότητες να επιλέξουν για τις μετακινήσεις τους ένα υβριδικό αντί για ένα συμβατικό αυτοκίνητο. Από αυτή την κατανομή γίνεται αντιληπτό ότι τα άτομα με πολύ υψηλές οικονομικές απολαβές, ενδεχομένως δεν θέτουν ως προτεραιότητα τα πολλαπλά οικονομικά οφέλη των ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων, καθώς ο περιορισμός των εξόδων δεν αποτελεί κύριο μέλημα των ανθρώπων αυτών.
- ✓ Από το σύνολο των ερωτηθέντων, εκείνοι που δήλωσαν πως διαθέτουν μόνο **απολυτήριο Δημοτικού - Γυμνασίου ή Λυκείου**, έχουν 40% λιγότερες πιθανότητες να επιλέξουν ένα υβριδικό αντί για ένα συμβατικό αυτοκίνητο. Αυτή η τάση μπορεί να οφείλεται εν μέρει στην οικονομική κατάσταση της συγκεκριμένης κατηγορίας η οποία είναι συνήθως επιβαρυμένη εξαιτίας της ανεπαρκούς επαγγελματικής αποκατάστασης που προσφέρει το μορφωτικό τους επίπεδο.

Η συνάρτηση χρησιμότητας U3, η οποία όπως υπολογίστηκε νωρίτερα εκφράζει τη συνάρτηση για την επιλογή του ηλεκτρικού οχήματος ορίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned}
 U3 = & -1,915 + 0,00008 * Price + 0,601 * Comfort + 0,626 * FUEL\_TYPE3 + \\
 & 1,616 * FUEL\_TYPE4 + 1,667 * FUEL\_TYPE5 + 1,565 * FUEL\_TYPE6 + \\
 & 1,100 * YOURCAR\_FUEL2 + 0,601 * DR\_TIME2 + 0,799 * \\
 & DRIVE\_BEV\_HEV3 + 0,355 * ADV\_SERVICE1 + 0,459 * DIS\_PRICE1 + \\
 & 1,380 * EVsEXPAND1 + 0,907 * GOVMOTIV\_BUYEV1 - 0,483 * INCOME2
 \end{aligned}$$

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται 14 μεταβλητές και 1 σταθερός όρος, όπως αναλύθηκαν στην παράγραφο 5.2.3.

Από τη συνάρτηση U3 συμπεραίνει κανείς με τη βοήθεια και των Odds Ratio του πίνακα 5.1 τα εξής:

- ✓ Αύξηση του **κόστους αγοράς** κατά μία μονάδα οδηγεί σε αύξηση της πιθανότητας επιλογής ηλεκτρικού αντί συμβατικού αυτοκινήτου κατά 1,0 φορά. Με αύξηση του κόστους αγοράς κατά μία μονάδα προκύπτει αύξηση της πιθανότητας επιλογής υβριδικού αντί συμβατικού αυτοκινήτου κατά 1,0 φορά. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας με τη βοήθεια του ερωτηματολογίου, διαπιστώθηκε ότι η πλειοψηφία των ατόμων που έλαβαν μέρος στην έρευνα θα επέλεγε για τις μετακινήσεις τους το ηλεκτρικό αυτοκίνητο κατά ένα μεγάλο ποσοστό, και στη συνέχεια το υβριδικό αυτοκίνητο.

Με αυτό ως δεδομένο εξηγείται η συμπεριφορά των οδηγών να επιλέγει τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα παρά την συνεχή αύξηση του κόστους αγοράς τους. Φαίνεται εδώ ότι τα σημαντικά πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε συνδυασμό με την πρόθεση των ανθρώπων να εκσυγχρονίσουν τεχνολογικά τις μετακινήσεις τους, τοποθετούν τον συγκεκριμένο τύπο αυτοκινήτων αρκετά ψηλά στις προτιμήσεις των ανθρώπων παρά την διαφορά που υπάρχει στο κόστος απόκτησής τους συγκριτικά με τα συμβατικά.

- ✓ Βελτίωση του **επιπέδου ανεφοδιασμού** από Δύσκολο σε Εύκολο, οδηγεί σε αύξηση της πιθανότητας επιλογής ηλεκτρικού αντί συμβατικού αυτοκινήτου κατά 1,82 φορές
- ✓ Εκείνοι που σκέφτονται να αγοράσουν καινούριο αυτοκίνητο που χρησιμοποιεί **υγραέριο ή φυσικό αέριο**, θα προτιμούσαν για τις μετακινήσεις τους ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο παρά ένα συμβατικό κατά 1,87 και 5,03 φορές περισσότερο αντίστοιχα. Η απομάκρυνση των ερωτηθέντων από τις παραδοσιακές μορφές καυσίμου όπως είναι η βενζίνη και το πετρέλαιο, φανερώνει μια πιθανή τάση να επενδύσουν σε αυτοκίνητα με εναλλακτικές μορφές καυσίμου ή όχημα υβριδικής τεχνολογίας.
- ✓ Τα άτομα που δήλωσαν πως σκέφτονται να αγοράσουν καινούριο **υβριδικό αυτοκίνητο**, έχουν περισσότερες πιθανότητες να επιλέξουν αν τους δοθεί η δυνατότητα ένα ηλεκτρικό αντί ενός συμβατικού κατά 4,78 φορές. Ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο διαθέτει πολλά από τα πλεονεκτήματα ενός υβριδικού αυτοκινήτου και για αυτό τον λόγο θα ήταν η πιο κοντινή επιλογή για τα άτομα που δήλωσαν πως θα αγόραζαν υβριδικό αυτοκίνητο.

- ✓ Όποιοι έχουν **στην κατοχή τους πετρελαιοκίνητο όχημα**, έχουν περισσότερες πιθανότητες να το αλλάξουν με ένα ηλεκτρικό παρά με ένα συμβατικό κατα 3 φορές. Εδώ φαίνεται ότι οι ιδιοκτήτες ενός συμβατικού τύπου αυτοκινήτου όπως είναι το πετρελαιοκίνητο, έχουν πιθανώς διαπιστώσει τα μειονεκτήματα που ακολουθούν ένα τέτοιο όχημα και δεν θα επέλεγαν ξανά τον ίδιο τύπο αυτοκινήτου για τις μετακινήσεις τους.
- ✓ Όσοι από τους ερωτηθέντες **οδηγούν από 1 έως 3 ώρες καθημερινά** έχουν περισσότερες πιθανότητες να αγοράσουν ηλεκτρικό αντί για συμβατικό αυτοκίνητο κατα 1,82 φορές σε σχέση με εκείνους που οδηγούν ελάχιστο χρόνο καθημερινά. Ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο προσφέρει μεταξύ άλλων μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου αποτελώντας ενδεχομένως τον κύριο λόγο που θα το επέλεγαν όσοι οδηγούν αρκετές ώρες καθημερινά.
- ✓ Οι Έλληνες που **δεν είχαν ποτέ οδηγική εμπειρία με ηλεκτρικό ή υβριδικό όχημα** έχουν περισσότερες πιθανότητες να αγοράσουν ηλεκτρικό αντί για συμβατικό αυτοκίνητο κατα 2,22 φορές. Η έλλειψη οδηγικής εμπειρίας με τα νέας τεχνολογίας αυτοκίνητα, ενδεχομένως δημιουργεί σε αυτή την κατηγορία ανθρώπων μια περιέργεια να θέλουν να εξοικιωθούν με την εξέλιξη της τεχνολογίας που συνοδεύει την ηλεκτροκίνηση.
- ✓ Εκείνοι που θεωρούν ως **πλεονέκτημα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων το χαμηλό κόστος συντήρησης**, έχουν περισσότερες πιθανότητες να αγοράσουν ηλεκτρικό αντί για συμβατικό αυτοκίνητο κατα 1,43 φορές
- ✓ Το μέρος του δείγματος που θεωρεί **μειονέκτημα** του ηλεκτρικού αυτοκινήτου το υψηλό **κόστος αγοράς**, έχουν περισσότερες πιθανότητες να επιλέξουν το υβριδικό αντί του συμβατικού αυτοκινήτου κατά 1,58 φορές. Η αναγνώριση του συγκεκριμένου μειονεκτήματος των ηλεκτρικών αυτοκινήτων δεν αποτρέπει εντελώς τους ερωτηθέντες να το επιλέξουν παρόλο που η τιμή του ξεπερνά αυτή του αντίστοιχού συμβατικού.
- ✓ Εκείνοι που θεωρούν ότι έχει έρθει ο καιρός για την **εξάπλωση** των ηλεκτρικών οχημάτων, έχουν περισσότερες πιθανότητες να επιλέξουν το ηλεκτρικό αντί του συμβατικού αυτοκινήτου κατά 3,98 φορές.
- ✓ Τα άτομα που δήλωσαν πως θα εκμεταλεύονταν τις **επιδοτήσεις** της κυβέρνησης για αγορά ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου, έχουν περισσότερες πιθανότητες να αγοράσουν ηλεκτρικό αντί για συμβατικό αυτοκίνητο κατά 2,48 φορές.
- ✓ Όσοι διαθέτουν **υψηλό ετήσιο οικογενειακό εισόδημα** έχουν 38% λιγότερες πιθανότητες να επιλέξουν το ηλεκτρικό αντί για το συμβατικό



αυτοκίνητο. Από αυτή την κατανομή γίνεται αντιληπτό ότι τα άτομα με πολύ υψηλές οικονομικές απολαβές, δεν θέτουν ως προτεραιότητα στις μετακινήσεις τους τα πολλαπλά οικονομικά οφέλη των ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων, καθώς ο περιορισμός των εξόδων δεν αποτελεί κύριο μέλημα των ανθρώπων αυτών.

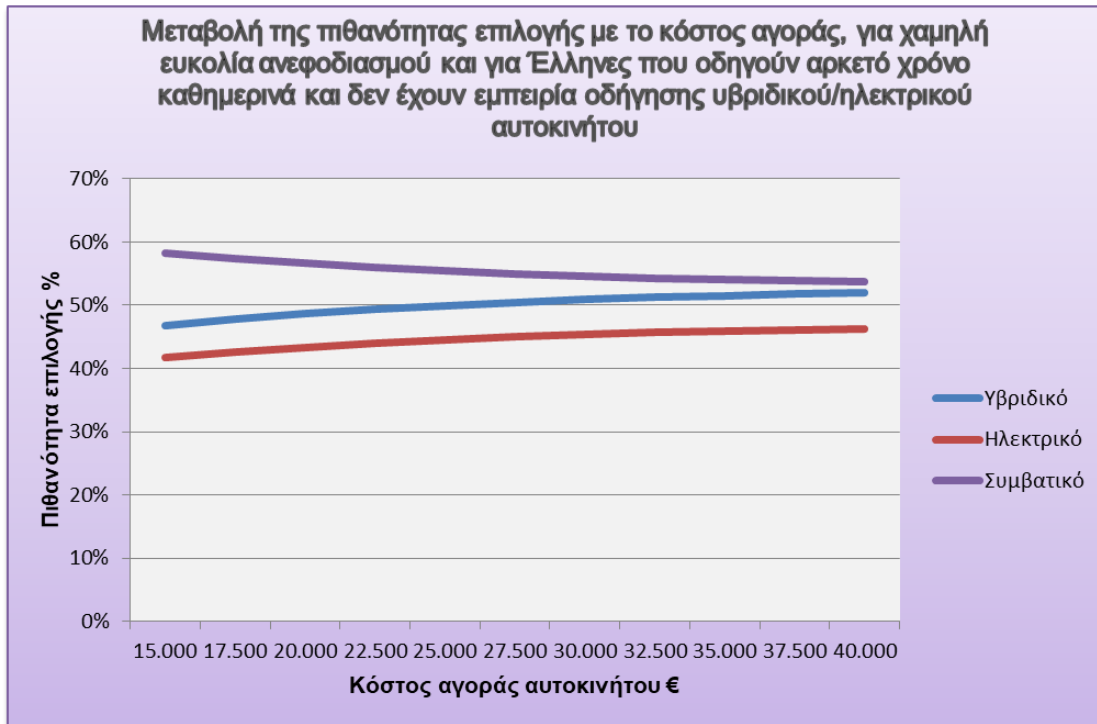
#### 5.2.6 Ανάλυση Ευαισθησίας

Στη συνέχεια έχουν δημιουργηθεί ορισμένα **διαγράμματα ευαισθησίας** με σκοπό να διευκολύνουν την κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στη διαδικασία επιλογής συμβατικού, υβριδικού και ηλεκτρικού αυτοκινήτου.

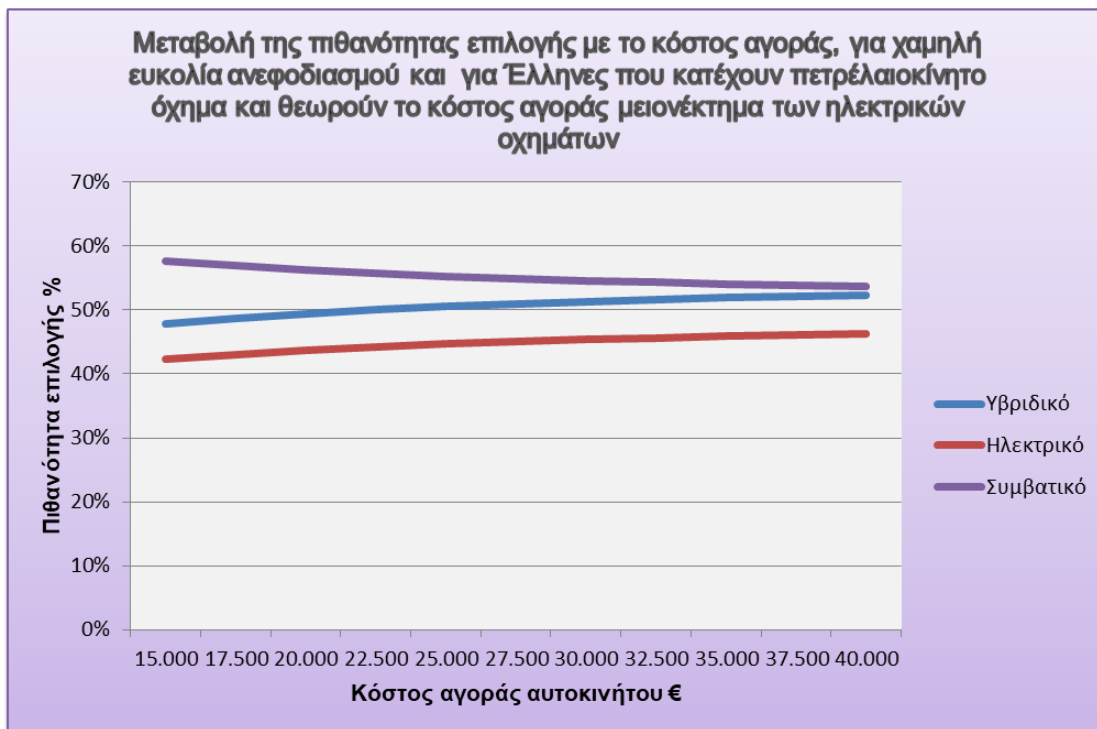
Για την κατασκευή των διαγραμμάτων πιθανοτήτων χρησιμοποιήθηκαν κοινές τιμές για την ευκολία ανεφοδιασμού σε κάθε εναλλακτική επιλογή, σε αναλογία με τις τιμές που παρουσιάστηκαν στο Ερωτηματολόγιο.

Επειδή, η παρούσα έρευνα βασίστηκε στη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης και σε υποθετικά σενάρια πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει η πιθανότητα τα αποτελέσματα να διαφέρουν σε περίπτωση που η έρευνα διεξαχθεί με κάποια άλλη μεθοδολογία ή εάν αλλάξουν κάποια από τα δεδομένα.

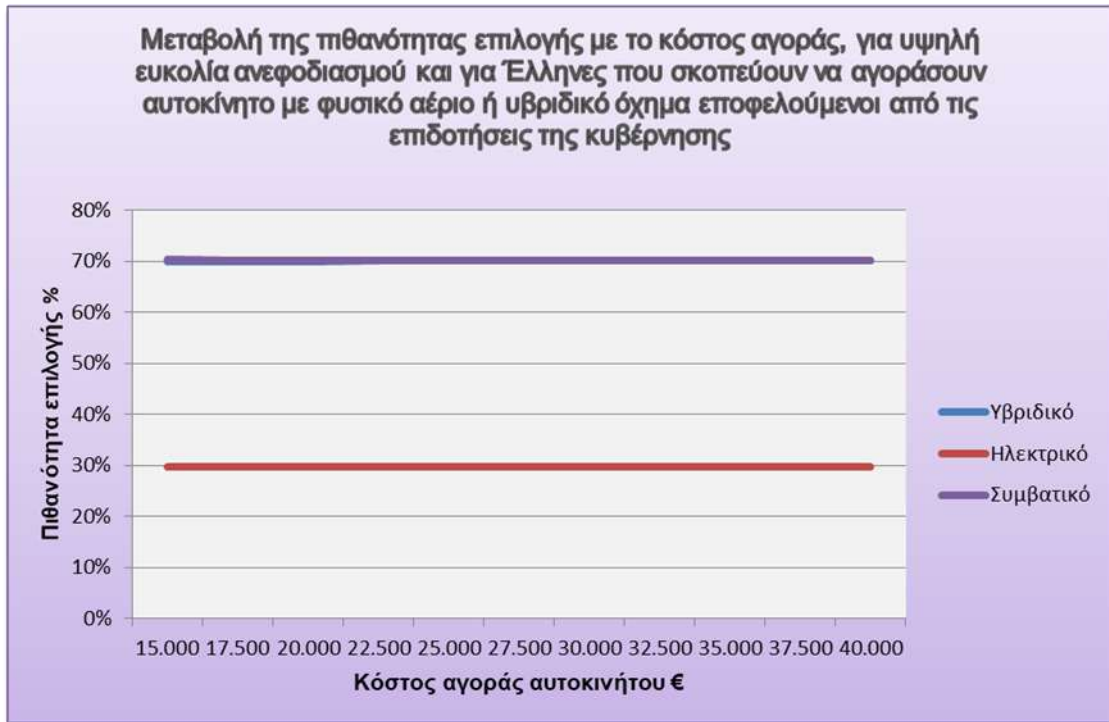
Τα **διαγράμματα** ανάλυσης ευαισθησίας παρουσιάζονται στην συνέχεια:



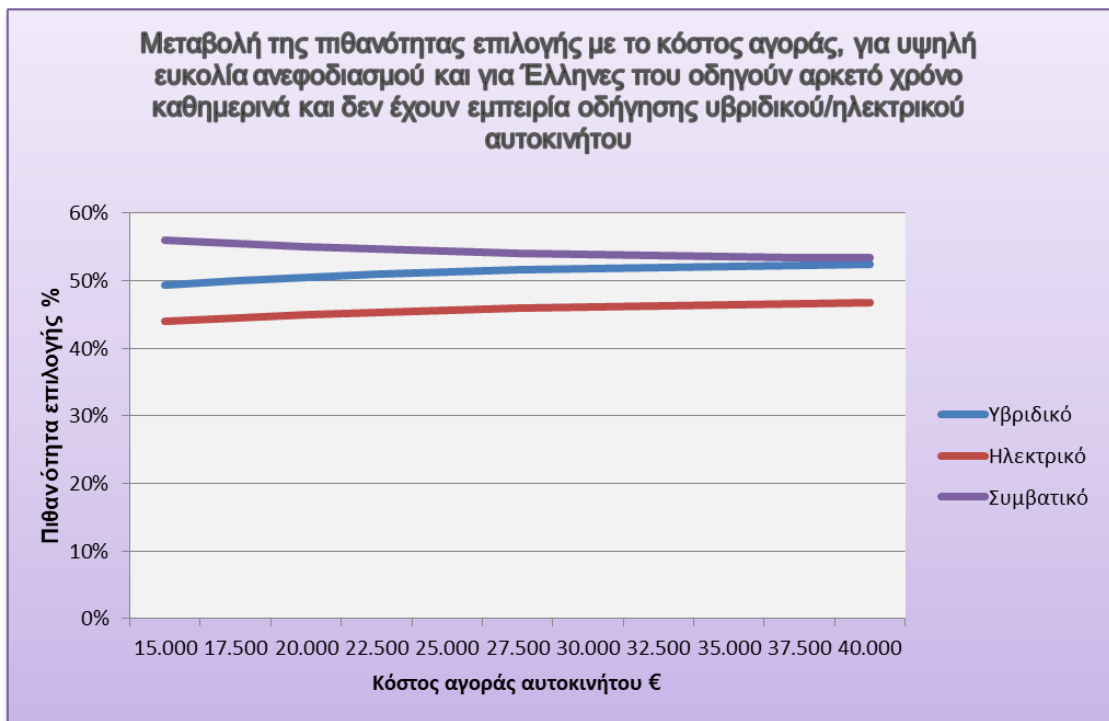
**Διάγραμμα 5.1:** 1η περίπτωση ανάλυσης ευαισθησίας



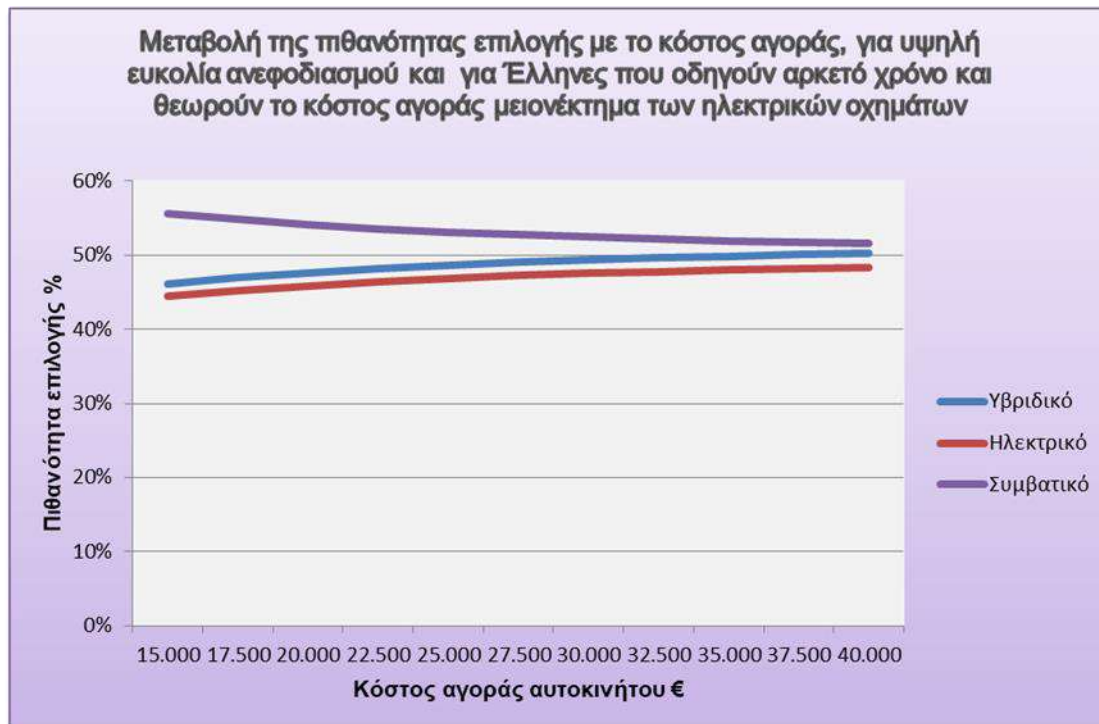
**Διάγραμμα 5.2:** 2η περίπτωση ανάλυσης ευαισθησίας



**Διάγραμμα 5.3:** 3η περίπτωση ανάλυσης ευαισθησίας



**Διάγραμμα 5.4:** 4η περίπτωση ανάλυσης ευαισθησίας



**Διάγραμμα 5.5:** 5η περίπτωση ανάλυσης ευαισθησίας

Από τα προηγούμενα διαγράμματα ευαισθησίας προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

- ✓ Οι Έλληνες οδηγοί που έλαβαν μέρος στην έρευνα εμφανίζονται στην πλειοψηφία τους **ιδιαίτερα θετικοί όσον αφορά στην πρόσβαση στην ηλεκτροκίνηση** και την υιοθέτηση ενός τεχνολογικά εξελιγμένο τρόπου μετακίνησης. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα βρίσκονται υψηλά στις προτιμήσεις των ερωτηθέντων, με τα υβριδικά και τα συμβατικά αυτοκίνητα να ακολουθούν.
- ✓ Το **κόστος αγοράς** είναι μία παράμετρος που επηρεάζει σημαντικά την επιλογή του συμβατικού αυτοκινήτου, αφού με αύξηση του κόστους αγοράς παρουσιάζεται μια ελαφρά μείωση στην επιλογή αυτού του τύπου αυτοκινήτου. Σχετικά με τα υβριδικά και ηλεκτρικά αυτοκίνητα, το κόστος αγοράς δεν φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή ενός από αυτά τα δύο αυτοκίνητα.
- ✓ Τέλος, η βελτίωση του **επιπέδου ανεφοδιασμού** παρατηρήθηκε ότι συμβάλει ελάχιστα στην επιλογή τύπου οχήματος..

## 5.3 Στατιστικό πρότυπο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

### 5.3.1 Επεξεργασία δεδομένων

Το μοντέλο της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** δημιουργήθηκε για να αναλύσει την ερώτηση Γ1 του ερωτηματολογίου: “Με βάση τις νέες επιδοτήσεις της κυβέρνησης για αγορά υβριδικού/ηλεκτρικού οχήματος, θα σκεφτόσασταν να αγοράσετε κάποιο από τα δύο;”. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε, είναι πιο απλή από εκείνη της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το ίδιο Script στο R-Studio που είχε δημιουργηθεί νωρίτερα, με τη μόνη διαφορά πως σε αυτήν την περίπτωση αλλάζει η εντολή της εκτέλεσης του μοντέλου αλλά και το αρχείο των στοιχείων, το οποίο είναι το RDATA και όχι το RDATA2.

Υπενθυμίζεται ότι το αρχείο RDATA έχει την παρακάτω μορφή:

Nr	ID	Choice	Price1	Price2	Price3	Fuels1	Fuels2	Fuels3	Comfort1	Comfort2	Comfort3	FUTURE_CARBUY	FUEL_TYPE	EXP	IX	YOURCAR_FUEL	DR_TIME	NR_MOVE	TYPE_IX	TYPE_TAXI	TYPE_MOTO
1	1	1	3	15000	20000	20000	55	35	15	1	2	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0
2	1	2	2	25000	25000	30000	55	40	15	1	2	2	2	5	1	1	1	1	1	1	0
3	1	3	2	15000	20000	25000	60	40	10	1	2	1	2	5	1	1	1	1	1	1	0
4	1	4	3	20000	20000	20000	55	40	15	1	2	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0
5	1	5	1	15000	25000	30000	60	35	10	2	2	1	2	5	1	1	1	1	1	1	0
6	1	6	3	20000	25000	25000	55	35	15	1	1	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0
7	1	7	3	20000	25000	20000	60	35	15	1	1	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0
8	1	8	2	25000	20000	30000	55	40	10	1	2	1	2	5	1	1	1	1	1	1	0
9	1	9	3	25000	30000	25000	55	35	15	1	1	3	2	5	1	1	1	1	1	1	0
10	1	10	1	20000	30000	35000	60	35	10	2	1	1	2	5	1	1	1	1	1	1	0
11	2	1	3	15000	20000	20000	55	35	15	1	2	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0
12	2	2	2	25000	25000	30000	55	40	15	1	2	2	2	6	2	3	1	1	4	1	0
13	2	3	3	15000	20000	25000	60	40	10	1	2	1	2	6	2	3	1	1	4	1	0
14	2	4	3	20000	20000	20000	55	40	15	1	2	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0
15	2	5	2	15000	25000	30000	60	35	10	2	1	2	2	6	2	3	1	1	4	1	0
16	2	6	3	20000	25000	25000	55	35	15	1	1	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0
17	2	7	3	20000	25000	20000	60	35	15	1	1	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0
18	2	8	3	25000	20000	30000	55	40	10	1	2	1	2	6	2	3	1	1	4	1	0
19	2	9	3	25000	30000	25000	55	35	15	1	1	3	2	6	2	3	1	1	4	1	0
20	2	10	3	20000	30000	35000	60	35	10	2	1	1	2	6	2	3	1	1	4	1	0
21	3	1	2	15000	20000	20000	55	35	15	1	2	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0
22	3	2	2	25000	25000	30000	55	40	15	1	2	2	1	1	1	1	2	1	2	1	0
23	3	3	3	15000	20000	25000	60	40	10	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0
24	3	4	2	20000	20000	20000	55	40	15	1	2	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0
25	3	5	2	15000	25000	30000	60	35	10	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0
26	3	6	2	20000	25000	25000	55	35	15	1	1	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0
27	3	7	2	20000	25000	20000	60	35	15	1	1	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0
28	3	8	2	25000	20000	30000	55	40	10	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0
29	3	9	3	25000	30000	25000	55	35	15	1	1	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0
30	3	10	2	20000	30000	35000	60	35	10	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0

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

Η πρώτη γραμμή περιέχει διαδοχικά τις παρακάτω στήλες:

- **Nr**: ο αύξων αριθμός των ερωτηθέντων
- **ID**: ο αριθμός του κάθε σεναρίου της τρίτης ενότητας του ερωτηματολογίου

- **Choice:** η επιλογή μεταξύ των 3 εναλλακτικών σε κάθε σενάριο, όπου → Συμβατικό όχημα=1, Υβριδικό όχημα=2, Ηλεκτρικό όχημα=3
- **Price1, Price2, Price3:** οι τιμές της μεταβλητής του κόστους αγοράς, όπου τα νούμερα αντιστοιχούν στους τρεις τύπους οχημάτων
- **Fuels1, Fuels2, Fuels3:** οι τιμές της μεταβλητής του κόστους καυσίμου για 500km διαδρομής για τους τρεις τύπους οχημάτων
- **Comfort1, Comfort2, Comfort3:** οι τιμές της μεταβλητής της ευκολίας ανεφοδιασμού για τους τρεις τύπους οχημάτων
- **FUTURE\_CARBUY, FUEL\_TYPE, EXP, ...:** η κωδικοποίηση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου

### 5.3.2 Ο Κώδικας

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου της διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης **ανατέθηκε σε κάθε μεταβλητή του αρχείου RDATA** που χρησιμοποιήθηκε στο μοντέλο το είδος της (διακριτή- factor ή συνεχής- numeric). Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία όλες οι μεταβλητές λαμβάνουν διακριτές τιμές, εκτός του κόστους αγοράς και του κόστους καυσίμου για 500km που είναι συνεχείς. Οι εντολές για τη διαδικασία φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί.

RDATA\$FUTURE_CARBUY = as.factor(RDATA\$FUTURE_CARBUY) RDATA\$FUEL_TYPE = as.factor(RDATA\$FUEL_TYPE) RDATA\$YOURCAR_FUEL = as.factor(RDATA\$YOURCAR_FUEL) RDATA\$DR_TIME = as.factor(RDATA\$DR_TIME) RDATA\$ENV_FRIEND = as.factor(RDATA\$ENV_FRIEND) RDATA\$ADV_ECOLOGY = as.factor(RDATA\$ADV_ECOLOGY) RDATA\$DIS_PRICE = as.factor(RDATA\$DIS_PRICE) RDATA\$ADV_LOWFUEL = as.factor(RDATA\$ADV_LOWFUEL) RDATA\$DIS_CHARGETIME = as.factor(RDATA\$DIS_CHARGETIME) RDATA\$RSN_INFRSTR = as.factor(RDATA\$RSN_INFRSTR) RDATA\$AGE = as.factor(RDATA\$AGE) RDATA\$JOB = as.factor(RDATA\$JOB) RDATA\$CHILDREN = as.factor(RDATA\$CHILDREN) RDATA\$EVsEXPAND = as.factor(RDATA\$EVsEXPAND) RDATA\$GOVMOTIV_BUYEV = as.factor(RDATA\$GOVMOTIV_BUYEV) RDATA\$GENDER = as.factor(RDATA\$GENDER) RDATA\$INCOME = as.factor(RDATA\$INCOME) RDATA\$TYPE_FOOT = as.factor(RDATA\$TYPE_FOOT) RDATA\$EDUCATION = as.factor(RDATA\$EDUCATION) RDATA\$EXP = as.factor(RDATA\$EXP) RDATA\$IX = as.factor(RDATA\$IX) RDATA\$NR_MOVE = as.factor(RDATA\$NR_MOVE) RDATA\$TYPE_IX = as.factor(RDATA\$TYPE_IX)	RDATA\$TYPE_MOTO = as.factor(RDATA\$TYPE_MOTO) RDATA\$TYPE_METRO = as.factor(RDATA\$TYPE_METRO) RDATA\$TYPE_BIKE = as.factor(RDATA\$TYPE_BIKE) RDATA\$ELSE1 = as.factor(RDATA\$ELSE1) RDATA\$WTIMES_TRANSP = as.factor(RDATA\$WTIMES_TRANSP) RDATA\$DRIVE_BEV_HEV = as.factor(RDATA\$DRIVE_BEV_HEV) RDATA\$ADV_NOISE = as.factor(RDATA\$ADV_NOISE) RDATA\$ADV_SERVICE = as.factor(RDATA\$ADV_SERVICE) RDATA\$ADV_RING = as.factor(RDATA\$ADV_RING) RDATA\$ADV_FEES = as.factor(RDATA\$ADV_FEES) RDATA\$ADV_HOMECHARGE = as.factor(RDATA\$ADV_HOMECHARGE) RDATA\$ADV_SPORT = as.factor(RDATA\$ADV_SPORT) RDATA\$ADV_ELSE = as.factor(RDATA\$ADV_ELSE) RDATA\$DIS_RANGE = as.factor(RDATA\$DIS_RANGE) RDATA\$DIS_CHARGESTATION = as.factor(RDATA\$DIS_CHARGESTATION) RDATA\$DIS_FEWEVs = as.factor(RDATA\$DIS_FEWEVs) RDATA\$DIS_ELSE = as.factor(RDATA\$DIS_ELSE) RDATA\$RSN_PAPER = as.factor(RDATA\$RSN_PAPER) RDATA\$RSN_TAX = as.factor(RDATA\$RSN_TAX) RDATA\$RSN_DISBELIEF = as.factor(RDATA\$RSN_DISBELIEF) RDATA\$RSN_LACKINFO = as.factor(RDATA\$RSN_LACKINFO) RDATA\$RSN_PROMO = as.factor(RDATA\$RSN_PROMO) RDATA\$MARRIED = as.factor(RDATA\$MARRIED) RDATA\$CITY = as.factor(RDATA\$CITY)
---	--

**Εικόνα 5.8:** Μετατροπή των μεταβλητών σε διακριτές του αρχείου RDATA

Όπως εφαρμόστηκε και στο προηγούμενο μοντέλο, έτσι και στην περίπτωση της διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης ακολουθείται η διαδικασία σύμπτυξης ορισμένων απαντήσεων με την ανάθεση των τιμών των αρχικών απαντήσεων σε καινούργιες τιμές. Η αλλαγή αυτή πραγματοποιείται για την καλύτερη οπτική παρουσίαση και κατανόηση των μεταβλητών από τον χρήστη.

```
RDATA$AGE[RDATA$AGE > 2] <- 65      # 36-60 etwn, > 60 etwn
RDATA$AGE[RDATA$AGE <= 2] <- 66    # 18-25 etwn, 26-35 etwn
```

**Εικόνα 5.9:** Παράδειγμα σύμπτυξης απαντήσεων μεταβλητής στο RDATA

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

```
BLR1 <- glm( GOVMOTIV_BUYEV ~ TYPE_FOOT + DR_TIME +
ADV_NOISE + DIS_CHARGETIME + RSN_INFRSTR + AGE + GENDER,
data = RDATA, family = "binomial")
```

Πιο αναλυτικά, η εξαρτημένη μεταβλητή `GOVMOTIV_BUYEV`, η οποία αναφέρεται στην ερώτηση “Με βάση τις νέες επιδοτήσεις της κυβέρνησης για αγορά υβριδικού/ηλεκτρικού οχήματος, θα σκεφτόσασταν να αγοράσετε κάποιο από τα δύο;”, υπολογίζεται συναρτήσει των ανεξάρτητων μεταβλητών:

➤ `TYPE_FOOT`, `DR_TIME`, `ADV_NOISE`, `DIS_CHARGETIME`,  
`RSN_INFRSTR`, `AGE`, `GENDER`.

Οι τιμές των παραπάνω μεταβλητών παραμένουν σταθερές ανεξάρτητα της εναλλακτικής επιλογής. Ο παραπάνω συνδυασμός των μεταβλητών επιτεύχθηκε ύστερα από πλήθος διεξοδικών δοκιμών, ελέγχοντας διάφορους συνδυασμούς των παραμέτρων που θα ικανοποιούσαν τα κριτήρια ελέγχου που έχουν τεθεί.

### 5.3.3 Συνάρτηση χρησιμότητας

Το μοντέλο BLR1 που επιλέχθηκε για τη διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση παρουσιάζει την εξής μορφή

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	1.4453	0.1899	7.612	2.70e-14	***
TYPE_FOOT1	-0.3116	0.1146	-2.718	0.00656	**
DR_TIME2	-0.3275	0.1145	-2.860	0.00423	**
DR_TIME3	-0.8165	0.1910	-4.276	1.91e-05	***
ADV_NOISE	0.9156	0.1046	8.756	< 2e-16	***
DIS_CHARGETIME1	-0.4893	0.1025	-4.775	1.80e-06	***
RSN_INFRSTR1	-0.3707	0.1231	-3.011	0.00260	**
AGE66	-0.4869	0.1236	-3.941	8.12e-05	***
GENDER1	1.1674	0.1108	10.541	< 2e-16	***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 2738.4 on 2429 degrees of freedom

Residual deviance: 2491.6 on 2421 degrees of freedom

AIC: 2509.6

Number of Fisher Scoring iterations: 4

**Εικόνα 5.10:** Οι μεταβλητές του μοντέλου BLR1

Η συνάρτηση χρησιμότητας που προκύπτει από αυτό το μοντέλο είναι:

$$U = 1,445 - 0.312 * \text{TYPE\_FOOT1} - 0.328 * \text{DR\_TIME2} - 0.817 * \text{DR\_TIME3} \\ + 0.916 * \text{ADV\_NOISE} - 0.489 * \text{DIS\_CHARGETIME} - 0.371 * \\ \text{RSN\_INFRSTR1} - 0.487 * \text{AGE66} + 1.167 * \text{GENDER1}$$

Οι μεταβλητές που περιλαμβάνονται στην εξίσωση είναι:

- Ο όρος 1,445 αποτελεί τον σταθερό όρο της συνάρτησης
- **TYPE\_FOOT1:** η επιλογή “Πεζή” στην ερώτηση “Α7. Πώς μετακινείστε συνήθως;”
- **DR\_TIME2:** η επιλογή “1 έως 3 ώρες” στην ερώτηση “Α5. Πόσες ώρες οδηγείται καθημερινά;”
- **DR\_TIME3:** η επιλογή “Πάνω από 3 ώρες” στην ερώτηση “Α5. Πόσες ώρες οδηγείται καθημερινά;”
- **ADV\_NOISE:** η επιλογή “Απουσία θορύβου” στην ερώτηση “Β2. Ποιά πιστεύετε ότι είναι τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα;



- **DIS\_CHARGETIME:** η επιλογή “Χρόνος φόρτισης” στην ερώτηση “B3. Ποιά πιστεύετε ότι είναι τα σημαντικότερα μειονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα;”
- **RSN\_INFRSTR1:** η επιλογή “Απουσία υποδομών” στην ερώτηση “B5. Ποιοί πιστεύετε ότι είναι οι κύριοι λόγοι που εμποδίζουν την εξάπλωση των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα;”
- **AGE66:** η επιλογή “18-25 ετών, 26-35 ετών” στην ερώτηση “Δ2. Ηλικία”
- **GENDER1:** η επιλογή “Ανδρας” στην ερώτηση “Δ1. Φύλο”

#### 5.3.4 Στατιστικός έλεγχος μοντέλου

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

Ο παρακάτω πίνακας συγκεντρώνει τα δεδομένα του μοντέλου της διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ	P-Value	Odds Ratio	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ
(Intercept)	1,445	<0,01	4,243	0,001
TYPE_FOOT1	-0,312	<0,01	0,732	0,01
DR_TIME2	-0,328	<0,01	0,721	0,01
DR_TIME3	-0,817	<0,01	0,442	0,001
ADV_NOISE	0,916	<0,01	2,498	0,001
DIS_CHARGETIME1	-0,489	<0,01	0,613	0,001
RSN_INFRSTR1	-0,371	<0,01	0,690	0,01
AGE66	-0,487	<0,01	0,615	0,001
GENDER1	1,167	<0,01	3,214	0,001

**Πίνακας 5.2:** Στατιστικός έλεγχος των μεταβλητών του μοντέλου της διωνυμικής παλινδρόμησης

Αναλυτικότερα:

- **ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ:** το όνομα των μεταβλητών που έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο.
- **ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ:** η αριθμητική τιμή των συντελεστών των μεταβλητών.
- **P-Value:** η τιμή του P-Value με βάση την οποία κρίνεται η σημαντικότητα κάθε μεταβλητής στο μοντέλο. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία υιοθετήθηκε επίπεδο σημαντικότητας 95 τοις εκατό. Για αυτόν τον λόγο,

οποιαδήποτε τιμή του P-Value μικρότερη ή ίση του 0.05 γίνεται αποδεκτή για το μοντέλο.

- **Odds Ratio:** Ερμηνεύεται ως πόσες φορές πιο πιθανόν είναι να επιλεγεί η εκάστοτε εναλλακτική επιλογή σε σχέση με την επιλογή αναφοράς με βάση τη συγκεκριμένη μεταβλητή. Αναλυτικότερα, η ερμηνεία του Odds Ratio έχει δοθεί στο Κεφάλαιο 3.5.
- **ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ:** το επίπεδο σημαντικότητας με βάση την τιμή του P-Value. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία χρησιμοποιήθηκε επίπεδο σημαντικότητας 0.05 ή 95 τοις εκατό. Μικρότερη τιμή από την 0.05 σημαίνει μεγαλύτερο επίπεδο σημαντικότητας και άρα, αποδεκτή τιμή της μεταβλητής

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

Επόμενος είναι ο **έλεγχος συσχέτισης των μεταβλητών**, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3.6. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα R-Studio με την εντολή `cor(RDATA)`, στην φάση κατά την οποία οι μεταβλητές ήταν συνεχείς δηλαδή, πριν δηλωθούν ως διακριτές στη συνέχεια του κώδικα. Τα ζευγάρια των μεταβλητών που παρουσίασαν συσχέτιση μεταξύ τους άνω του 0.5 δεν χρησιμοποιήθηκαν ταυτόχρονα σε κανένα μοντέλο.

Σύμφωνα με τον **έλεγχο Hosmer – Lemeshow** που πραγματοποιήθηκε με την εντολή: `hl <- hoslem.test(BLR1$y, fitted(BLR1), g=6.5)`, ο δείκτης  $\chi^2$  του μοντέλου βρέθηκε ίσος με  $\chi\text{-squared} = 5.7449$  και το  $P\text{-Value} = 0,2738$  οι οποίες είναι αποδεκτές τιμές.

### 5.3.5 Αποτελέσματα

Σε αυτό το μέρος του κεφαλαίου 5, παρατίθεται η **ερμηνεία της συνάρτησης χρησιμότητας** που παρουσιάστηκε παραπάνω. Η συνάρτηση χρησιμότητας  $U$ , η οποία εκφράζει τη συνάρτηση για την πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού/υβριδικού οχήματος σύμφωνα με τις νέες επιδοτήσεις της κυβέρνησης στο άμεσο μέλλον ορίζεται ως εξής:

$$U = 1,445 - 0.312 * \text{TYPE\_FOOT1} - 0.328 * \text{DR\_TIME2} - 0.817 * \text{DR\_TIME3} + 0.916 * \text{ADV\_NOISE} - 0.489 * \text{DIS\_CHARGETIME} - 0.371 * \text{RSN\_INFRSTR1} - 0.487 * \text{AGE66} + 1.167 * \text{GENDER1}$$

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται **8 μεταβλητές και 1 σταθερός όρος**, όπως αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5.3.3.

Από την συνάρτηση U και με τη βοήθεια των **Odds Ratio** του Πίνακα 5.2 προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- ✓ Τα άτομα που έλαβαν μέρος στην έρευνα και απάντησαν πως προτιμούν συνήθως την **πεζή μετακίνηση** στην καθημερινότητα τους, έχουν 27% λιγότερες πιθανότητες να αγοράσουν καινούριο υβριδικό ή ηλεκτρικό αυτοκίνητο σύμφωνα με τις νέες επιδοτήσεις της κυβέρνησης. Αυτό εξηγείται εν μέρει από το χαμηλό οικονομικό υπόβαθρο των συγκεκριμένων ατόμων αλλά και από τις κοντινές μετακινήσεις που πραγματοποιούν ημερησίως οι οποίες ευνοούν την πεζή μετακίνηση.
- ✓ Οι **οδηγοί** που χρησιμοποιούν το όχημά τους καθημερινά από **1 έως 3 ώρες** και εκείνοι που οδηγούν **πάνω από 3 ώρες**, έχουν 28% και 56% λιγότερες πιθανότητες αντίστοιχα, να αγοράσουν καινούριο υβριδικό ή ηλεκτρικό όχημα βασιζόμενοι στις νέες επιδοτήσεις της κυβέρνησης. Σε αυτήν την περίπτωση, θα ήταν λογικό όσοι οδηγούν αρκετές ώρες ημερησίως να σκεφτούν πως μπορούν να επιτύχουν γρηγορότερη απόσβεση του υψηλότερου κόστους αγοράς που απαιτείται για την αγορά ηλεκτροκίνητου οχήματος. Παρόλα αυτά, φαίνεται ότι η συγκεκριμένη μερίδα του δείγματος αντιμετωπίζει ακόμα με επιφυλακτικότητα την ηλεκτροκίνηση και δεν παρακινείται από τις επιδοτήσεις της κυβέρνησης για απόκτηση τέτοιου τύπου οχημάτων.
- ✓ Η μερίδα των Ελλήνων που θεωρεί σημαντικό **πλεονέκτημα** των ηλεκτρικών οχημάτων την **απουσία θορύβου** κατά τη λειτουργία τους, είναι 2,5 φορές πιο πιθανό να εκμεταλευτούν τις επιδοτήσεις της κυβέρνησης και να προχωρήσουν στην αγορά ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου.
- ✓ Οι ερωτηθέντες οι οποίοι δεν μπορούν να παραβλέψουν το **αυξημένο χρονικό διάστημα** που απαιτείται για την **φόρτιση** των ηλεκτρικών οχημάτων, εμφανίζουν 39% λιγότερες πιθανότητες να αγοράσουν ένα καινούριο ηλεκτρικό ή υβριδικό αυτοκίνητο σύμφωνα με τα κίνητρα που προωθεί η κυβέρνηση.
- ✓ Εκείνοι που κατα την αποψη τους η **απουσία των κατάλληλων υποδομών** αποτελεί βασικό ανασταλτικό παράγοντα για την εξάπλωση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα, έχουν 31% λιγότερες πιθανότητες να αγοράσουν καινούριο ηλεκτρικό ή υβριδικό αυτοκίνητο.
- ✓ Οι Έλληνες με ηλικία από **18 έως 25 ετών** και από **26 έως 35 ετών** εμφανίζουν 38% λιγότερες πιθανότητες να εκμεταλευτούν τα οικονομικά κίνητρα της κυβέρνησης για την απόκτηση ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου. Οι μικρές ηλικίες που βρίσκονται στα αρχικά στάδια της

επαγγελματικής τους καριέρας δεν διαθέτουν ακόμα τους πόρους για μια τέτοιου είδους επένδυση.

- ✓ Οι **Άνδρες** που συμμετείχαν στην έρευνα έχουν περισσότερες πιθανότητες να προχωρήσουν στην αγορά είτε ηλεκτρικού είτε υβριδικού οχήματος κατα 3,2 φορές σε σχέση με τις γυναίκες ερωτηθείσες.

## Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

---

### 6.1 Σύνοψη

Ο τομέας των Μεταφορών παγκοσμίως και ιδιαίτερα το τμήμα των επιβατικών οχημάτων βρίσκεται σε μια μεταβατική περίοδο δραστικών αλλαγών και νέων μεταρρυθμίσεων που αναμένεται να διαφοροποιήσουν ριζικά το είδος των μετακινήσεων σε συνάρτηση με την προστασία του περιβάλλοντος. Η όσο το δυνατόν γρηγορότερη υιοθέτηση εναλλακτικών πηγών καυσίμου από τα κράτη με επίκεντρο την ηλεκτροκίνηση αποτελεί έναν από τους κύριους τομείς αυτών των αλλαγών. Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **ανάλυση των προτιμήσεων των Ελλήνων πολιτών απέναντι στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα** και ο προσδιορισμός των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή των διάφορων τύπων οχημάτων.

Η συγκέντρωση των απαραίτητων στοιχείων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της **δεδηλωμένης προτίμησης** και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε ένα κατάλληλα σχεδιασμένο **ερωτηματολόγιο**. Τα δεδομένα που αντλήθηκαν, επεξεργάστηκαν και κωδικοποιήθηκαν κατάλληλα με τη βοήθεια προγράμματος του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στη συνέχεια, ακολούθησε η στατιστική τους ανάλυση ώστε να παραχθούν **μαθηματικά μοντέλα**, μέσω των οποίων προσδιορίζεται η επιρροή των μεταβλητών του κόστους αγοράς, του κόστους καυσίμου για 500km και της ευκολίας ανεφοδιασμού καθώς και άλλων παραγόντων, όπως η ηλικία και το φύλο του οδηγού, σχετικά με την επιλογή αγοράς ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου.

Μέσα από μια σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν δύο μαθηματικά πρότυπα **πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης**. Το πρώτο αφορούσε στην επιλογή υβριδικού και το δεύτερο στην επιλογή ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Τα δύο αυτά πρότυπα αναπτύχθηκαν έχοντας ως επίπεδο αναφοράς τα συμβατικά αυτοκίνητα. Αναπτύχθηκε ακόμα ένα τρίτο μαθηματικό μοντέλο με τη μέθοδο της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** για τη διερεύνηση της πρόθεσης αγοράς ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου με βάση τις νέες επιδοτήσεις της κυβέρνησης στο άμεσο μέλλον.

Τα αποτελέσματα των μαθηματικών προτύπων παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους πίνακες 6.1 και 6.2.

Μεταβλητές	Επιλογή Υβριδικού αυτοκινήτου			Επιλογή Ηλεκτρικού αυτοκινήτου		
	Συντελεστές	P-value	Odds ratio	Συντελεστές	P-value	Odds ratio
Σταθερός όρος	-2,002	<0,01		-1,915	<0,01	
Κόστος αγοράς	0,00008	<0,01	1	0,00008	<0,01	1
Ευκολία ανεφοδιασμού	0,601	<0,01	1,824	0,601	<0,01	1,824
Θα αγοράζα αυτοκίνητο με Υγραέριο	1,026	<0,01	2,79	0,626	0,038	1,871
Θα αγοράζα αυτοκίνητο με φυσικό αέριο	2,006	<0,01	7,43	1,616	<0,01	5,033
Θα αγοράζα Ηλεκτρικό αυτοκίνητο	1,171	<0,01	3,224	1,667	<0,01	5,296
Θα αγοράζα Υβριδικό αυτοκίνητο	2,131	<0,01	8,423	1,565	<0,01	4,784
Το αυτοκίνητο μου είναι πετρελαίοκινητο	1,135	<0,01	3,111	1,1	<0,01	3,003
Το αυτοκίνητο μου είναι Ηλεκτρικό	2,997	<0,01	19,635			
Οδηγώ καθημερινά από 1 έως 3 ώρες	0,551	<0,01	1,734	0,601	<0,01	1,823
Δεν έχω οδηγήσει ποτέ Ηλεκτρικό ή Υβριδικό αυτοκίνητο	1,051	<0,01	2,861	0,799	<0,01	2,223
Μειονέκτημα ηλεκτρικού αυτοκινήτου, "Το κόστους αγοράς"	0,634	<0,01	1,886	0,459	<0,01	1,583
Πλεονέκτημα ηλεκτρικού αυτοκινήτου, "Το χαμηλό κόστος συντήρησης "				0,355	0,03	1,427
Πιστεύω ότι έχει έρθει ο καιρός για την εξάπλωση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων				1,38	<0,01	3,975
Θα αγοράζα Ηλεκτρικό ή Υβριδικό αυτοκίνητο με βάση τις επιδοτήσεις της κυβέρνησης	0,894	<0,01	2,445	0,907	<0,01	2,477
Έχω ετήσιο οικογενειακό εισόδημα από 15.000-30.000€				-0,483	<0,01	0,617
Έχω ετήσιο οικογενειακό εισόδημα πάνω από 30.000€	-0,524	<0,01	0,592			
Διαθέτω απολυτήριο Δημοτικού-Γυμνασίου ή Λυκείου	-0,511	0,012	0,6			

**Πίνακας 6.1:** Μοντέλο επιλογής τύπου αυτοκινήτου – Συναρτήσεις χρησιμότητας Υβριδικού και Ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Μεταβλητές	Πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου με βάση τις επιδοτήσεις της κυβέρνησης		
	Συντελεστές	P-value	Odds ratio
Σταθερός όρος			
Μετακινούμε συνήθως σαν πεζός	-0,312	<0,01	0,732
Οδηγώ καθημερινά από 1 έως 3 ώρες	-0,328	<0,01	0,721
Οδηγώ καθημερινά πάνω από 3 ώρες	-0,817	<0,01	0,442
Πλεονέκτημα ηλεκτρικού αυτοκινήτου, "Η απουσία θορύβου"	0,916	<0,01	2,498
Μειονέκτημα ηλεκτρικού αυτοκινήτου, "Ο χρόνος φόρτισης"	-0,489	<0,01	0,613
Αιτία μη εξάπλωσης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα, "Η απουσία υποδομών"	-0,371	<0,01	0,69
Ηλικία 18-25 ετών και 26-35 ετών	-0,487	<0,01	0,615
Άνδρας	1,167	<0,01	3,214

**Πίνακας 6.2:** Μοντέλο πρόθεσης αγοράς ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου με βάση τις επιδοτήσεις της κυβέρνησης

## 6.2 Συμπεράσματα

Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής των μαθηματικών μοντέλων συνοψίζονται στα εξής σημεία:

- ✓ Οι οδηγοί που έλαβαν μέρος στην έρευνα εμφανίζονται στην πλειοψηφία τους **ιδιαίτερα θετικοί όσον αφορά στην πρόσβαση στην ηλεκτροκίνηση** και την υιοθέτηση ενός τεχνολογικά εξελιγμένου τρόπου μετακίνησης. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα βρίσκονται υψηλά στις προτιμήσεις των ερωτηθέντων, με τα υβριδικά και τα συμβατικά αυτοκίνητα να ακολουθούν.
- ✓ Η κατά δήλωση επιλογή ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου **δεν επηρεάζεται αρκετά από τη διακύμανση του κόστους αγοράς**, όπως φαίνεται και από τα υψηλά ποσοστά επιλογής ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων που προέκυψαν από την έρευνα για τις μετακινήσεις. Ενδεχομένως, τα σημαντικά πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε συνδυασμό με την πρόθεση των οδηγών να εκσυγχρονίσουν τεχνολογικά τις μετακινήσεις τους, τοποθετούν τον συγκεκριμένο τύπο αυτοκινήτων αρκετά ψηλά στις προτιμήσεις των οδηγών παρά τη διαφορά που υπάρχει στο κόστος απόκτησής τους συγκριτικά με τα συμβατικά. Το **θεωρητικό πλαίσιο** των σεναρίων του ερωτηματολογίου μπορεί να επηρέασε κατά ένα βαθμό τις επιλογές των ερωτηθέντων καθώς υπάρχει πιθανότητα να μην έλαβαν υπόψιν την πραγματική διάσταση της παραμέτρου του κόστους αγοράς.
- ✓ Το **κόστος καυσίμου δεν είναι αρκετά σημαντικό** για τους ερωτηθέντες οφηγούς, όπου κατα την γνώμη τους, οι διαφορές ανάμεσα στους τρεις τύπους οχημάτων δεν επηρεάζει κατά μεγάλο ποσοστό την τελική επιλογή τους.
- ✓ Οι οδηγοί οι οποίοι **έχουν στην κατοχή τους συμβατικό αυτοκίνητο** και ιδιαίτερα αν χρησιμοποιεί το πετρέλαιο για καύσιμο, έχουν τριπλάσιες πιθανότητες να επιλέξουν ένα ηλεκτρικό για τις μετακινήσεις τους. Ενδεχομένως οι ιδιοκτήτες ενός συμβατικού τύπου αυτοκινήτου όπως είναι το πετρελαιοκίνητο, έχουν διαπιστώσει τα μειονεκτήματα που ακολουθούν ένα τέτοιο όχημα και δεν θα επέλεγαν ξανά τον ίδιο τύπο αυτοκινήτου για τις μετακινήσεις τους.
- ✓ Παρόλα αυτά οι Έλληνες που **έχουν αποφασίσει να αγοράσουν ένα όχημα υβριδικής τεχνολογίας**, θα επιλέξουν επίσης ένα ηλεκτρικό όχημα κατά 5 φορές περισσότερο αντί για το αντίστοιχο συμβατικό. Ένα

ηλεκτρικό αυτοκίνητο διαθέτει πολλά από τα πλεονεκτήματα ενός υβριδικού αυτοκινήτου και για αυτό τον λόγο θα ήταν η πιο κοντινή επιλογή για τα άτομα που δήλωσαν ότι θα αγόραζαν υβριδικό αυτοκίνητο.

- ✓ **Σημαντικό ρόλο παίζει και ο χρόνος καθημερινής οδήγησης**, αφού όσο μεγαλώνει η διάρκεια οδήγησης τόσο περισσότερο θα προτιμούσαν τα άτομα του δείγματος ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Ενδεχομένως, καταλήγουν σε αυτή την επιλογή διότι ένα ηλεκτρικό όχημα προσφέρει μεταξύ άλλων μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου αποτελώντας τον κύριο λόγο για τον οποίο θα το επέλεγαν όσοι οδηγούν αρκετές ώρες καθημερινά.
- ✓ Τα στατιστικά μοντέλα έδειξαν ότι οι πιθανότητες επιλογής ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου αυξάνονται αρκετά **εάν ένας οδηγός δεν έχει οδήγησει ποτέ ηλεκτρικό ή υβριδικό όχημα**. Η έλλειψη οδηγικής εμπειρίας με τα νέας τεχνολογίας αυτοκίνητα, φαίνεται να δημιουργεί σε αυτή την κατηγορία οδηγών μια περιέργεια να θέλουν να εξοικιωθούν με την εξέλιξη της τεχνολογίας που συνοδεύει την ηλεκτροκίνηση.
- ✓ Η **θετική επιρροή του χαμηλού κόστους συντήρησης** και της απουσίας θορύβου ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι απολύτως αναμενόμενη στην επιλογή μεταξύ των τριών εξεταζόμενων τύπων οχημάτων.
- ✓ Ένα συμπέρασμα που συμφωνεί με τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας, είναι ότι **η ύπαρξη οικονομικών κινήτρων** από τις κυβερνήσεις ώθει τους πολίτες στην επιλογή ηλεκτρικού αυτοκινήτου σχεδόν 3 φορές περισσότερο. Επίσης, όσοι υποστηρίζουν την εξάπλωση των εν λόγω αυτοκινήτων διατηρούν τετραπλάσιες πιθανότητες να τα επιλέξουν τελικώς, όπως είναι αναμενόμενο.
- ✓ Το χαμηλό κόστος αγοράς ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου δεν φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στους Έλληνες που διαθέτουν **πολύ υψηλό ετήσιο οικογενειακό εισόδημα**, καθώς έχουν 38% λιγότερες πιθανότητες να επιλέξουν το ηλεκτρικό αντί για το συμβατικό αυτοκίνητο. Από αυτή την κατανομή γίνεται αντιληπτό ότι τα άτομα με πολύ υψηλές οικονομικές απολαβές, δεν θέτουν σαν προτεραιότητα στις μετακινήσεις τους τα πολλαπλά οικονομικά οφέλη των ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων, καθώς ο περιορισμός των εξόδων δεν αποτελεί κύριο μέλημα των ανθρώπων αυτών.
- ✓ Από τις διάφορες αναλύσεις προέκυψε και μια σχέση του μορφωτικού επιπέδου με την επιλογή ηλεκτροκίνητου οχήματος. Όσοι περιορίζονται σε ένα **απολυτήριο Δημοτικού - Γυμνασίου ή Λυκείου**, έχουν 40% λιγότερες πιθανότητες να επιλέξουν ένα υβριδικό αντί για ένα συμβατικό



αυτοκίνητο. Αυτή η τάση μπορεί να οφείλεται εν μέρει στην οικονομική κατάσταση της συγκεκριμένης κατηγορίας η οποία είναι επιβαρυνμένη εξαιτίας της ανεπαρκούς επαγγελματικής αποκατάστασης που προσφέρει το μορφωτικό τους επίπεδο.

- ✓ Ενδιαφέρον παρουσίασε και η περίπτωση των ερωτηθέντων που μετακινούνται συνήθως **πεζή**. Η πιθανότητα αγοράς ηλεκτρικού ή υβριδικού αυτοκινήτου είναι κατά 27% χαμηλότερη, γεγονός που πρέπει να οφείλεται στο χαμηλό οικονομικό υπόβαθρο των συγκεκριμένων ατόμων αλλά και στις κοντινές μετακινήσεις που πραγματοποιούν ημερησίως οι οποίες ευνοούν την πεζή μετακίνηση.
- ✓ Η **αρνητική επιρροή της διάρκειας φόρτισης και της απουσίας των κατάλληλων υποδομών** για τη φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι απολύτως αναμενόμενες στην επιλογή τύπου οχήματος και σε συμφωνία με τη διεθνή βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, όσοι δεν μπορούν να παραβλέψουν τα παραπάνω μειονεκτήματα έχουν σημαντικά λιγότερες πιθανότητες αγοράς ηλεκτροκίνητου αυτοκινήτου.
- ✓ Οι **άνδρες οδηγοί** που συμμετείχαν στην έρευνα έχουν τριπλάσιες πιθανότητες να επιλέξουν την αγορά είτε ηλεκτρικού είτε υβριδικού οχήματος, καταδεικνύοντας μια μεγαλύτερη δυσπιστία των γυναικών απέναντι στα νέας τεχνολογίας αυτοκίνητα.

### 6.3 Προτάσεις για αξιοποίηση των αποτελεσμάτων

Με βάση τα αποτελέσματα και τα συνολικά εξαγόμενα συμπεράσματα από την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, επιχειρείται η παράθεση μίας σειράς προτάσεων που ενδεχομένως θα συμβάλλουν στην ουσιαστικότερη ένταξη των ηλεκτρικών οχημάτων στην καθημερινότητα των Ελλήνων πολιτών με ταυτόχρονα περιβαλλοντικά οφέλη.

- Δεδομένης της γενικότερα θετικής στάσης των οδηγών που έλαβαν μέρος στην έρευνα, προς την υιοθέτηση ηλεκτρικής τεχνολογίας στα οχήματά τους, προτείνεται η **διατήρηση και ενίσχυση των οικονομικών κινήτρων** από την Πολιτεία. Μεγαλύτερη ενίσχυση είναι προτιμότερο να δοθεί στα αυτοκίνητα της μικρής κατηγορίας των οχημάτων πόλης (κατηγορία Β, C), καθώς κατέχουν διαχρονικά το μεγαλύτερο ποσοστό των ταξινομήσεων στην Ελλάδα, βοηθώντας έτσι την εισαγωγή των οδηγών στην ηλεκτροκίνηση και από τα πιο οικονομικά μοντέλα.
- Ακόμη, θεωρείται αναγκαία η δημιουργία των **κατάλληλων υποδομών φόρτισης** που θα υποστηρίζουν τις ξεχωριστές ανάγκες των ηλεκτρικών

οχημάτων, όπως το δίκτυο φόρτισης. Η κατασκευή πυκνότερου δικτύου φόρτισης και η ενσωμάτωση νέας τεχνολογίας φορτιστών που θα περιορίζουν στο ελάχιστο τη διάρκεια επαναφόρτισης, είναι μέτρα που μπορούν να στρέψουν περισσότερους Έλληνες στην ηλεκτροκίνηση. Με τον τρόπο αυτό ενισχύεται η ασφάλεια και η ευκολία του οδηγού στις κοντινές και μακρινές μετακινήσεις του αποφεύγοντας άλλο ένα μειονέκτημα των ηλεκτρικών οχημάτων.

- Σχετικά με την μελλοντική εξέλιξη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, είναι προς όφελος των καταναλωτών να υπάρχει **μεγάλη ποικιλία ηλεκτρικών αυτοκινήτων** από διαφορετικούς κατασκευαστές με σκοπό την αύξηση της ανταγωνιστικότητας μεταξύ των εταιρειών, γεγονός το οποίο θα φέρει γρηγορότερα λύσεις στα μειονεκτήματα που συνοδεύουν τα ηλεκτρικά οχήματα, αλλά και χαμηλότερο κόστος. Για αυτό το σκοπό είναι απαραίτητη η συνδρομή των εκάστοτε κυβερνήσεων στην επίτευξη συνεργασιών με τις αυτοκινητοβιομηχανίες με επίκεντρο την ηλεκτροκίνηση, γεγονός που θα βοηθήσει στην εξοικίωση του κοινού με την νέα τεχνολογία, αλλά και στην ταχύτερη εξέλιξή τους.
- Σε κάθε περίπτωση, απαιτείται ένα **ολοκληρωμένο σχέδιο δράσης** από την Πολιτεία αλλά και από τη βιομηχανία ώστε να τονιστούν τα πλεονεκτήματα και να ελαχιστοποιηθούν τα μειονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, αφού έχει αποδειχτεί πως πρόκειται για μια τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον και με θετικές συνέπειες στη ζωή στον αστικό χώρο. Ειδικότερα, η περιοχή της Αθήνας αλλά και άλλων μεγάλων πόλεων, έχει ανάγκη από περισσότερες οικολογικές μετακινήσεις που θα βελτιώσουν την ποιότητα της ζωής και την υγεία των κατοίκων τους. Με κατάλληλες νομοθετικές ρυθμίσεις και τη δημιουργία οικονομικών κινήτρων ή αντικινήτρων που θα απέτρεπαν μια μη οικολογική μετακίνηση μπορεί να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος.

## 6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάστηκε η επιρροή του κόστους αγοράς, του κόστους καυσίμου για 500km διαδρομής, και της ευκολίας ανεφοδιασμού κατά την διαδικασία επιλογής υβριδικού και ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Παράλληλα, με την προσθήκη επιπρόσθετων μεταβλητών σχετικές με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά και τις απόψεις των ερωτηθέντων απέναντι στην ηλεκτροκίνηση και τις μετακινήσεις γενικότερα εξήχθησαν μαθηματικά μοντέλα με υψηλή αξιοπιστία ως προς την εξαγωγή των συμπερασμάτων που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Ωστόσο υπάρχουν **περιθώρια για περαιτέρω συνέχιση της έρευνας** σε ένα πεδίο που θα απασχολήσει αρκετά την παγκόσμια κοινότητα και τον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας στο εγγύς μέλλον:

- Εξαιτίας της φύσης της ηλεκτροκίνησης η οποία αποτελεί έναν κλάδο ο οποίος εξαπλώθηκε ταχύτατα παγκοσμίως, οι απόψεις των Ελλήνων ενδέχεται να μεταβληθούν σε μερικά χρόνια καθώς θα εξοικιώνονται ολοένα και περισσότερο με την νέα αυτήν τεχνολογία. Για τον λόγο αυτό, προτείνεται η **επανάληψη της έρευνας σε τακτά χρονικά διαστήματα**, με σκοπό να ενσωματωθούν σε αυτήν οι αλλαγές που θα προκύψουν στον τρόπο που θα αντιμετωπίζουν οι οδηγοί το ηλεκτρικό αυτοκίνητο σε σχέση με τις μετακινήσεις τους.
- Πιθανόν να ήταν προς όφελος της έρευνας η βελτίωση τμημάτων του ερωτηματολογίου καθιστώντας το περισσότερο εστιασμένο στην **πρακτική διάσταση** του θέματος. Η διαμόρφωση του τμήματος των σεναρίων θα πρέπει να σχεδιαστεί με τρόπο που να ανταποκρίνεται στις πραγματικές ανάγκες και σκέψεις των ερωτηθέντων,
- Επίσης, κρίνεται σημαντική η **αύξηση του δείγματος των οδηγών** ώστε να μεγαλώσει το εύρος του πληθυσμού στο οποίο απευθύνεται, συμπεριλαμβάνοντας και οδηγούς που δεν σκοπεύουν να αγοράσουν καινούριο όχημα σύντομα, αλλά μπορεί να ενδιαφέρει η άποψή τους πάνω στο θέμα της ηλεκτροκίνησης γενικότερα. Ακόμα, είναι δυνατόν να προστεθούν στον πληθυσμό και εκείνοι που βρισκονται στα αρχικά στάδια απόκτησης άδειας οδήγησης και σκέφτονται να αποκτήσουν καινούριο όχημα για τις μετακινήσεις τους.
- Παρουσιάζει αρκετό ενδιαφέρον να γίνει μια προσπάθεια διεξαγωγής της έρευνας σε **συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας** ή και ακόμα χρησιμοποιώντας αποκλειστικά συγκεκριμένες ομάδες του

πληθυσμού. Με αυτόν τον τρόπο, θα μελετηθούν οι ιδιαιτερότητες και οι διαφορές των ανθρώπων της εκάστοτε περιοχής ή μεταξύ των ομάδων του πληθυσμού, όσον αφορά στη σχέση τους με τις νέες ηλεκτροκίνητες προτάσεις της αγοράς.

- Παράλληλα με όσα αναφέρθηκαν, είναι υψίστης σημασίας να αναλυθεί σε επόμενη έρευνα **ολόκληρος ο κύκλος ζωής των ηλεκτρικών οχημάτων** έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια πιο σαφής εικόνα των σημερινών και μελλοντικών πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων που συνοδεύουν την μετάβαση σε μια ηλεκτρική νέα εποχή. Η έρευνα πρέπει να εστιάσει στην επίδραση που έχει στο περιβάλλον η αύξηση του στόλου των ηλεκτρικών οχημάτων που συνεπάγεται μεγαλύτερη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, με απώτερο στόχο να αποκτήσουν οι ερωτηθέντες μια πιο σφαιρική εικόνα των συγκεκριμένων οχημάτων.

## Βιβλιογραφία

---

Dan Zeng, Yan Dong, Huajun Cao, Yuke Li, Jia Wang, Zhenbiao Li, Michael Zwicky Hauschild 2020. *Are the electric vehicles more sustainable than the conventional ones? Influences of the assumptions and modeling approaches in the case of typical cars in China.*

Anat Tchetchik, Liat I. Zvi, Sigal Kaplan, Vered Blass 2020. *The joint effects of driving hedonism and trialability on the choice between internal combustion engine, hybrid, and electric vehicles.*

George Milev, Astley Hastings, Amin Al-Habaibeh 2020. *The environmental and financial implications of expanding the use of electric cars - A Case study of Scotland.*

Mariangela Scorrano, Romeo Danielis, Marco Giansoldati 2019. *Dissecting the total cost of ownership of fully electric cars in Italy: The impact of annual distance travelled, home charging and urban driving.*

Romeo Danielis, Lucia Rotaris, Marco Giansoldati, Mariangela Scorrano 2020. *Drivers' preferences for electric cars in Italy. Evidence from a country with limited but growing electric car uptake.*

K. Bienias, A. Kowalska-Pyzalska, D. Ramsey 2019. *What do people think about electric vehicles? An initial study of the opinions of car purchasers in Poland.*

Ishant Sharma, Munish Kumar Chandel 2020. *Will electric vehicles (EVs) be less polluting than conventional automobiles under Indian city conditions?*

Sebastian Bobeth, Ingo Kastner 2020. *Buying an electric car: A rational choice or a norm-directed behavior?*

Md Arif Hasan, PhD, David J. Frame, PhD, Ralph Chapman, PhD, Kelli M. Archie, PhD 2021. *Costs and emissions: Comparing electric and petrol-powered cars in New Zealand.*

Jianyu Zhao, Xi Xi, Qi Na, Shanshan Wang, Seifedine Nimer Kadry, Priyan Malarvizhi Kumar 2021. *The technological innovation of hybrid and plug-in electric vehicles for environment carbon pollution contro.*

European Environment Agency (EEA) 2020. *Towards Europe 2030: sustainable nature, sustainable economy and healthy lives.*

CNN 2021. *The good of the pandemic: Global reduction in infection levels in 2020.*

European Automobile Manufacturers Association (ACEA) 2019. *Interactive map – Correlation between uptake of electric cars and GDP in the EU.*

Kia Motors - Greece 2021. No title.

Institute for Energy and Environmental Research (Heidelberg, Germany) 2019. *Climate impacts of electric cars.*

Association of car dealership importers – Greece 2021. *Classifications and car prices.*

Public Power Corporation – Greece 2021. Kilowatt hour charge and invoices.

## **Παραρτήματα**

---

### **Παράρτημα Α – Ερωτηματολόγιο**



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΩΝ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

### *Ερωτηματολόγιο*



Η έρευνα εκτελείται στο πλαίσιο Διπλωματικής Εργασίας στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με θέμα την ανάλυση των προτιμήσεων απέναντι στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα.

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου είναι ανώνυμη με χρόνο συμπλήρωσης περίπου 5 λεπτά.



## Ερωτηματολόγιο έρευνας για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα



Περιγραφή φόρμας

Σκέφτεστε να αγοράσετε καινούριο αυτοκίνητο: \*



- Εντός του 2021
- Εντός των 10 επόμενων ετών
- Δε σκοπεύω να αγοράσω καινούριο αυτοκίνητο εντός των 10 επόμενων ετών

Μετά την ενότητα 1 [Συνέχεια στην επόμενη ενότητα](#)



## A. Χαρακτηριστικά Κινητικότητας



(Οι ερωτήσεις αφορούν κανονικές συνθήκες κινητικότητας, χωρίς τα περιοριστικά μέτρα που έχουν ληφθεί λόγω του COVID-19)

...

A1. Αν σκέφτεστε να αγοράσετε καινούριο αυτοκίνητο, τι είδους καύσιμο θα θέλατε να έχει: \*

- Βενζίνη
- Πετρέλαιο
- Υγραέριο
- Φυσικό αέριο
- Ηλεκτρικό (Ηλεκτροκίνητος)
- Υβριδικό (Βενζίνη ή Πετρέλαιο + Ηλεκτροκίνητος)

A2. Πόσα χρόνια είναι η οδηγική σας εμπειρία: \*

- 0-5 χρόνια
- 6-10 χρόνια
- Πάνω από 10 χρόνια

A3. Πόσα Ι.Χ. διαθέτει η οικογένειά σας: \*

- 0

- 1
- 2
- Πάνω από 2

A4. Τι είδους καύσιμο χρησιμοποιεί το όχημα σας; \*

- Βενζίνη
- Πετρέλαιο
- Υγραέριο
- Φυσικό αέριο
- Υβριδικό
- Ηλεκτρικό

A5. Πόσες ώρες οδηγείτε καθημερινά; \*

- Λιγότερο από 1 ώρα
- 1 έως 3 ώρες
- Πάνω από 3 ώρες

A6. Πόσες μετακινήσεις κάνετε την εβδομάδα; \*

- 0-2
- 3-5
- 6-10
- Πάνω από 10

A7. Με ποιο μέσο μετακινείστε συνήθως; (μπορείτε να επιλέξετε και περισσότερες από 1 επιλογές): \*

- Ι.Χ.
- Ταξί
- Μοτοσυκλέτα
- Μετρό/ΗΣΑΠ
- Ποδήλατο
- Πεζή
- Άλλο...

A8. Πόσες φορές την εβδομάδα χρησιμοποιείτε Μέσα Μαζικής Μεταφοράς; \*

- Σπάνια/Ποτέ
- 1 έως 3 φορές
- 4-10 φορές
- Πάνω από 10 φορές

A9. Έχετε οδηγήσει ποτέ Ηλεκτρικό/Υβριδικό αυτοκίνητο: \*

- Έχω οδηγήσει Ηλεκτρικό
- Έχω οδηγήσει Υβριδικό
- Δεν έχω οδηγήσει τίποτα από τα δύο

Μετά την ενότητα 2 Συνέχεια στην επόμενη ενότητα

Ενότητα 3 από 15

## B. Απόψεις για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα

Περιγραφή (προαιρετικό)

B1. Ποιο από τα παρακάτω νομίζετε ότι είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον: \*

- Συμβατικό αυτοκίνητο (Βενζίνη-Πετρέλαιο)
- Υβριδικό αυτοκίνητο
- Ηλεκτρικό αυτοκίνητο

B2. Ποια πιστεύετε ότι είναι τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε σχέση με τα συμβατικά αυτοκίνητα; (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες από 1 επιλογές) \*

- Φιλικά προς το περιβάλλον
- Απουσία θορύβου
- Κόστος συντήρησης
- Χαμηλή κατανάλωση καυσίμου
- Πρόσβαση στο Δακτύλιο
- Μηδενικά Τέλη Κυκλοφορίας
- Φόρτιση στο σπίτι
- Επιδόσεις
- Άλλο...

Β3. Ποια πιστεύετε ότι είναι τα σημαντικότερα μειονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε σχέση με τα συμβατικά αυτοκίνητα: (μπορείτε να επιλέξετε πάνω από 1 επιλογή): \*

- Κόστος αγοράς
- Χαμηλή αυτονομία
- Λίγα σημεία φόρτισης
- Διάρκεια φόρτισης
- Λίγα διαθέσιμα ηλεκτρικά μοντέλα
- Άλλο...

Ναι

Όχι

## Γ2. Επιλογές σεναρίων

Επιλέξτε τον τύπο αυτοκινήτου που θα προτιμούσατε για καθένα από τα 10 παρακάτω Σενάριο συνδυασμών κόστους αγοράς, κόστους καυσίμου για 500 km και ευκολίας ανεφοδιασμού που αφορούν σε μετακινήσεις εντός της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας.

Επισημαίνεται ότι τα κόστη αγοράς και χρήση έχουν υπολογιστεί για τα τελευταία γενιάς αυτοκίνητα της μικρομεσαίας κατηγορίας (κατηγορία C), που κυκλοφορούν στους ελληνικούς δρόμους.  
(Γυρίστε την οθόνη του κινητού στο πλάι για καλύτερη εμφάνιση των στοιχείων)

Μετά την ενότητα 4 Συνέχεια στην επόμενη ενότητα

Ενότητα 5 από 15

## Σενάριο 1

✕ ⋮

	Συμβατικό	Υβριδικό	Ηλεκτρικό
Κόστος αγοράς €	15.000	20.000	20.000
Κόστος καυσίμου € για 500 km	55	35	15
Ευκολία ανεφοδιασμού	εύκολη	μέτρια	δύσκολη

Ποιο αυτοκίνητο θα επιλέγατε στο Σενάριο 1:

Συμβατικό

Υβριδικό

Ηλεκτρικό

B4. Θεωρείτε ότι έχει έρθει ο καιρός για την εξαπλώση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων; \*

- Ναι
- Όχι

B5. Ποιοι λόγοι μπορεί να εμποδίσουν την εξαπλώση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες από 1 επιλογές); \*

- Γραφειοκρατία
- Φορολογία
- Απουσία υποδομών
- Δυσπιστία του Έλληνα απέναντι στα ηλεκτρικά
- Ελλιπής ενημέρωση
- Μη προώθηση της ηλεκτροκίνησης

Μετά την ενότητα 3 Συνέχεια στην επόμενη ενότητα

Ενότητα 4 από 15

## Γ. Ερωτήσεις προτιμήσεων

Περιγραφή (προαιρετικό)

Γ1. Με βάση τα νέα κίνητρα και τις επιδοτήσεις της κυβέρνησης για αγορά Ηλεκτρικού ή Υβριδικού αυτοκινήτου θα σκεφτόσασταν να αγοράσετε κάποιο από τα 2; \*



Ενότητα 6 από 15

## Σενάριο 2



	Συμβατικό	Υβριδικό	Ηλεκτρικό
Κόστος αγοράς €	25.000	25.000	30.000
Κόστος καυσίμου € για 500 km	55	40	15
Ευκολία ανεφοδιασμού	εύκολη	μέτρια	μέτρια

Ποιο αυτοκίνητο θα επιλέγατε στο Σενάριο 2:

- Συμβατικό
- Υβριδικό
- Ηλεκτρικό

Μετά την ενότητα 6 Συνέχεια στην επόμενη ενότητα



Ενότητα 7 από 15

## Σενάριο 3



	Συμβατικό	Υβριδικό	Ηλεκτρικό
Κόστος αγοράς €	15.000	20.000	25.000
Κόστος καυσίμου € για 500 km	60	40	10
Ευκολία ανεφοδιασμού	εύκολη	μέτρια	εύκολη

Ποιο αυτοκίνητο θα επιλέγατε στο Σενάριο 3;

- Συμβατικό
- Υβριδικό
- Ηλεκτρικό

Μετά την ενότητα 7 Συνέχεια στην επόμενη ενότητα

Ενότητα 8 από 15

## Σενάριο 4

	Συμβατικό	Υβριδικό	Ηλεκτρικό
Κόστος αγοράς €	20.000	20.000	20.000
Κόστος καυσίμου € για 500 km	55	40	15
Ευκολία ανεφοδιασμού	εύκολη	μέτρια	δύσκολη

Ποιο αυτοκίνητο θα επιλέγατε στο Σενάριο 4;

- Συμβατικό
- Υβριδικό
- Ηλεκτρικό

Μετά την ενότητα 8 Συνέχεια στην επόμενη ενότητα

## Σενάριο 5



	Συμβατικό	Υβριδικό	Ηλεκτρικό
Κόστος αγοράς €	15.000	25.000	30.000
Κόστος καυσίμου € για 500 km	60	35	10
Ευκολία ανεφοδιασμού	μέτρια	μέτρια	εύκολη

Ποιο αυτοκίνητο θα επιλέγατε στο Σενάριο 5:

- Συμβατικό
- Υβριδικό
- Ηλεκτρικό

Μετά την ενότητα 9 [Συνέχεια στην επόμενη ενότητα](#)

## Σενάριο 6



	Συμβατικό	Υβριδικό	Ηλεκτρικό
Κόστος αγοράς €	20.000	25.000	25.000
Κόστος καυσίμου € για 500 km	55	35	15
Ευκολία ανεφοδιασμού	εύκολη	εύκολη	δύσκολη

Ποιο αυτοκίνητο θα επιλέγατε στο Σενάριο 6:

Συμβατικό

Υβριδικό

Ηλεκτρικό

Μετά την ενότητα 10 Συνέχεια στην επόμενη ενότητα

Ενότητα 11 από 15

## Σενάριο 7



	Συμβατικό	Υβριδικό	Ηλεκτρικό
Κόστος αγοράς €	20.000	25.000	20.000
Κόστος καυσίμου € για 500 km	60	35	15
Ευκολία ανεφοδιασμού	εύκολη	εύκολη	δύσκολη

Ποιο αυτοκίνητο θα επιλέγατε στο Σενάριο 7:

Συμβατικό

Υβριδικό

Ηλεκτρικό

Μετά την ενότητα 11 Συνέχεια στην επόμενη ενότητα

## Σενάριο 8



	Συμβατικό	Υβριδικό	Ηλεκτρικό
Κόστος αγοράς €	25.000	20.000	30.000
Κόστος καυσίμου € για 500 km	55	40	10
Ευκολία ανεφοδιασμού	εύκολη	μέτρια	εύκολη

Ποιο αυτοκίνητο θα επιλέγατε στο Σενάριο 8;

- Συμβατικό
- Υβριδικό
- Ηλεκτρικό

Μετά την ενότητα 12 Συνέχεια στην επόμενη ενότητα



## Σενάριο 9



	Συμβατικό	Υβριδικό	Ηλεκτρικό
Κόστος αγοράς €	25.000	30.000	25.000
Κόστος καυσίμου € για 500 km	55	35	15
Ευκολία ανεφοδιασμού	εύκολη	εύκολη	δύσκολη

Ποιο αυτοκίνητο θα επιλέγατε στο Σενάριο 9;

Συμβατικό

Υβριδικό

Ηλεκτρικό

Μετά την ενότητα 13 Συνέχεια στην επόμενη ενότητα

Ενότητα 14 από 15

## Σενάριο 10

	Συμβατικό	Υβριδικό	Ηλεκτρικό
Κόστος αγοράς €	20.000	30.000	35.000
Κόστος καυσίμου € για 500 km	60	35	10
Ευκολία ανεφοδιασμού	μέτρια	εύκολη	εύκολη

Ποιο αυτοκίνητο θα επιλέγατε στο Σενάριο 10;

Συμβατικό

Υβριδικό

Ηλεκτρικό

Μετά την ενότητα 14 Συνέχεια στην επόμενη ενότητα

Ενότητα 15 από 15

## Δ. Δημογραφικά χαρακτηριστικά

Περιγραφή (προαιρετικό)

### Δ1. Φύλο \*

- Άνδρας
- Γυναίκα

### Δ2. Ηλικία \*

- 18-25
- 26-35
- 36-60
- Πάνω από 60

### Δ3. Οικογενειακή κατάσταση \*

- Παντρεμένος
- Ανύπαντρος
- Άλλο...

### Δ4. Αριθμός παιδιών \*

- 0
- 1
- 2
- 3
- Πάνω από 3

Δ5. Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα \*

- Εως 15.000 €
- 15.000€ - 30.000€
- Πάνω από 30.000€

Δ6. Μορφωτικό επίπεδο \*

- Δημοτικό-Γυμνάσιο
- Λύκειο
- Φοιτητής
- Πτυχιούχος πανεπιστημίου
- Πτυχιούχος μεταπτυχιακών σπουδών
- Άλλο...



Δ7. Επάγγελμα \*

- Δημόσιος/ιδιωτικός υπάλληλος
- Ελεύθερος επαγγελματίας
- Συνταξιούχος
- Άνεργος
- Φοιτητής
- Άλλο...

Δ8. Σε ποια πόλη ζείτε:

Κείμενο σύντομης απάντησης

## Παράρτημα Β – Ο κώδικας της ανάλυσης στο R-Studio

```

library(mlogit)

#Eisagwgh dedomenwn apo ton Master table

library(readxl)
MASTER_TABLE4_r <-
read_excel("C:/Users/MPOMPIRAS/Downloads/MASTER_TABLE4-R.xlsx")
RDATA=MASTER_TABLE4_r
RDATA$Choiceid <- 1:nrow(RDATA)
View(RDATA)
str(RDATA)

#correlation test between independent variables
RDATA_numeric<-RDATA[,sapply(RDATA, is.numeric)]
cor(RDATA_numeric,method = c("pearson"))
cor(RDATA[,unlist(lapply(RDATA, is.numeric))])

###Multinomial Logistic Regression Analysis

#transform to long format
RDATA2 <- dfixd(RDATA, shape = "wide", choice = "Choice", varying = 4:12,
sep = "", idx = list(c("Choiceid", "ID")),
            idnames = c("chid", "alt"), opposite = c("Price", "Comfort", "Fuels"))

View(RDATA2)

#Group Answers
RDATA2$NR_MOVE[RDATA2$NR_MOVE>2]<-61 #6-10, >10 metakiniseis
RDATA2$NR_MOVE[RDATA2$NR_MOVE<=2]<-62 #0-2, 3-5 metakiniseis
RDATA2$WTIMES_TRANSP[RDATA2$WTIMES_TRANSP>2]<-63 #4-10,
>10 fores
RDATA2$WTIMES_TRANSP[RDATA2$WTIMES_TRANSP<=2]<-64 #
spania/pote, 1-3 fores
RDATA2$AGE[RDATA2$AGE>2]<-65 #36-60, >60 etwn
RDATA2$AGE[RDATA2$AGE<=2]<-66 #18-25, 26-35 etwn
RDATA2$CHILDREN[RDATA2$CHILDREN>0]<-67 #1, 2, 3, panw apo 3
RDATA2$CHILDREN[RDATA2$CHILDREN<=0]<-68 #0 paidia
RDATA2$EDUCATION[RDATA2$EDUCATION>2]<-69 #
foititis,ptixio,metaptixiako,allo
RDATA2$EDUCATION[RDATA2$EDUCATION<=2]<-70 #dimotiko-
gimnasio,likeio

```

#Include factor variables after converting them ####

```
RDATA2$FUTURE_CARBUY = as.factor(RDATA2$FUTURE_CARBUY)
RDATA2$FUEL_TYPE = as.factor(RDATA2$FUEL_TYPE)
RDATA2$EXP = as.factor(RDATA2$EXP)
RDATA2$IX = as.factor(RDATA2$IX)
RDATA2$YOURCAR_FUEL = as.factor(RDATA2$YOURCAR_FUEL)
RDATA2$DR_TIME = as.factor(RDATA2$DR_TIME)
RDATA2$NR_MOVE = as.factor(RDATA2$NR_MOVE)
RDATA2$TYPE_IX = as.factor(RDATA2$TYPE_IX)
RDATA2$TYPE_TAXI = as.factor(RDATA2$TYPE_TAXI)
RDATA2$TYPE_MOTO = as.factor(RDATA2$TYPE_MOTO)
RDATA2$TYPE_METRO = as.factor(RDATA2$TYPE_METRO)
RDATA2$TYPE_BIKE = as.factor(RDATA2$TYPE_BIKE)
RDATA2$TYPE_FOOT = as.factor(RDATA2$TYPE_FOOT)
RDATA2$ELSE1 = as.factor(RDATA2$ELSE1)
RDATA2$WTIMES_TRANSP = as.factor(RDATA2$WTIMES_TRANSP)
RDATA2$DRIVE_BEV_HEV = as.factor(RDATA2$DRIVE_BEV_HEV)
RDATA2$ENV_FRIEND = as.factor(RDATA2$ENV_FRIEND)
RDATA2$ADV_ECOLOGY = as.factor(RDATA2$ADV_ECOLOGY)
RDATA2$ADV_NOISE = as.factor(RDATA2$ADV_NOISE)
RDATA2$ADV_SERVICE = as.factor(RDATA2$ADV_SERVICE)
RDATA2$ADV_LOWFUEL = as.factor(RDATA2$ADV_LOWFUEL)
RDATA2$ADV_RING = as.factor(RDATA2$ADV_RING)
RDATA2$ADV_FEES = as.factor(RDATA2$ADV_FEES)
RDATA2$ADV_HOMECHARGE = as.factor(RDATA2$ADV_HOMECHARGE)
RDATA2$ADV_SPORT = as.factor(RDATA2$ADV_SPORT)
RDATA2$ADV_ELSE = as.factor(RDATA2$ADV_ELSE)
RDATA2$DIS_PRICE = as.factor(RDATA2$DIS_PRICE)
RDATA2$DIS_RANGE = as.factor(RDATA2$DIS_RANGE)
RDATA2$DIS_CHARGESTATION =
as.factor(RDATA2$DIS_CHARGESTATION)
RDATA2$DIS_CHARGETIME = as.factor(RDATA2$DIS_CHARGETIME)
RDATA2$DIS_FEWEVs = as.factor(RDATA2$DIS_FEWEVs)
RDATA2$DIS_ELSE = as.factor(RDATA2$DIS_ELSE)
RDATA2$RSN_PAPER = as.factor(RDATA2$RSN_PAPER)
RDATA2$RSN_TAX = as.factor(RDATA2$RSN_TAX)
RDATA2$RSN_INFRSTR = as.factor(RDATA2$RSN_INFRSTR)
RDATA2$RSN_DISBELIEF = as.factor(RDATA2$RSN_DISBELIEF)
RDATA2$RSN_LACKINFO = as.factor(RDATA2$RSN_LACKINFO)
RDATA2$RSN_PROMO = as.factor(RDATA2$RSN_PROMO)
```

```
RDATA2$GENDER = as.factor(RDATA2$GENDER)
RDATA2$AGE = as.factor(RDATA2$AGE)
RDATA2$MARRIED = as.factor(RDATA2$MARRIED)
RDATA2$CHILDREN = as.factor(RDATA2$CHILDREN)
RDATA2$INCOME = as.factor(RDATA2$INCOME)
RDATA2$EDUCATION = as.factor(RDATA2$EDUCATION)
RDATA2$JOB = as.factor(RDATA2$JOB)
RDATA2$GOVMOTIV_BUYEV = as.factor(RDATA2$GOVMOTIV_BUYEV)
RDATA2$EVsEXPAND = as.factor(RDATA2$EVsEXPAND)
RDATA2$CITY = as.factor(RDATA2$CITY)
```

```
View(RDATA2)
str(RDATA2)
```

```
#Run the model
```

```
library("Formula")
```

```
MLR1 <- mlogit(Choice ~ Price + Comfort|FUEL_TYPE + YOURCAR_FUEL
+ DR_TIME + DRIVE_BEV_HEV + ADV_SERVICE + DIS_PRICE +
EVsEXPAND + GOVMOTIV_BUYEV + INCOME + EDUCATION, data =
RDATA2)
```

```
summary(MLR1)
```

```
MLR2 <- mlogit(Choice ~ Price + Fuels + Comfort , data = RDATA2)
summary(MLR2)
```

```
#Group answers gia dionymiko modelo
```

```
RDATA$AGE[RDATA$AGE>2]<-65 #36-60, >60 etwn
RDATA$AGE[RDATA$AGE<=2]<-66 #18-25, 26-35 etwn
```

```
#Metatroph metavlhtwn se factors gia diwnymiko montelo
```

RDATA\$FUTURE\_CARBUY = as.factor(RDATA\$FUTURE\_CARBUY)  
 RDATA\$FUEL\_TYPE = as.factor(RDATA\$FUEL\_TYPE)  
 RDATA\$YOURCAR\_FUEL = as.factor(RDATA\$YOURCAR\_FUEL)  
 RDATA\$DR\_TIME = as.factor(RDATA\$DR\_TIME)  
 RDATA\$ENV\_FRIEND = as.factor(RDATA\$ENV\_FRIEND)  
 RDATA\$ADV\_ECOLOGY = as.factor(RDATA\$ADV\_ECOLOGY)  
 RDATA\$DIS\_PRICE = as.factor(RDATA\$DIS\_PRICE)  
 RDATA\$ADV\_LOWFUEL = as.factor(RDATA\$ADV\_LOWFUEL)  
 RDATA\$DIS\_CHARGETIME = as.factor(RDATA\$DIS\_CHARGETIME)  
 RDATA\$RSN\_INFRSTR = as.factor(RDATA\$RSN\_INFRSTR)  
 RDATA\$AGE = as.factor(RDATA\$AGE)  
 RDATA\$JOB = as.factor(RDATA\$JOB)  
 RDATA\$CHILDREN = as.factor(RDATA\$CHILDREN)  
 RDATA\$EVsEXPAND = as.factor(RDATA\$EVsEXPAND)  
 RDATA\$GOVMOTIV\_BUYEV = as.factor(RDATA\$GOVMOTIV\_BUYEV)  
 RDATA\$GENDER = as.factor(RDATA\$GENDER)  
 RDATA\$INCOME = as.factor(RDATA\$INCOME)  
 RDATA\$TYPE\_FOOT = as.factor(RDATA\$TYPE\_FOOT)  
 RDATA\$EDUCATION = as.factor(RDATA\$EDUCATION)  
 RDATA\$EXP = as.factor(RDATA\$EXP)  
 RDATA\$IX = as.factor(RDATA\$IX)  
 RDATA\$NR\_MOVE = as.factor(RDATA\$NR\_MOVE)  
 RDATA\$TYPE\_IX = as.factor(RDATA\$TYPE\_IX)  
 RDATA\$TYPE\_MOTO = as.factor(RDATA\$TYPE\_MOTO)  
 RDATA\$TYPE\_METRO = as.factor(RDATA\$TYPE\_METRO)  
 RDATA\$TYPE\_BIKE = as.factor(RDATA\$TYPE\_BIKE)  
 RDATA\$ELSE1 = as.factor(RDATA\$ELSE1)  
 RDATA\$WTIMES\_TRANSP = as.factor(RDATA\$WTIMES\_TRANSP)  
 RDATA\$DRIVE\_BEV\_HEV = as.factor(RDATA\$DRIVE\_BEV\_HEV)  
 RDATA\$ADV\_NOISE = as.factor(RDATA\$ADV\_NOISE)  
 RDATA\$ADV\_SERVICE = as.factor(RDATA\$ADV\_SERVICE)  
 RDATA\$ADV\_RING = as.factor(RDATA\$ADV\_RING)  
 RDATA\$ADV\_FEES = as.factor(RDATA\$ADV\_FEES)  
 RDATA\$ADV\_HOMECHARGE = as.factor(RDATA\$ADV\_HOMECHARGE)  
 RDATA\$ADV\_SPORT = as.factor(RDATA\$ADV\_SPORT)  
 RDATA\$ADV\_ELSE = as.factor(RDATA\$ADV\_ELSE)  
 RDATA\$DIS\_RANGE = as.factor(RDATA\$DIS\_RANGE)  
 RDATA\$DIS\_CHARGESTATION =  
 as.factor(RDATA\$DIS\_CHARGESTATION)  
 RDATA\$DIS\_FEWEVs = as.factor(RDATA\$DIS\_FEWEVs)  
 RDATA\$DIS\_ELSE = as.factor(RDATA\$DIS\_ELSE)  
 RDATA\$RSN\_PAPER = as.factor(RDATA\$RSN\_PAPER)  
 RDATA\$RSN\_TAX = as.factor(RDATA\$RSN\_TAX)  
 RDATA\$RSN\_DISBELIEF = as.factor(RDATA\$RSN\_DISBELIEF)

```
RDATA$RSN_LACKINFO = as.factor(RDATA$RSN_LACKINFO)
RDATA$RSN_PROMO = as.factor(RDATA$RSN_PROMO)
RDATA$MARRIED = as.factor(RDATA$MARRIED)
RDATA$CITY = as.factor(RDATA$CITY)
```

```
#Binary logistic regression analysis
```

```
BLR1 <- glm( GOVMOTIV_BUYEV ~ TYPE_FOOT + DR_TIME +
ADV_NOISE + DIS_CHARGETIME + RSN_INFRSTR + AGE + GENDER,
data = RDATA, family = "binomial") ### you can also try "logit"
summary(BLR1)
```

```
#Hosmer and Lemeshow goodness of fit (GOF) test ## p-value must be
higher than 0.05
```

```
library(ResourceSelection)
hl <- hoslem.test(BLR1$y, fitted(BLR1), g=6.5)
hl
```