



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΡΕΥΝΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΕΛΛΗΝΕΣ ΟΔΗΓΟΥΣ



Χαράλαμπος Σουρής

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

Αθήνα, 2017

ΕΡΕΥΝΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΕΛΛΗΝΕΣ ΟΔΗΓΟΥΣ

Χαράλαμπος Σουρής

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

ΣΥΝΟΨΗ

Η έλευση των αυτόνομων οχημάτων θα αποτελέσει σύντομα μια πραγματικότητα που θα επιφέρει σημαντικές αλλαγές στις μετακινήσεις εγείροντας ταυτόχρονα εύλογα το ερώτημα της αποδοχής τους από το ευρύ κοινό. Το ερώτημα αυτό έχει απασχολήσει τα τελευταία χρόνια τους ερευνητές σε διεθνές επίπεδο, χωρίς, ωστόσο, να έχουν διεξαχθεί αντίστοιχες έρευνες στην Ελλάδα. Με την παρούσα Διπλωματική Εργασία διενεργείται μια προσπάθεια κάλυψης αυτού του κενού θέτοντας ως στόχο τη διερεύνηση της αποδοχής και την πρόθεση αγοράς αυτόνομων οχημάτων από τους Έλληνες οδηγούς, καθώς και τις απόψεις των οδηγών για τα αυτόνομα οχήματα και την τεχνολογία τους γενικότερα. Για τη συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης και υποθετικά σενάρια κόστους, χρόνου, και ασφάλειας ταξιδιού, τα οποία συμπεριελήφθησαν σε ένα ειδικά σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκαν μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης από τα οποία εξήχθησαν οι συναρτήσεις χρησιμότητας που περιγράφουν με μαθηματικό τρόπο τη συμπεριφορά των οδηγών απέναντι στα αυτόνομα οχήματα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αυτή η συμπεριφορά εξαρτάται μεταξύ άλλων από το κόστος, τον χρόνο, και το επίπεδο της ασφάλειας των οχημάτων, την ύπαρξη συστημάτων υποστήριξης οδηγού (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης) στα αυτοκίνητα σήμερα, την άποψή τους για την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους, την οδηγική τους εμπειρία, την ηλικία, και το οικογενειακό τους εισόδημα.

Λέξεις-κλειδιά: αυτόνομα οχήματα, λογιστική παλινδρόμηση, πολυωνυμικό λογιστικό μοντέλο, διωνυμικό λογιστικό μοντέλο, μέθοδος δεδηλωμένης προτίμησης

INVESTIGATING THE ACCEPTANCE OF AUTONOMOUS VEHICLES BY GREEK DRIVERS

Charalampos Souris

Supervisor: George Yannis, Professor NTUA

ABSTRACT

The advent of autonomous vehicles will soon become a reality that will transform Transportation in a substantial way, while at the same time raising the question of people's acceptance of these technologies. There have been several international studies examining this very issue, but none conducted in Greece. The purpose of this Diploma Thesis is to fill in this void by surveying Greek drivers on their acceptance and willingness to buy an autonomous vehicle, as well as their opinion on self-driving technology in general. For this purpose, a stated-preference approach was used that included hypothetical scenarios of cost, time, and safety, which were distributed in a carefully developed questionnaire. By using models of logistic regression and the respective utility functions it was possible to extract a mathematical description of the drivers' attitude towards autonomous vehicles. Results show that this attitude is dependent on the cost, time, and level of safety of said vehicles, the existence of driving support systems (GPS, parking assistant) in cars today, their opinion on the traffic of autonomous Public Transport and taxis on the roads, their driving experience, age, and family income.

Keywords: autonomous vehicles, self-driving, logistic regression, multinomial logistic model, binary logistic model, stated-preference method

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της αποδοχής των αυτόνομων οχημάτων από τους Έλληνες οδηγούς**, καθώς και η **πρόθεση αγοράς** αυτών των οχημάτων, ενώ, παράλληλα, καταγράφηκαν οι απόψεις των οδηγών για τα αυτόνομα οχήματα και την τεχνολογία τους γενικότερα.

Για τον σκοπό αυτό αναζητήθηκε **βιβλιογραφία** σχετική με το αντικείμενο της έρευνας τόσο σε εγχώριο όσο και σε διεθνές επίπεδο. Ταυτόχρονα, αποφασίστηκε η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων να πραγματοποιηθεί μέσω **ερωτηματολογίου**, στο οποίο συμπεριελήφθησαν οκτώ σενάρια σύμφωνα με τη μέθοδο της **δεδηλωμένης προτίμησης** από τα οποία οι ερωτηθέντες έπρεπε να επιλέξουν μεταξύ τριών εναλλακτικών: αυτόνομα, ημι-αυτόνομα, και παραδοσιακά οχήματα.

Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο της **πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** για το μέρος των σεναρίων και το πρότυπο της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** για τη διερεύνηση της πρόθεσης αγοράς αυτόνομων οχημάτων. Τα μαθηματικά μοντέλα που προέκυψαν από τις αναλύσεις αυτές, καθώς και τα αποτελέσματά τους παρατίθενται συνοπτικά παρακάτω:

Πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση

Συνάρτηση επιλογής **αυτόνομου οχήματος**:

$$U1 = -4,651 - 0,060 * cost - 0,104 * time - 1,595 * safety3 - 3,702 * safety4 - 3,355 * safety5 + 1,420 * A8e8 + 2,824 * B6a8 + 1,434 * D53$$

Από την συνάρτηση για το αυτόνομο όχημα μπορεί κανείς να **συμπεράνει** τα εξής:

- Αύξηση του κόστους κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.94 φορές ή 6 τοις εκατό.
- Αύξηση του χρόνου κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.90 φορές ή 10 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Μεσαίο (safety3) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.20 φορές ή 80 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Χαμηλό (safety4) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.02 φορές ή 98 τοις εκατό.

- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Πολύ Χαμηλό (safety5) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.03 φορές ή 97 τοις εκατό.
- Οι οδηγοί που χαρακτηρίζουν 'Πολύ' σημαντικό την ύπαρξη συστημάτων υποστήριξης οδηγού ήταν περίπου τέσσερις πιο πιθανό να επιλέξουν αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα.
- Οι οδηγοί που χαρακτηρίζουν 'Πολύ' σημαντική την μείωση ατυχημάτων χάριν στα αυτόνομα οχήματα ήταν 17 φορές πιο πιθανό να επιλέξουν αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα.
- Οι οδηγοί με οικογενειακό εισόδημα άνω των 25,000€ είχαν 4 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος.

Συνάρτηση επιλογής ημι-αυτόνομου οχήματος:

$$U2 = 0,060 * cost - 0,104 * time - 1,595 * safety3 - 3,702 * safety4 - 3,355 * safety5 - 1,390 * A22 - 1,609 * A23 + 0,703 * A48 + 1,120 * A8e8 + 1,049 * D28 + 1,225 * D53$$

Από την συνάρτηση για το ημι-αυτόνομο όχημα μπορεί κανείς να **συμπεράνει** τα εξής:

- Αύξηση του κόστους κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.94 φορές ή 6 τοις εκατό.
- Αύξηση του χρόνου κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.90 φορές ή 10 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Μεσαίο (safety3) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.20 φορές ή 80 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Χαμηλό (safety4) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.02 φορές ή 98 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Πολύ Χαμηλό (safety5) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.03 φορές ή 97 τοις εκατό.
- Εκείνοι που οδηγούν αυτοκίνητο '5-10 χρόνια' και 'πάνω από 10 χρόνια' ήταν κατά 75 και 80 τοις εκατό αντίστοιχα λιγότερο πιθανό να επιλέξουν ημι-αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα.
- Όσοι δήλωσαν ότι οδηγούν πάνω από 1 ώρα την ημέρα ήταν δύο φορές πιο πιθανό να επιλέξουν ημι-αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα.

- Όσοι δήλωσαν ότι η ύπαρξη συστημάτων υποστήριξης οδηγού ήταν ‘Πολύ’ σημαντική σε ένα αυτοκίνητο είχαν τρεις φορές περισσότερες πιθανότητες επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος.
- Οι Οδηγοί άνω των 24 ετών ήταν σχεδόν τρεις φορές πιο πιθανό να επιλέξουν ημι-αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα σε σχέση με εκείνους ηλικίας 18 έως 24 χρονών.
- Οι Οδηγοί με οικογενειακό εισόδημα άνω των 25,000€ είχαν 3 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος.

Από τα **διαγράμματα ευαισθησίας** του Κεφαλαίου 5.2.6 μπορεί κανείς να συμπεράνει τα εξής:

- Οι Έλληνες Οδηγοί εμφανίζονται στην πλειοψηφία τους αρκετά **επιφυλακτικοί** ως προς τα πλήρως αυτόνομα οχήματα, αλλά διατηρούν μια **θετική στάση** απέναντι στα ημι-αυτόνομα οχήματα. Ειδικότερα, όσο εξοικονομείται χρόνος στις μετακινήσεις η πιθανότητα επιλογής αυτόνομων και ημι-αυτόνομων οχημάτων εμφανίζεται μεγαλύτερη. Αντίθετα, όσο ο χρόνος αυξάνεται η προτίμηση μετατοπίζεται στα παραδοσιακά οχήματα.
- Σε γενικό επίπεδο οι Έλληνες Οδηγοί δείχνουν **μεγαλύτερη προτίμηση** στα ημι-αυτόνομα οχήματα σε σχέση με τα πλήρως αυτόνομα. Ενδεχομένως, η διαφορά αυτή οφείλεται στη μηδενική εξοικείωση με συστήματα αυτονομίας, η οποία μεταφράζεται σε ένα χαμηλό επίπεδο εμπιστοσύνης ως προς τα πλήρως αυτόνομα οχήματα. Τα ημι-αυτόνομα οχήματα προσφέρουν, μεν, κάποιο περιορισμένο επίπεδο αυτονομίας, αλλά ο οδηγός μπορεί ανά πάσα στιγμή να αναλάβει τον έλεγχο του οχήματος.
- Το **επίπεδο της ασφάλειας** διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή οχήματος. Όταν αυτό μειώνεται από υψηλό σε χαμηλό αυξάνεται σημαντικά η πιθανότητα επιλογής παραδοσιακού οχήματος.
- Η **μεταβολή του εισοδήματος** από χαμηλό σε υψηλό (κάτω από 25.000€ και πάνω από 25.000€) σε κάθε περίπτωση αυξάνει την πιθανότητα επιλογής αυτόνομων και ημι-αυτόνομων οχημάτων.
- Το **κόστος** επηρεάζει διαφορετικά την επιλογή αυτόνομου και ημι-αυτόνομου οχήματος. Αύξηση του κόστους μειώνει την πιθανότητα επιλογής αυτόνομου οχήματος, αλλά αυξάνει την πιθανότητα επιλογής ημι-αυτόνομου οχήματος.

Διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση

Η συνάρτηση που εκφράζει την **πρόθεση αγοράς αυτόνομου οχήματος** είναι:

$$U = -1.209 * A6_{new2}(1) + 1.077 * A8_{new}(1) - 1.895 * B4(1) - 1.821 * B4(2) + 1.376 * B5_{new}(1) + 1.182 * Age2(1)$$

Από την συνάρτηση που εκφράζει την πρόθεση αγοράς αυτόνομου οχήματος μπορεί κανείς να **συμπεράνει** τα εξής:

- Οι Οδηγοί με αυτοκίνητο αξίας άνω των 10.000€ είναι κατά 70 τοις εκατό λιγότερο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα.
- Όσοι δήλωσαν ότι τα συστήματα υποστήριξης οδηγού είναι πολύ σημαντικά είναι τρεις φορές πιο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα.
- Όσοι δήλωσαν ότι τα αυτόνομα οχήματα θα είναι το ίδιο ή λιγότερο ασφαλή σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα είναι κατά 80 τοις εκατό λιγότερο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα.
- Όσοι δήλωσαν ότι θα αισθάνονταν πολύ άνετα με την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους είναι τέσσερις φορές πιο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα.
- Οι Οδηγοί άνω των 34 ετών είναι τρεις φορές πιο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα σε σχέση με νεότερους σε ηλικία οδηγούς.

Από τον Πίνακα 5.9 της **ελαστικότητας** μπορεί κανείς να **συμπεράνει** τα εξής:

- Η μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή στην πρόθεση αγοράς αυτόνομων οχημάτων είναι το κόστος αγοράς των αυτοκινήτων των οδηγών.
- Η μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή στο μοντέλο είναι η άποψη των οδηγών για την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους, η οποία επηρεάζει την πρόθεση αγοράς αυτόνομων οχημάτων δύο φορές περισσότερο από το κόστος αγοράς του αυτοκινήτου των οδηγών.
- Η ασφάλεια των αυτόνομων οχημάτων σε σχέση με ένα παραδοσιακό όχημα αποτελεί τη μεταβλητή με τη δεύτερη μεγαλύτερη επιρροή στην πρόθεση αγοράς αυτόνομων οχημάτων.
- Η ηλικία των οδηγών δεν φαίνεται να έχει τόσο σημαντική επιρροή στην πρόθεση αγοράς αυτόνομων οχημάτων, έχοντας επιρροή μόλις 1,25 φορές περισσότερη από το κόστος αγοράς αυτοκινήτου των οδηγών.

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

- Οι Έλληνες Οδηγοί εμφανίζονται στην πλειοψηφία τους αρκετά επιφυλακτικοί ως προς τα πλήρως αυτόνομα οχήματα, αλλά διατηρούν μια **θετική στάση απέναντι στα ημι-αυτόνομα οχήματα**. Ειδικότερα, όσο εξοικονομείται χρόνος στις μετακινήσεις η πιθανότητα επιλογής αυτόνομων και ημι-

αυτόνομων οχημάτων εμφανίζεται μεγαλύτερη. Αντίθετα, όσο ο χρόνος αυξάνεται η προτίμηση μετατοπίζεται στα παραδοσιακά οχήματα.

- Οι Έλληνες Οδηγοί δείχνουν **μεγαλύτερη προτίμηση στα ημι-αυτόνομα οχήματα** σε σχέση με τα πλήρως αυτόνομα. Ενδεχομένως, η διαφορά αυτή οφείλεται στη μηδενική εξοικείωση με συστήματα αυτονομίας, η οποία μεταφράζεται σε ένα χαμηλό επίπεδο εμπιστοσύνης ως προς τα πλήρως αυτόνομα οχήματα. Τα ημι-αυτόνομα οχήματα προσφέρουν, μεν, κάποιο περιορισμένο επίπεδο αυτονομίας, αλλά ο οδηγός μπορεί ανά πάσα στιγμή να αναλάβει τον έλεγχο του οχήματος.
- Η επιλογή αυτόνομου και ημι-αυτόνομου οχήματος εξαρτάται από **το κόστος, τον χρόνο, και το επίπεδο της ασφάλειας** που αυτά προσφέρουν σε σχέση με το παραδοσιακό όχημα. Παράλληλα, η επιλογή αυτή εξαρτάται και από την άποψη των οδηγών για την ύπαρξη συστημάτων υποστήριξης οδηγού (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης κλπ) και για τη μείωση ατυχημάτων στους δρόμους, καθώς και από την οδηγική τους εμπειρία, τον χρόνο που οδηγούν καθημερινά, την ηλικία, και το οικογενειακό τους εισόδημα.
- Η πρόθεση αγοράς αυτόνομου οχήματος στο προσεχές μέλλον εξαρτάται από την **άποψη των οδηγών για την ύπαρξη συστημάτων υποστήριξης οδηγού** (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης κλπ), την ασφάλειά τους σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα, και την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους, καθώς και από την αξία του τωρινού τους αυτοκινήτου και την ηλικία τους.
- Η επιρροή του κόστους, του χρόνου, και του επιπέδου ασφαλείας θεωρούνται απολύτως αναμενόμενες στην επιλογή ενός μεταφορικού μέσου και σε πλήρη συμφωνία με τη διεθνή βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, η **αύξηση του κόστους, του χρόνου ταξιδιού, και η μείωση του επιπέδου ασφαλείας** έχει ως συνέπεια τη μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου ή ημι-αυτόνομου οχήματος. Οι παρατηρήσεις αυτές συνάδουν με τα ευρήματα του ερωτηματολογίου (Παράρτημα Β), στο οποίο οι ερωτηθέντες θεωρούν πολύ σημαντική την ασφάλεια του οχήματος, την προσιτή τιμή, τη χαμηλή κατανάλωση, και το κόστος αγοράς του αυτοκινήτου.
- Το **υψηλό κόστος της αξίας του τωρινού αυτοκινήτου** των ερωτηθέντων συμβάλλει αρνητικά στην πρόθεση αγοράς αυτόνομου οχήματος. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι εάν κάποιος έχει επενδύσει ένα μεγάλο ποσό (άνω των 10.000€) για την αγορά ενός αυτοκινήτου σήμερα ενδεχομένως να μην είναι διατεθειμένος να προχωρήσει στην αγορά ενός καινούργιου οχήματος, ειδικά όταν η πλειοψηφία των Ελλήνων οδηγών θεωρεί ότι ένα αυτόνομο όχημα θα κοστίζει μεταξύ 10.000 έως 30.000€ με ένα σημαντικό ποσοστό (42 τοις εκατό) να θεωρεί ότι η αξία του θα ξεπερνά τα 30.000€ (Παράρτημα Β).
- Η αρνητική επιρροή των **χρόνων εμπειρίας οδήγησης** στην επιλογή ημι-αυτόνομων οχημάτων μπορεί ενδεχομένως να εξηγηθεί από τη δύναμη της

συνήθειας η οποία αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα στην επιλογή ενός εναλλακτικού τρόπου μετακίνησης.

- Αντίστοιχα, η θετική επιρροή του **χρόνου οδήγησης σε καθημερινή βάση** στην επιλογή ημι-αυτόνομων οχημάτων μπορεί ενδεχομένως να εξηγηθεί με τον παράγοντα της κούρασης. Η αυτοματοποίηση που προσφέρουν τα αυτόνομα και ημι-αυτόνομα οχήματα ίσως να μπορεί να ελαφρύνει τους οδηγούς από την κούραση, το άγχος, και την ταλαιπωρία της κυκλοφοριακής συμφόρησης.
- Επίσης, η θετική επιρροή της **ύπαρξης συστημάτων υποβοήθησης οδηγού και της άνεσης στην κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους** για την επιλογή αυτόνομων και ημι-αυτόνομων οχημάτων θεωρείται αναμενόμενη και σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας.
- **Οι Οδηγοί άνω των 34 ετών δηλώνουν μεγαλύτερη προτίμηση στην πρόθεση αγοράς αυτόνομου οχήματος.** Το αποτέλεσμα αυτό δεν φαίνεται καταρχήν αναμενόμενο αφού οι νεότεροι συνήθως επιδεικνύουν μεγαλύτερη έφεση στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών. Στην περίπτωση όμως, των αυτόνομων οχημάτων όπου η αξία τους προβλέπεται τουλάχιστον παραπλήσια με εκείνη των σημερινών οχημάτων υπεισέρχεται η παράμετρος της οικονομικής άνεσης. Το 50% των οδηγών άνω των 34 ετών δηλώνει εισόδημα άνω των 25.000€, ενώ το 45% των νέων δηλώνει εισόδημα κάτω των 10.000€ (Παράρτημα Δ). Δηλαδή, οι μεγαλύτεροι σε ηλικία οδηγοί διαθέτουν περισσότερα χρήματα, τα οποία μπορούν να επενδύσουν στην αγορά ενός νέου αυτοκινήτου. Επίσης, ένας άλλος παράγοντας που, ίσως, εξηγεί την παραπάνω παρατήρηση είναι η δυσπιστία που εκφράζουν οι οδηγοί άνω των 34 ετών ως προς την ασφάλεια που προσφέρουν τα αυτόνομα οχήματα σε σχέση με τα παραδοσιακά (Παράρτημα Δ).
- Η διωνυμική και η πολυωνυμική **λογιστική παλινδρόμηση** αποτελούν τις καταλληλότερες μεθόδους για την ανάλυση στοιχείων που έχουν συλλεχθεί με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Τα μαθηματικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία ικανοποιούν όλους τους στατιστικούς ελέγχους και προσφέρουν μια πολύ αξιόπιστη εικόνα χρήσιμη για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	11
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	17
1.1.1 Ορισμοί.....	17
1.1.2 Επίπεδα Αυτονομίας.....	19
1.1.3 Λειτουργία.....	20
1.1.4 Πλεονεκτήματα.....	23
1.1.5 Ανοικτά ζητήματα.....	25
1.2 ΣΤΟΧΟΣ.....	26
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	27
1.4 ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	28
2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	31
2.1 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ.....	31
2.1.1 Αυτόνομα οχήματα.....	31
2.1.2 Έρευνες αποδοχής του κοινού.....	32
2.1.3 Μεθοδολογίες.....	33
2.2 ΣΥΝΟΨΗ.....	36
3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	37
3.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ.....	37
3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ.....	39
3.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ ΜΕ ΑΠΟΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ.....	40
3.4 ΘΕΩΡΙΑ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ – ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ.....	41
3.4.1 Πιθανοτικά πρότυπα διακριτών επιλογών (probit).....	42
3.4.2 Λογιστικά πρότυπα διακριτών επιλογών (logit).....	42
3.4.3 Γενικευμένα πρότυπα διακριτών επιλογών.....	43
3.4.4 Μικτά πρότυπα διακριτών επιλογών.....	44
3.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	44
3.5.1 Γραμμική παλινδρόμηση.....	45
3.5.2 Πιθανοτική ανάλυση.....	45
3.5.3 Λογιστική παλινδρόμηση.....	46
3.5.4 Σύνοψη.....	46
3.6 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ (LOGISTIC REGRESSION).....	46
3.7 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ.....	48
3.7.1 Συντελεστές εξίσωσης.....	48
3.7.2 Ελαστικότητα.....	48
3.7.3 Στατιστική αξιολόγηση παραμέτρων.....	49
3.7.4 Συσχέτιση παραμέτρων.....	49
3.7.5 Μέθοδος μέγιστης πιθανοφάνειας.....	50
3.7.6 Το κριτήριο χ^2	50
4 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	51
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	51
4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	51
4.2.1 Το ερωτηματολόγιο.....	51
4.2.2 Τα μέρη του ερωτηματολογίου.....	52
4.2.3 Τα σενάρια.....	52
4.2.4 Συλλογή ερωτηματολογίων.....	53

4.3	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	55
4.3.1	Κωδικοποίηση δεδομένων	55
4.4	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	56
5	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	59
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	59
5.2	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΟΛΥΩΝΥΜΙΚΗΣ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ.....	59
5.2.1	Εισαγωγή Δεδομένων Στο R-Studio.....	59
5.2.2	Ο Κώδικας.....	62
5.2.3	Συναρτήσεις Χρησιμότητας.....	65
5.2.4	Στατιστικός Έλεγχος Μοντέλου	68
5.2.5	Αποτελέσματα.....	70
5.2.6	Ανάλυση Ευαισθησίας	73
5.3	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΔΙΩΝΥΜΙΚΗΣ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ ΜΕ ΤΟ SPSS 79	
5.3.1	Εισαγωγή Δεδομένων στο SPSS.....	79
5.3.2	Επεξεργασία Δεδομένων	83
5.3.3	Συνάρτηση Χρησιμότητας	85
5.3.4	Στατιστικός Έλεγχος Μοντέλου	88
5.3.5	Αποτελέσματα.....	90
5.4	ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	91
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	96
6.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	96
6.2	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	98
6.3	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	98
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	100
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	104

ΕΙΚΟΝΕΣ

- Εικόνα 1.1:** Εικόνα από το εσωτερικό οχήματος Tesla με το λογισμικό AutoPilot για λειτουργία αυτόνομης οδήγησης. Ανακτήθηκε από <http://blog.caranddriver.com/investigation-closed-feds-take-no-action-in-fatal-tesla-autopilot-crash/>.17
- Εικόνα 1.2:** Το σύστημα για συνδεδεμένα οχήματα από το Υπουργείο Μεταφορών της Φλόριντα, ΗΠΑ. Ανακτήθηκε από <http://floridaitis.com/ConnVeh.html>...18
- Εικόνα 1.3:** Άποψη του εσωτερικού και των καμερών ενός Tesla κατά τη διάρκεια διαδρομής με σύστημα Auto Pilot (Tesla Motors, 2016).21
- Εικόνα 1.4:** Πως «βλέπει» τον κόσμο ένα αυτόνομο όχημα Επιπέδου 4 της Google (Google, 2014).22
- Εικόνα 1.5:** Το πλήρως αυτόνομο αυτοκίνητο της Google που παραδόθηκε στους δρόμους για δοκιμές τον Δεκέμβριο του 2014. Ανακτήθηκε από <https://waymo.com/ontheroad/>23

Εικόνα 1.6: Άποψη του εσωτερικού στο πρότυπο αυτοκίνητο F 015 της Mercedes-Benz. Χωρίς οδηγό τα αυτόνομα οχήματα μπορούν να προσφέρουν μια διαφορετική εμπειρία στη μετακίνηση. Ανακτήθηκε από https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/innovation/research-vehicle-f-015-luxury-in-motion/ .	25
Εικόνα 4.1: Παράδειγμα ερώτησης με κλίμακα τύπου Likert με το SurveyMonkey.	54
Εικόνα 4.2: Μέρος του αρχείου Excel που χρησιμοποιήθηκε στο πρόγραμμα R-Studio.	55
Εικόνα 5.1: Η επιλογή Heading στην εισαγωγή του αρχείου στο R-Studio.	60
Εικόνα 5.2: Η τελική μορφή του data.csv στο R-Studio.	60
Εικόνα 5.3: Η τελική μορφή του μοντέλου στο R-Studio.	62
Εικόνα 5.4: Αριστερά: το σεντ δεδομένων data1. Δεξιά: το σεντ δεδομένων data2	63
Εικόνα 5.5: Η μορφή του τελικού μοντέλου στο R-Studio.	66
Εικόνα 5.6: Τα δεδομένα μετά την εισαγωγή τους στο SPSS.	80
Εικόνα 5.7: Η καρτέλα Variable View του SPSS.	81
Εικόνα 5.8: Η εντολή Recode into Different Variables.	81
Εικόνα 5.9: Αλλαγή ονόματος για τη νέα μεταβλητή.	82
Εικόνα 5.10: Αλλαγή τιμών για τη νέα μεταβλητή.	82
Εικόνα 5.11: Το παράθυρο για το μοντέλο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης στο SPSS.	83
Εικόνα 5.12: Ορισμός της τιμής αναφοράς για κάθε μεταβλητή.	84
Εικόνα 5.13: Μορφή του αποτελέσματος της διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης στο SPSS.	85
Εικόνα 5.14: Συντελεστής χ^2 κατά Cox & Snell και διορθωμένος κατά Nagelkerke.	89

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1.1.1: Σχηματική απεικόνιση των επιπέδων. Ανακτήθηκε και τροποποιήθηκε με ελληνικές λεζάντες από http://articles.sae.org/13573/	20
Διάγραμμα 1.1.2: Σχηματική απεικόνιση των σταδίων της διπλωματικής εργασίας	28
Διάγραμμα 5.1: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο ασφάλειας, χαμηλό κόστος, και χαμηλό εισόδημα.	74

Διάγραμμα 5.2: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο ασφάλειας, χαμηλό κόστος, και υψηλό εισόδημα.	74
Διάγραμμα 5.3: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο ασφάλειας, υψηλό κόστος, και χαμηλό εισόδημα.	76
Διάγραμμα 5.4: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο ασφάλειας, υψηλό κόστος, και υψηλό εισόδημα.	76
Διάγραμμα 5.5: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, χαμηλό κόστος, και χαμηλό εισόδημα.	77
Διάγραμμα 5.6: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, χαμηλό κόστος, και υψηλό εισόδημα.	77
Διάγραμμα 5.7: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, υψηλό κόστος, και χαμηλό εισόδημα.	78
Διάγραμμα 5.8: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, υψηλό κόστος, και υψηλό εισόδημα.	78

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 3.1: Τιμές του t-ratio ανάλογα με το βαθμό εμπιστοσύνης	49
Πίνακας 4.1: Το Σενάριο 4 που χρησιμοποιήθηκε στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου.....	53
Πίνακας 4.2: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος ανά φύλο, ηλικία, εισόδημα, και μορφωτικό επίπεδο.	57
Πίνακας 4.3: Ποσοστιαία κατανομή απαντήσεων στην ερώτηση «Θα αγοράζατε ένα αυτόνομο όχημα;»	57
Πίνακας 4.4: Ποσοστιαία κατανομή απαντήσεων ανά φύλο, ηλικία, και εισόδημα στην ερώτηση «Θα αγοράζατε ένα αυτόνομο όχημα;»	57
Πίνακας 5.1: Στατιστικός έλεγχος για των μεταβλητών του μοντέλου.	69
Πίνακας 5.2: Στατιστική κατανομή του δείγματος ανά ηλικία.	86
Πίνακας 5.3: Στατιστική κατανομή του δείγματος στην ερώτηση «Ποιο είναι το κόστος αγοράς του αυτοκινήτου σας;»	86
Πίνακας 5.4: Στατιστική κατανομή του δείγματος στην ερώτηση «Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα αυτοκίνητο; Συστήματα υποστήριξης οδηγού (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης, οθόνη, σύνδεση με smartphone, κλπ)»	87
Πίνακας 5.5: Στατιστική κατανομή του δείγματος στην ερώτηση «Πιστεύετε ότι τα αυτόνομα οχήματα θα είναι πιο ασφαλή, λιγότερο ασφαλή, ή το ίδιο ασφαλή με οχήματα που έχουν οδηγό;»	87

Πίνακας 5.6: Στατιστική κατανομή του δείγματος στην ερώτηση «Πόσο άνετα θα αισθάνεστε με την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους;»	87
Πίνακας 5.7: Ποσοστό προβλεψιμότητας μοντέλου	87
Πίνακας 5.8: Στατιστικός έλεγχος μεταβλητών με το SPSS.	88
Πίνακας 5.9: Ελαστικότητα και σχετική ελαστικότητα μεταβλητών.	89

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1.1 Ορισμοί

Με τον όρο **αυτόνομα οχήματα** αναφερόμαστε σε αυτοκίνητα, τα οποία με ένα κατάλληλα διαμορφωμένο **σύστημα αισθητήρων** (ραντάρ, λέιζερ, κάμερες), **λογισμικού**, και **άλλων οργάνων** μπορούν να κυκλοφορούν στο οδικό δίκτυο χωρίς οδηγό.

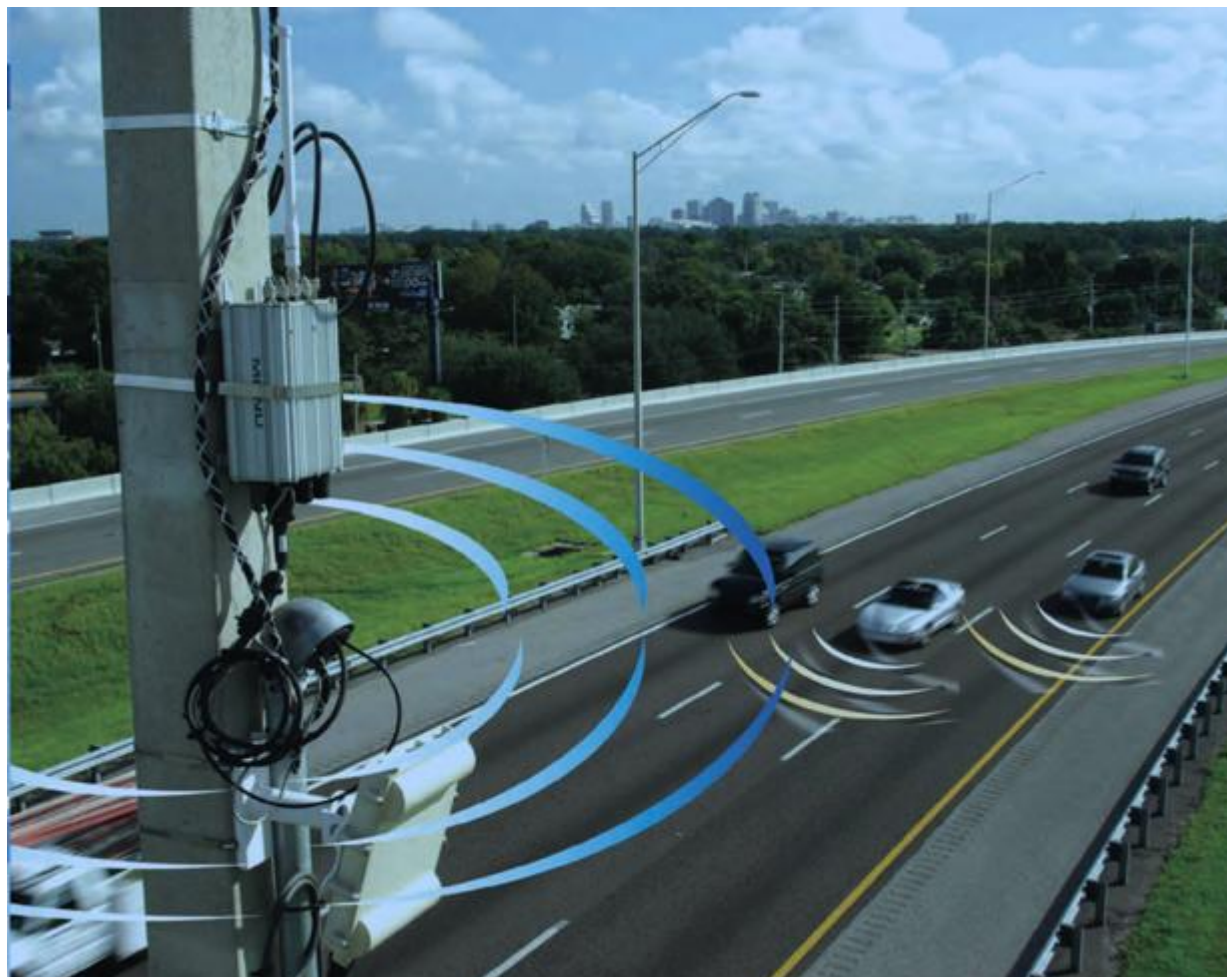


Εικόνα 1.1: Εικόνα από το εσωτερικό οχήματος Tesla με το λογισμικό AutoPilot για λειτουργία αυτόνομης οδήγησης. Ανακτήθηκε από <http://blog.caranddriver.com/investigation-closed-feds-take-no-action-in-fatal-tesla-autopilot-crash/>.

Σήμερα, ορισμένα μοντέλα αυτοκινήτων έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιήσουν **συγκεκριμένες λειτουργίες πλοήγησης** (φρενάρισμα, επιτάχυνση, αλλαγή κατεύθυνσης) κάτω από **συγκεκριμένες οδικές συνθήκες**, με τον οδηγό να μπορεί να αναλάβει τον έλεγχο **ανά πάσα στιγμή** όταν και όπου απαιτείται η παρέμβασή του.

Κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι όροι για να περιγραφεί αυτή η τεχνολογία, όπως **automated cars** και **self-driving cars**. Η National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) του Υπουργείου Μεταφορών των Ηνωμένων

Πολιτειών υιοθετεί τον όρο automated vehicles (U.S. Department of Transportation, 2016). Σε αυτή τη Διπλωματική Εργασία χρησιμοποιείται ο όρος autonomous vehicles (αυτόνομα οχήματα), ο οποίος είναι αρκετά πιο διαδεδομένος στην επιστημονική και μη βιβλιογραφία.



Εικόνα 1.2: Το σύστημα για συνδεδεμένα οχήματα από το Υπουργείο Μεταφορών της Φλόριντα, ΗΠΑ. Ανακτήθηκε από <http://floridaitis.com/ConnVeh.html>.

Ειδική μνεία θα πρέπει να γίνει στα λεγόμενα **συνδεδεμένα οχήματα** (Connected Vehicles). Πρόκειται για οχήματα που μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους χάριν σε ειδικές υποδομές και συσκευές και χρησιμοποιώντας **ασύρματα πρωτόκολλα διασύνδεσης** (ίντερνέτ) καθίσταται εφικτός ο διαμοιρασμός πληροφοριών προς τον οδηγό για τις συνθήκες που επικρατούν στο οδικό περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο. Παρόλο που ο κύριος σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι τα αυτόνομα οχήματα, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα συνδεδεμένα οχήματα αναμένεται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο την επόμενη δεκαετία είτε αυτόνομα είτε συμπληρωματικά ως προς τα **αυτόνομα οχήματα**.

1.1.2 Επίπεδα Αυτονομίας

Για την καλύτερη ενημέρωση του ευρύ κοινού και με σκοπό την αποσαφήνιση των βασικών όρων που διέπουν τα **αυτόνομα οχήματα** η NHTSA αποδέχτηκε την κατηγοριοποίηση των αυτόνομων οχημάτων που έχει προτείνει η **Society of Automotive Engineers** (SAE) σε **πέντε επίπεδα** (Summary of SAE International's Levels of Driving Automation for On-Road Vehicles, 2014), χρησιμοποιώντας ως βασική παράμετρο διαφοροποίησης το «ποιος κάνει τί, πότε». Τα επίπεδα αυτά είναι:

Επίπεδο 0: Ο οδηγός διατηρεί συνέχεια τον πλήρη έλεγχο του οχήματος.

Επίπεδο 1: Το αυτόνομο σύστημα στο όχημα μπορεί ορισμένες φορές να βοηθήσει τον οδηγό σε συγκεκριμένα σημεία της οδήγησης.

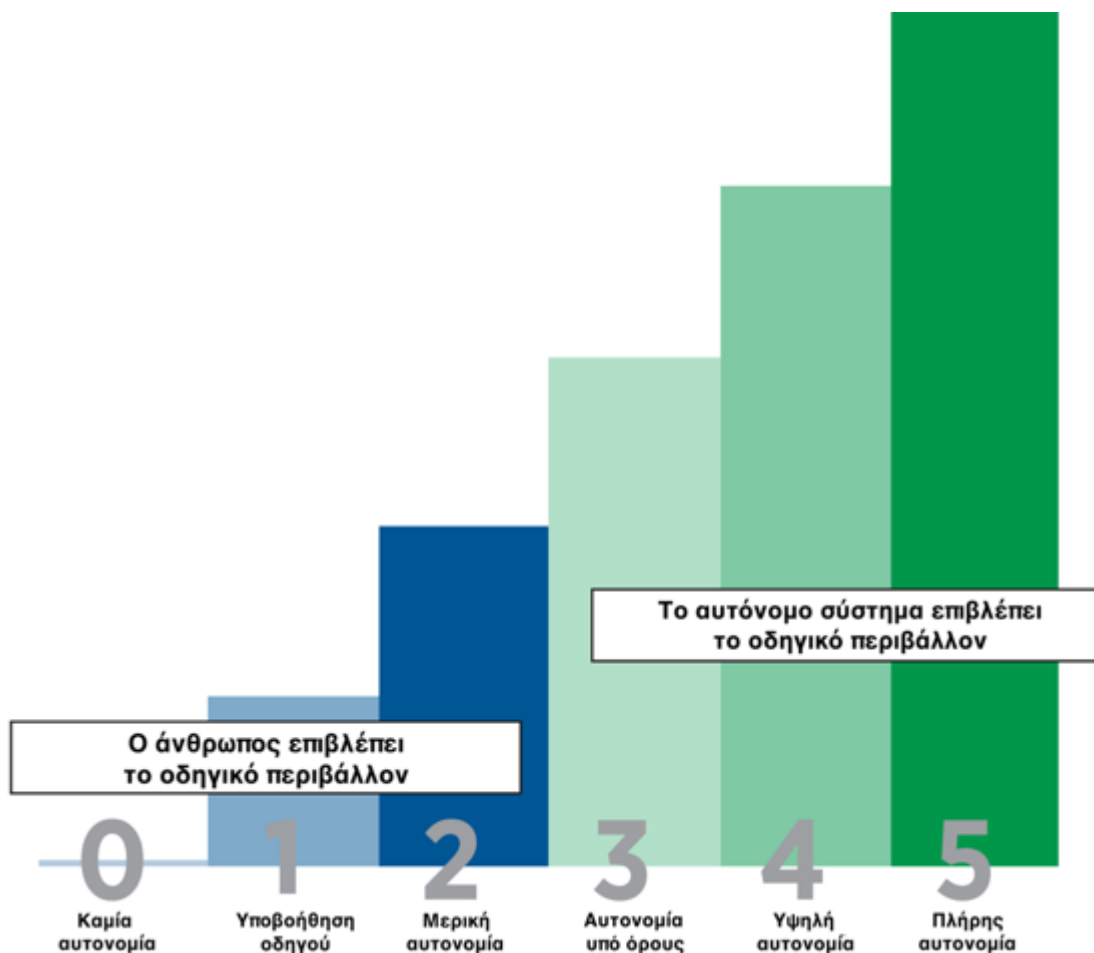
Επίπεδο 2: Το αυτόνομο σύστημα στο όχημα μπορεί να εκτελέσει συγκεκριμένα σημεία της οδήγησης, ενώ ο οδηγός συνεχίζει να επιβλέπει το περιβάλλον και να εκτελεί το υπόλοιπο της οδήγησης.

Επίπεδο 3: Το αυτόνομο σύστημα στο όχημα μπορεί να εκτελέσει συγκεκριμένα σημεία της οδήγησης και να επιβλέπει το περιβάλλον σε ορισμένες περιπτώσεις. Ο οδηγός πρέπει να είναι έτοιμος να αναλάβει τον έλεγχο ανά πάσα στιγμή.

Επίπεδο 4: Το αυτόνομο σύστημα στο όχημα μπορεί να έχει τον πλήρη έλεγχο της οδήγησης χωρίς να απαιτείται παρέμβαση από τον οδηγό, αλλά μόνο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.

Επίπεδο 5: Το αυτόνομο σύστημα στο όχημα μπορεί να έχει τον πλήρη έλεγχο της οδήγησης κάτω από όλες τις συνθήκες στις οποίες και ένας οδηγός θα μπορούσε να λειτουργήσει.

Με βάση αυτά τα επίπεδα διακρίνουμε ένα **κρίσιμο σημείο διαφοροποίησης** μεταξύ των επιπέδων 2 και 3, στο οποίο η ευθύνη για την οδήγηση του οχήματος **μετατοπίζεται από τον οδηγό στο αυτόνομο σύστημα**. Το όχημα διαθέτει διαφορετικής πολυπλοκότητας συστήματα ανάλογα με το επίπεδο στο οποίο έχει σχεδιαστεί να ανταποκρίνεται. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία με τον όρο **αυτόνομα οχήματα** αναφερόμαστε σε οχήματα **επιπέδου 3 και άνω**.



Διάγραμμα 1.1.1: Σχηματική απεικόνιση των επιπέδων. Ανακτήθηκε και τροποποιήθηκε με ελληνικές λεζάντες από <http://articles.sae.org/13573/>

1.1.3 Λειτουργία

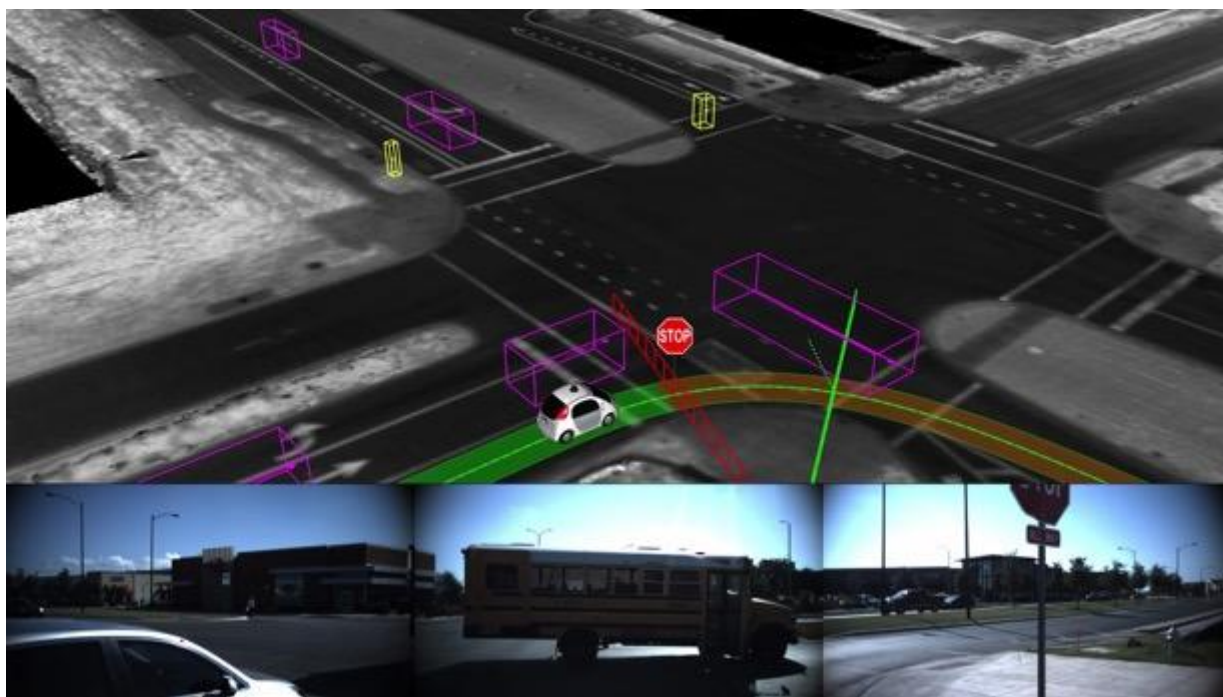
Σήμερα, διατίθενται στην αγορά αυτοκίνητα που ανήκουν στο **Επίπεδο 3**, δηλαδή επιτρέπουν στον οδηγό να μην έχει τα χέρια στο τιμόνι κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής. Τέτοια είναι, για παράδειγμα, τα **ηλεκτρικά αυτοκίνητα της Tesla** με το σύστημα **Auto Pilot** (<http://www.tesla.com/autopilot>). Οκτώ κάμερες προσφέρουν ορατότητα 360 μοιρών γύρω από το αυτοκίνητο σε απόσταση έως και 250 μέτρα. Δώδεκα υπερηχητικοί αισθητήρες βοηθούν στην ανίχνευση αντικειμένων σε διπλάσια απόσταση, ενώ ένα ραντάρ προσφέρει επιπρόσθετες πληροφορίες για το γύρω περιβάλλον σε ένα μήκος κύματος που μπορεί να δει μέσα από πυκνή βροχή, ομίχλη, σκόνη, και ακόμα και από το προπορευόμενο όχημα.



Εικόνα 1.3: Άποψη του εσωτερικού και των καμερών ενός Tesla κατά τη διάρκεια διαδρομής με σύστημα Auto Pilot (Tesla Motors, 2016).

Όλα αυτά τα δεδομένα επεξεργάζονται από τον υπολογιστή του αυτοκινήτου και προσφέρουν μια εικόνα που ο οδηγός από μόνος του δεν θα μπορούσε ποτέ να έχει. Το σύστημα είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να μπορεί να διεξάγει διαδρομές μικρής ή μεγάλης απόστασης **χωρίς να απαιτούνται περαιτέρω χειρισμοί από τον οδηγό**, εκτός από το να εισέλθει στο όχημα και να εισάγει τον προορισμό. Το Tesla μπορεί να βρει την βέλτιστη διαδρομή, να περιηγηθεί σε αστικές οδούς ακόμα και χωρίς σήμανση λωρίδων, να διαχειριστεί πολύπλοκες διασταυρώσεις με φωτεινούς σηματοδότες, να σταματήσει σε πινακίδες STOP, και να ανταποκριθεί χωρίς πρόβλημα σε οδούς με οχήματα που κινούνται με υψηλή ταχύτητα. Στο τέλος της διαδρομής, ο οδηγός απλά εξέρχεται του οχήματος και το Tesla αναλαμβάνει να βρει ελεύθερη θέση στάθμευσης και να σταθμεύσει από μόνο του.

Αυτοκίνητα του **Επιπέδου 4** λειτουργούν ήδη δοκιμαστικά σε συνθήκες εργαστηρίου αλλά και σε πόλεις με μειωμένη σχετικά κυκλοφοριακή συμφόρηση όπου και δοκιμάζονται καθημερινά με απόλυτη επιτυχία.



Εικόνα 1.4: Πως «βλέπει» τον κόσμο ένα αυτόνομο όχημα Επιπέδου 4 της Google (Google, 2014).

Για παράδειγμα, η **Google** με το **Self-Driving Car Project**, το οποίο από τον Δεκέμβριο του 2016 υφίσταται ως Waymo (<http://waymo.com>), έχει συμπληρώσει πάνω από τρία εκατομμύρια χιλιόμετρα οδήγησης με έναν στόλο **58 ειδικά διαμορφωμένων οχημάτων** στους δρόμους των Ηνωμένων Πολιτειών και παρόλο που έχουν υπάρξει ατυχήματα **κανένα από αυτά** δεν ήταν με υπαιτιότητα του αυτόνομου οχήματος (Google Self-Driving Car Project Monthly Reports, 2016).

Το αυτοκίνητο της Google, αλλά και γενικότερα οχήματα επιπέδου 4 και 5, βρίσκονται ακόμα σε **δοκιμαστικό στάδιο**. Ακόμα και αν ξεπεραστούν τα ζητήματα της νομοθεσίας είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί με βεβαιότητα η χρονική περίοδος μέσα στην οποία θα διατεθούν στο ευρύ καταναλωτικό κοινό. Η Ford ευελπιστεί να διαθέτει αυτόνομα οχήματα για υπηρεσίες ταξί το 2021 (Sage, 2016), η General Motors το 2020 (Stoll, 2016), η BMW το 2021 (Reese, 2016), και η Nissan το 2020 (Nissan Announces Unprecedented Autonomous Drive Benchmarks, 2013).



Εικόνα 1.5: Το πλήρως αυτόνομο αυτοκίνητο της Google που παραδόθηκε στους δρόμους για δοκιμές τον Δεκέμβριο του 2014. Ανακτήθηκε από <https://waymo.com/ontheroad/>

1.1.4 Πλεονεκτήματα

Ασφάλεια

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, το 2015 σημειώθηκαν πάνω από **1.000.000 οδικά ατυχήματα** μόνο στους δρόμους ευρωπαϊκών χωρών, εκ των οποίων τα **26.100 ήταν θανατηφόρα** (European Commission, 2016). Η NHTSA εκτιμά ότι το 94 τοις εκατό των ατυχημάτων οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος (NHTSA, 2015). Γίνεται εύκολα κατανοητό ότι αν εξαλειφθεί ο ανθρώπινος παράγοντας θα υπάρξει σημαντική μείωση στην κύρια αιτία πρόκλησης ατυχημάτων και ως εκ τούτου λιγότεροι θάνατοι στους δρόμους.

Η βελτίωση της ασφάλειας επιφέρει βελτιώσεις και σε άλλους τομείς. Για παράδειγμα, θα εξοικονομηθούν σημαντικά ποσά στον **τομέα της Υγείας** για την φροντίδα ατόμων με αναπηρία ή άλλων τραυματών λόγω οδικών ατυχημάτων. Ταυτόχρονα, θα παρατηρηθεί σημαντική **μείωση στα ασφάλιστρα** των αυτοκινήτων. Η αυτονομία της οδήγησης θα οδηγήσει αναπόφευκτα σε αλλαγή των υποδομών προς όφελος του πεζού και του ποδηλάτη, αφού ενδεχομένως οι δρόμοι θα μπορούν να μικρύνουν και να γίνουν πιο αποδοτικοί. Θα συντελεστεί ριζική αλλαγή στις απαιτήσεις ασφαλείας των αυτοκινήτων, αφού εξαιτίας της μείωσης των ατυχημάτων δεν θα απαιτούνται τα αυστηρά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά

ασφαλείας που επιβάλλονται σήμερα. Το εσωτερικό των οχημάτων θα μπορεί να αναδιαμορφωθεί για να υποστηρίξει δραστηριότητες πέραν της οδήγησης.

Ελευθερία μετακίνησης σε ευπαθείς ομάδες

Με την ευρεία χρήση αυτόνομων οχημάτων θα παρατηρηθεί δραματική αύξηση στη **δυνατότητα προσβασιμότητας ευπαθών ομάδων**. Για παράδειγμα, άτομα με προβλήματα όρασης ή ολική απώλεια όρασης θα μπορούν να μετακινούνται με αυτοκίνητο χωρίς τη βοήθεια άλλων. Ηλικιωμένοι που δεν πληρούν σήμερα προϋποθέσεις για να οδηγήσουν θα έχουν τη δυνατότητα να μετακινούνται και αυτοί χωρίς πρόβλημα. Ακόμα και παιδιά θα είναι εφικτό να μετακινούνται με αυτόνομα οχήματα και να οδηγούνται από και προς το σχολείο ή άλλες δραστηριότητες χωρίς την παρουσία του γονέα. Θα πρέπει, ωστόσο, να υπάρξει μέριμνα ώστε αυτή η ελευθερία μετακίνησης να μην μεταφραστεί σε ανεξέλεγκτη αύξηση των μετακινήσεων που θα οδηγήσει σε αύξηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και της εκπομπής ρύπων.

Ιδιοκτησία

Με την έλευση των αυτόνομων οχημάτων αναμένεται να αλλάξει και το καθεστώς της **ιδιοκτησίας αυτοκινήτων**. Από ένα μέσο που πρωτίστως αντανακλά για πολλούς την κοινωνική τους θέση και αντιπροσωπεύει έναν τρόπο ζωής θα περάσουμε σε μια εποχή που το αυτοκίνητο θα αποτελεί απλά ένα μέσο για τη μετακίνηση από και προς τη δουλειά ή έναν χώρο διασκέδασης. Ως εκ τούτου θα καταστεί εφικτή κάποια είδους συνδρομητική υπηρεσία ενοικίασης αυτοκινήτου, το οποίο ενδεχομένως να λειτουργεί σαν 'ταξί', που θα αντικαταστήσει την παραδοσιακή έννοια ιδιοκτησίας ενός αυτοκινήτου.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Η αντικατάσταση των σημερινών αυτοκινήτων με αυτόνομα οχήματα θα επιφέρει σημαντική **μείωση ρύπων έως και 95 τοις εκατό** χάριν στην αποδοτικότερη οδήγηση με ελαφρύτερα οχήματα που χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια (Brown et al, 2014). Βέβαια, θα πρέπει να συνυπολογιστεί σε αυτό ο ενδεχόμενος πολλαπλασιασμός των μετακινήσεων που αναφέρθηκε και παραπάνω, ο οποίος ίσως αντισταθμίσει κάποια από τα οφέλη αυτά.

Θέσεις στάθμευσης

Το μέσο αυτοκίνητο βρίσκεται περίπου το 96 τοις εκατό του χρόνου σταθμευμένο είτε στο σπίτι είτε αλλού και μόλις το υπόλοιπο 4 τοις εκατό εν κινήσει (Bates et al, 2012). Η λειτουργία των αυτόνομων οχημάτων σαν «ταξί» θα **μειώσει τον χρόνο που αυτά βρίσκονται σταθμευμένα**, μειώνοντας παράλληλα και τον απαιτούμενο χώρο στάθμευσης αλλά και την κυκλοφοριακή συμφόρηση από οδηγούς που πραγματοποιούν περι-πορείες ψάχνοντας μια θέση στάθμευσης.

Ακόμα και οι χώροι αυτοί, όμως, θα μπορούν να **βελτιστοποιηθούν κατασκευαστικά** μειώνοντας τις απαραίτητες αποστάσεις ασφαλείας μεταξύ των θέσεων στάθμευσης, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο τη συνολική χωρητικότητά τους. Θα ήταν εφικτή ακόμα και η κατασκευή μεγάλων «πάρκων» στάθμευσης έξω από την πόλη, όπου τα αυτοκίνητα θα σταθμεύουν μόνα τους αφού αφήσει τους επιβάτες στον προορισμό τους, και αυτοί θα το καλούσαν πάλι πίσω μέσω του κινητού τους τηλεφώνου. Με αυτόν τον τρόπο θα ελευθερωθεί πολύτιμος χώρος μέσα στις πόλεις, ο οποίος θα μπορεί να αξιοποιηθεί για άλλους σκοπούς.



Εικόνα 1.6: Άποψη του εσωτερικού στο πρότυπο αυτοκίνητο F 015 της Mercedes-Benz. Χωρίς οδηγό τα αυτόνομα οχήματα μπορούν να προσφέρουν μια διαφορετική εμπειρία στη μετακίνηση. Ανακτήθηκε από <https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/innovation/research-vehicle-f-015-luxury-in-motion/>.

1.1.5 Ανοικτά ζητήματα

Όπως με κάθε νέα τεχνολογική εξέλιξη υπάρχουν και ορισμένα θέματα που παραμένουν ανοικτά. Στα αυτόνομα οχήματα το πρώτο ζήτημα έχει να κάνει με την **ίδια την τεχνολογία** και το κατά πόσο θα μπορεί να ανταποκριθεί σε οποιεσδήποτε συνθήκες ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα σφάλματος. Το ζήτημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, αφού μια μοιραία βλάβη στο σύστημα θα στιγματίσει ενδεχομένως ανεπανόρθωτα την εμπιστοσύνη του κοινού.

Στο ίδιο μήκος κύματος θα πρέπει να υπάρξουν διαβεβαιώσεις τόσο σχετικά με την **ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων** και την προστασία του ατομικού απορρήτου, αλλά και για την **ίδια την ασφάλεια του συστήματος** απέναντι σε

κακόβουλες επιθέσεις (χάκερς) που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο την ίδια τη ζωή των επιβατών. Σε μια τέτοια περίπτωση που κάτι δεν θα λειτουργήσει σωστά, πρέπει να υπάρχουν επαρκείς λύσεις γρήγορης αποκατάστασης της σωστής λειτουργίας του οχήματος καθώς και ένα ξεκάθαρο νομικό πλαίσιο για το ποιος θα φέρει την ευθύνη (οι κατασκευαστές του αυτοκινήτου ή οι κατασκευαστές του αυτόνομου συστήματος, αν αυτοί είναι διαφορετικοί).

Το δεύτερο μείζον ζήτημα έχει να κάνει με το **κόστος**. Αυτή τη στιγμή τα αυτοκίνητα της Tesla έχουν μια τιμή εκκίνησης πάνω από \$60.000, η οποία είναι απαγορευτική για το ευρύ κοινό, προσφέροντας μια πολύ πρώιμη μορφή αυτόνομης οδήγησης. Η μείωση του κόστους του οχήματος είναι θέμα χρόνου, αλλά το μείζον ζήτημα είναι τότε ακριβώς θα συμβεί αυτό. Σε αυτό το πλαίσιο θα πρέπει να συνυπολογιστεί και το πιθανά **υψηλό κόστος των ανταλλακτικών** και της επισκευής σε περίπτωση βλάβης του συστήματος, αλλά και η αναβάθμιση των οδικών και μη υποδομών με κατάλληλα όργανα που ίσως χρειαστούν για την υποστήριξη της κυκλοφορίας αυτόνομων οχημάτων.

Τέλος, ίσως ο πιο καταλυτικός παράγοντας είναι η **γνώμη του κοινού**. Η πλειοψηφία των κατασκευαστών αυτοκινήτων (Audi, Mercedes, και Volvo μεταξύ άλλων) και ορισμένες εταιρείες τεχνολογίας (Google, Tesla, Uber) εργάζονται σήμερα πάνω στην τεχνολογία των αυτόνομων οχημάτων. Εφόσον λυθούν όλα τα τεχνικά προβλήματα είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί μια εκστρατεία ενημέρωσης του κοινού που θα κατευνάσει τις ανησυχίες του και θα υποστηρίξει τα πλεονεκτήματα που θα προσφέρει στην καθημερινότητα όλων.

1.2 ΣΤΟΧΟΣ

Με βάση όλα τα προαναφερθέντα, στόχος αυτής της Διπλωματικής Εργασίας είναι η **διερεύνηση της αποδοχής των αυτόνομων οχημάτων από τους Έλληνες οδηγούς**, καθώς και ο εντοπισμός των βασικότερων παραγόντων που επηρεάζουν την αποδοχή αυτή.

Πιο συγκεκριμένα, θα διερευνηθεί το κατά πόσο είναι διατεθειμένοι να αγοράσουν ένα αυτόνομο όχημα, το επίπεδο της εμπιστοσύνης τους ως προς αυτά και τις επιμέρους τεχνολογίες, και τα χαρακτηριστικά που κρίνονται σημαντικά και μη σε τέτοια οχήματα.

Για το σκοπό αυτό θα αναπτυχθούν **μαθηματικά μοντέλα** μέσω των οποίων θα προσδιοριστεί η επιρροή του κόστους, του χρόνου και της ασφάλειας στην επιλογή ενός αυτόνομου οχήματος αλλά και άλλων χαρακτηριστικών των ερωτηθέντων, όπως η ηλικία και το οικογενειακό εισόδημα.

Τελικός στόχος είναι τα συμπεράσματα που θα εξαχθούν από αυτή τη Διπλωματική Εργασία θα φανούν χρήσιμα σε όλους τους εμπλεκόμενους δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς, ώστε να διαχειριστούν αυτή τη νέα τεχνολογική εξέλιξη με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και με τα βέλτιστα αποτελέσματα.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την επίτευξη του στόχου που αναφέρθηκε παραπάνω ήταν ξεκάθαρο από την αρχή ότι η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για αυτή τη Διπλωματική Εργασία θα πραγματοποιούνταν μέσω **ερωτηματολογίου**.

Για αυτό το σκοπό, διεξήχθη αρχικά μια **σύντομη έρευνα στο Διαδίκτυο** με σκοπό την εμβάθυνση στο ευρύτερο πεδίο των αυτόνομων οχημάτων και την απόκτηση μιας ολοκληρωμένης εικόνας σχετικά με την τεχνολογία και τις τελευταίες εξελίξεις στο χώρο αυτό. Συγκεντρώθηκε, επίσης, επαρκής διεθνής **βιβλιογραφία** με τη μορφή επιστημονικών άρθρων και ερευνών, η οποία λειτούργησε συμβουλευτικά για τη σύνθεση του ερωτηματολογίου.

Η έρευνα για τη Διπλωματική Εργασία βασίστηκε στη **μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης** (stated preference). Μέσα από μια σειρά σύντομων και εύκολα κατανοητών ερωτήσεων καταγράφηκαν οι προτιμήσεις και οι απόψεις των ερωτηθέντων για τις μετακινήσεις και τα αυτοκίνητα γενικότερα. Συμπεριελήφθησαν, επίσης, οκτώ σενάρια μετακίνησης με τρεις εναλλακτικές προτάσεις τα αυτόνομα οχήματα, ημι-αυτόνομα οχήματα, και παραδοσιακά οχήματα και μεταβλητές το κόστος, τον χρόνο, και την ασφάλεια. Συνολικά, συγκεντρώθηκαν **144 ερωτηματολόγια** από ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα οδηγών, τα οποία και κωδικοποιήθηκαν κατάλληλα με σκοπό την στατιστική τους ανάλυση.

Η ανάλυση αυτή πραγματοποιήθηκε με δύο μεθόδους. Η **πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (multinomial logistic regression) χρησιμοποιήθηκε για το μέρος των σεναρίων του ερωτηματολογίου, με εξαρτημένη μεταβλητή την επιλογή του μέσου μετακίνησης (αυτόνομο, ημι-αυτόνομο ή παραδοσιακό όχημα) και ανεξάρτητες μεταβλητές το κόστος, τον χρόνο, και την ασφάλεια. Επιπρόσθετα, εφαρμόστηκε η **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (binary logistic regression), με την οποία βρέθηκαν οι μεταβλητές που επηρεάζουν σημαντικά την απόφαση αγοράς ή μη ενός αυτόνομου οχήματος.

Με βάση αυτά τα δύο μοντέλα ακολούθησε η διαδικασία της **αξιολόγησης και ερμηνείας** των αποτελεσμάτων, η οποία οδήγησε στην εξαγωγή των **συμπερασμάτων** για το βαθμό επιρροής της εκάστοτε μεταβλητής στην επιλογή του αυτόνομου οχήματος. Οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιήθηκαν στη **διατύπωση**

προτάσεων για την αντιμετώπιση του ζητήματος, αλλά και για τη συνέχιση της έρευνας στο συγκεκριμένο πεδίο.



Διάγραμμα 1.1.2: Σχηματική απεικόνιση των σταδίων της διπλωματικής εργασίας

1.4 ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το **πρώτο κεφάλαιο** αποτελεί μια εισαγωγή στην Διπλωματική Εργασία με σκοπό την γνωριμία και εξοικείωση του αναγνώστη στο θέμα της τεχνολογίας των αυτόνομων οχημάτων. Παρατίθενται οι απαραίτητοι ορισμοί, ο τρόπος λειτουργίας, καθώς και τα αναμενόμενα πλεονεκτήματα και ανησυχίες που προκύπτουν από την υιοθέτηση τους. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ο επιδιωκόμενος στόχος της διπλωματικής εργασίας και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, ενώ ολοκληρώνεται με την παρούσα αναφορά στη δομή της διπλωματικής εργασίας.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** περιλαμβάνεται η παρουσίαση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, η οποία αφορά αφενός παρόμοιες έρευνες καταγραφής της αποδοχής του κοινού για τα αυτόνομα οχήματα και αφετέρου μεθοδολογιών συναφών με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία. Τέλος, αναφέρονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών, τα οποία και αξιολογούνται με βάση τη συμβολή τους στο αντικείμενο και τη μεθοδολογία της παρούσας έρευνας.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε στην Διπλωματική Εργασία και ειδικότερα της μεθόδου δεδηλωμένης προτίμησης. Στη συνέχεια πραγματοποιείται μια εκ βάθους ανάλυση των στατιστικών μοντέλων που επιλέχθηκαν για να υποστηρίξουν αυτή τη μεθοδολογία, καθώς και οι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβάλλονται.

Το ολοκληρωμένο ερωτηματολόγιο, στο οποίο βασίστηκε η Διπλωματική Εργασία, παρουσιάζεται αναλυτικά στο **Παράρτημα Α**, ενώ το σκεπτικό πίσω από την κατασκευή του παρουσιάζεται στο **τέταρτο κεφάλαιο**. Τα αποτελέσματα αυτού του ερωτηματολογίου απεικονίζονται σχηματικά με κατάλληλα διαγράμματα, τα οποία συνοδεύονται από τον απαραίτητο σχολιασμό. Τέλος, περιλαμβάνεται η κωδικοποίηση των στοιχείων του ερωτηματολογίου και η προετοιμασία τους, ώστε να χρησιμοποιηθούν στα στατιστικά προγράμματα.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** αναλύονται τα τελικά μαθηματικά μοντέλα που προέκυψαν από τις δύο στατιστικές μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και τα ενδιάμεσα βήματα που οδήγησαν σε αυτά, όπως η κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων ώστε να είναι συμβατά με τα προγράμματα R-Studio και SPSS που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση. Μετά από την αξιολόγησή τους παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτά τα μαθηματικά μοντέλα και του ερωτηματολογίου γενικότερα.

Στο **έκτο κεφάλαιο** παρατίθενται συνοπτικά τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας, ενώ παράλληλα τονίζεται η χρησιμότητά τους. Τέλος, παρουσιάζονται προτάσεις που περιλαμβάνουν τον τρόπο αξιοποίησης των αποτελεσμάτων της έρευνας για την περαιτέρω μελέτη του τομέα των αυτόνομων οχημάτων.

Στο τέλος της παρούσας διπλωματικής εργασίας κεφάλαιο παρατίθενται οι **βιβλιογραφικές αναφορές**, η παρουσίαση των οποίων συμβαδίζει με όλα τα διεθνή πρότυπα, και τα **παραρτήματα**.

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

Ο τομέας των αυτόνομων οχημάτων αποτελεί τα τελευταία χρόνια σημαντική πηγή για τη δημοσίευση πλήθους ερευνών σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας τους όσον αφορά το τεχνολογικό τους κομμάτι, αλλά και για τις πιθανές κοινωνικές και συγκοινωνιακές επιπτώσεις που θα επιφέρουν με την ευρεία χρήση τους.

2.1.1 Αυτόνομα οχήματα

Μία από τις πλέον ολοκληρωμένες έρευνες στα αυτόνομα οχήματα βρίσκεται στο βιβλίο των **J.M. Anderson, N. Kalra, K.D. Stanley, P. Sorensen, C. Samaras & O.A. Oluwatola (2016)**. Σε αυτό αναφέρονται τα πλεονεκτήματά τους, όπως λιγότερα οδικά ατυχήματα, η δυνατότητα μετακίνησης ανηλίκων, ηλικιωμένων, και ατόμων με αναπηρία, η βελτιστοποίηση της κυκλοφοριακής ροής και μείωσης της συμφόρησης, αλλά και τα μειονεκτήματα, όπως μείωση του κόστους οδήγησης με πιθανή αύξηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης αντί για μείωση, και πλήγμα των επαγγελματιών που βασίζονται στη δημόσια συγκοινωνία και την ασφάλιση αυτοκινήτων καθώς η τεχνολογία καθιστά ορισμένες πτυχές τους απαρχαιωμένες. Ταυτόχρονα, προτείνουν τη διεξαγωγή περαιτέρω ερευνών για την ποσοτικοποίηση του κόστους και πλεονεκτημάτων της τεχνολογίας και σημειώνουν ότι τα αυτόνομα οχήματα πρέπει να επιτραπούν όταν και αν είναι ανώτερα της οδήγησης σε σύγκριση με έναν μέσο άνθρωπο.

Οι **Chris Schwarz C., Thomas G., Nelson K., McCrary M. & Schlarmann N. (2013)** σε εκτενή αναφορά τους λίγα χρόνια νωρίτερα προσφέρουν μια σύντομη ιστορική αναδρομή στα αυτόνομα οχήματα και την τεχνολογία τους, ενώ εξετάζουν τις δυσκολίες που ανακύπτουν σε τεχνικό, κοινωνικό, οικονομικό και ανθρώπινο επίπεδο, τονίζοντας, παράλληλα, ότι πρέπει να συνεχιστεί η έρευνα στους τομείς της τεχνολογίας, του ανθρώπινου παράγοντα, της νομικής ευθύνης, της ασφάλειας, και της προστασίας των προσωπικών δεδομένων.

Θα ήταν απαραίτητο, τέλος, να αναφερθεί η προσπάθεια κατηγοριοποίησης της τεχνολογίας των αυτόνομων οχημάτων από την **SAE** (Summary of SAE International's Levels of Driving Automation for On-Road Vehicles, 2014), όπως αναφέρθηκε και στο υποκεφάλαιο 1.1.2, σε έξι επίπεδα, αλλά και της **NHTSA** του Υπουργείου Μεταφορών των Ηνωμένων Πολιτειών (NHTSA, 2013) σε πέντε επίπεδα. Σκοπός της κατηγοριοποίησης είναι να δοθεί ένας σαφής ορισμός για τον όρο 'αυτόνομα οχήματα', να ενημερωθεί το ευρύ κοινό για τα διάφορα στάδια που εμπεριέχει η εξέλιξη της τεχνολογίας, και να προαχθεί η δημόσια συζήτηση σχετικά με τα διάφορα ζητήματα και ανησυχίες. Η NHTSA υιοθέτησε το 2016 την

κατηγοριοποίηση της SAE στα πλαίσια της νέας πολιτικής των Ηνωμένων Πολιτειών για τα αυτόνομα οχήματα που δημοσιεύθηκε τον Σεπτέμβριο του 2016 (U.S. Department of Transportation, 2016).

2.1.2 Έρευνες αποδοχής του κοινού

Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα λειτουργούν, όπως είναι αναμενόμενο, σε ένα υποθετικό επίπεδο μιας και η πλειοψηφία των ανθρώπων δεν διαθέτει άμεση εμπειρία στο χώρο των αυτόνομων οχημάτων. Εξαίρεση σε αυτό αποτελεί η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα Τρίκαλα στα πλαίσια του προγράμματος **CityMobil2** (Portouli E., Karaseitanidis G., Lytrivis P., Karaberi X., Gorgogetas G., McDonald M., Piao J., Valerio M., Delle Site P., Pietroni F. & Sessa C., 2016). Πρόκειται για μια έρευνα αποδοχής των Λεωφορείων Χωρίς Οδηγό που λειτουργούν πιλοτικά στα Τρίκαλα και σε άλλες τέσσερις ευρωπαϊκές πόλεις (<http://www.citymobil2.eu/en/>). Η έρευνα εξετάζει την ικανοποίηση των επιβατών για το **σύστημα ARTS** (Automated Road Transport System), αλλά και την άποψη των κατοίκων των Τρικάλων για τα αυτόνομα οχήματα μελλοντικά.

Σχετικά με τα αυτόνομα οχήματα, οι 470 ερωτηθέντες δήλωσαν σε ποσοστό 76 τοις εκατό ότι θα σκεφτόντουσαν την χρησιμοποίηση αυτόνομων αυτοκινήτων, ενώ αντίθετα το 22 τοις εκατό δεν θα το σκεφτόταν καν. Από αυτούς που θα σκεφτόντουσαν να χρησιμοποιήσουν αυτόνομο αυτοκίνητο, το 51 τοις εκατό δήλωσε ότι θα ήθελε να αγοράσει ένα αυτόνομο αυτοκίνητο, και το 49 τοις εκατό δήλωσε ότι θα μοιραζόταν αυτόνομα αυτοκίνητα μέσω συστημάτων car sharing ή car pooling.

Η έρευνα αναγνωρίζει ως έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες επιρροής της συμπεριφοράς του κοινού απέναντι στα αυτόνομα οχήματα την **ασφάλεια**. Το 70 τοις εκατό των πολιτών πιστεύει ότι τα αυτόνομα οχήματα είναι το ίδιο ή πιο ασφαλή από οχήματα με οδηγό. Οι αρνητικές απαντήσεις κάποιων εκ των ερωτηθέντων μπορεί να είναι αποτέλεσμα ελλιπούς ενημέρωσης, κατανόησης, και εμπιστοσύνης στην τεχνολογία αυτόνομων οχημάτων. Οι συγγραφείς προτρέπουν τη διεξαγωγή ερευνών ως προς τον τρόπο που το κοινό θα πειστεί για τα οφέλη στην ασφάλεια των αυτόνομων οχημάτων.

Στη διεθνή βιβλιογραφία μπορούν να βρεθούν πολλές έρευνες για την αποδοχή των αυτόνομων οχημάτων. Στην έρευνα των **Howard, D., & Dai, D. (2014)** η ασφάλεια και η άνεση ήταν τα πιο ελκυστικά χαρακτηριστικά στην αυτόνομη οδήγηση με ποσοστό 75 και 61 τοις εκατό αντίστοιχα, ενώ η νομική ευθύνη και το κόστος ήταν τα λιγότερα ελκυστικά χαρακτηριστικά με ποσοστό 70 και 69 τοις εκατό αντίστοιχα. Συνολικά, πάνω από το 40 τοις εκατό των ερωτηθέντων ήταν θετικοί στην αγορά αυτόνομων οχημάτων.

Η έρευνα των **Casley, S. V., Jardim, A. S., & Quartulli, A. M. (2013)** πραγματοποιήθηκε ανάμεσα σε 407 φοιτητές του Worcester Polytechnic Institute, οι οποίοι ανέδειξαν σε ποσοστό 82 τοις εκατό την ασφάλεια, 12 τοις εκατό τη νομοθεσία, και 7 τοις εκατό το κόστος ως τους σημαντικότερους παράγοντες επιρροής στην επιθυμία απόκτησης αυτόνομων οχημάτων. Βρέθηκε, επίσης, ότι οι άνδρες ήταν περισσότερο πιθανόν να υιοθετήσουν τα αυτόνομα οχήματα από τις γυναίκες.

Οι **Schoettle, B., & Sivak, M. (2014)** διενήργησαν έρευνα ανάμεσα σε 1533 άτομα στις Ηνωμένες Πολιτείες, Ηνωμένο Βασίλειο, και Αυστραλία. Το 57 τοις εκατό των ερωτηθέντων εξέφρασαν θετική άποψη για τα αυτόνομα οχήματα με τα αναμενόμενα θετικά χαρακτηριστικά να είναι η μείωση των ατυχημάτων (70 τοις εκατό), μείωση ρύπανσης (64 τοις εκατό), και μείωση κατανάλωσης (72 τοις εκατό). Ωστόσο, το 48 τοις εκατό θεωρεί ότι τα αυτόνομα οχήματα δεν θα βελτιώσουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση και το 43 τοις εκατό ότι δεν θα βελτιώσουν τον χρόνο μετακίνησης. Η έρευνα έδειξε, τέλος, ότι οι γυναίκες είχαν υψηλότερο επίπεδο αμφιβολιών για τα αυτόνομα οχήματα από ότι οι άνδρες, και ήταν περισσότερο συντηρητικές ως προς τα πιθανά οφέλη από την χρήση τους.

Οι **Payre, W., Cestac, J., & Delhomme, P. (2014)** χρησιμοποίησαν διαδικτυακή έρευνα συγκεντρώνοντας 421 ερωτηματολόγια από Γάλλους οδηγούς. Οι άνδρες βρέθηκε ότι ήταν περισσότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν και να αγοράσουν ένα αυτόνομο όχημα. Άτομα μεγαλύτερης ηλικίας έδειξαν μικρότερη προθυμία να πληρώσουν για μια τέτοια τεχνολογία, αλλά έδειξαν μεγαλύτερα επίπεδα αποδοχής.

Από τις μεγαλύτερες έρευνες πραγματοποίησαν οι **Kyriakidis, M., Happee, R., & De Winter, J. (2014)**, οι οποίοι συγκέντρωσαν 4886 απαντήσεις από 109 χώρες μέσω διαδικτυακής έρευνας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κατά μέσο η χειροκίνητη οδήγηση ήταν πιο απολαυστική μέθοδος οδήγησης με το 33 τοις εκατό να υποδηλώνει ότι η αυτόνομη οδήγηση θα ήταν προτιμότερη. Η μεγαλύτερη ανησυχία των ερωτηθέντων ήταν η παραβίαση του λογισμικού, καθώς και θέματα νομικής φύσης και η ασφάλεια. Εν ολίγοις, τα αποτελέσματα ήταν ποικιλόμορφα με ένα μεγάλο ποσοστό να υιοθετεί την ιδέα των αυτόνομων οχημάτων και ένα άλλο μεγάλο ποσοστό να μην εμφανίζεται διατεθειμένο να πληρώσει για αυτά.

2.1.3 Μεθοδολογίες

Οι **Howard, D., & Dai, D. (2014)** χρησιμοποίησαν το μοντέλο της **λογιστικής παλινδρόμησης** για τις περισσότερες ερωτήσεις και το μοντέλο της **λογαριθμικής-γραμμικής παλινδρόμησης** (log-linear regression) για την ερώτηση «πόσο συχνά θα χρησιμοποιούσατε ένα αυτόνομο ταξί». Τα αποτελέσματα της λογιστικής παλινδρόμησης δείχνουν ότι οι άνδρες είναι περισσότερο πιθανό να ανησυχήσουν για τη νομική ευθύνη και λιγότερο πιθανό να ανησυχήσουν για τον έλεγχο από ότι οι

γυναίκες. Επίσης, αυτοί με υψηλότερο εισόδημα ανησυχούν περισσότερο για τη νομική ευθύνη και λιγότερο με τον έλεγχο. Αυτοί με χαμηλότερο εισόδημα ανησυχούν περισσότερο για την ασφάλεια και τον έλεγχο, ενώ το κόστος είχε το ίδιο επίπεδο ανησυχίας για όλους. Ακόμα, οι συχνοί χρήστες της τεχνολογίας είναι λιγότερο πιθανό να ασχοληθούν με το κόστος της τεχνολογίας σε σχέση με αυτούς που έχουν μικρότερη σχέση με την τεχνολογία.

Το μοντέλο της **λογαριθμικής-γραμμικής παλινδρόμησης** έδειξε ότι οι περισσότερο εύποροι άνθρωποι ήταν περισσότερο διατεθειμένοι να χρησιμοποιήσουν ένα αυτόνομο ταξί από εκείνους με μικρότερο εισόδημα. Μια εξήγηση για αυτό είναι ότι ο όρος «ταξί» ενδεχομένως να υποδηλώνει υψηλό κόστος και πολυτέλεια, με τους ανθρώπους που εκτιμούν την πολυτέλεια να επιλέγουν αυτόνομο ταξί. Επιπρόσθετα, εκείνοι που έχουν σε υψηλή εκτίμηση την ασφάλεια και τις ανέσεις δηλώνουν μια προτίμηση στα αυτόνομα ταξί.

Οι **Payre, W., Cestac, J., & Delhomme, P. (2014)** χρησιμοποίησαν **ιεραρχική γραμμική παλινδρόμηση** (hierarchical linear regression) για την εύρεση των προγνωστικών παραγόντων στην χρήση αυτόνομου οχήματος. Η εξαρτημένη μεταβλητή ήταν το αντικείμενο «Θα ήμουν έτοιμος να χρησιμοποιήσω ένα αυτόνομο όχημα αντί για ένα κανονικό αυτοκίνητο». Τρία βήματα πραγματοποιήθηκαν για την εισαγωγή έξι ανεξάρτητων μεταβλητών της ανάλυσης: *φύλο, ηλικία, DRSS* (κλίμακα για την αίσθηση οδήγησης) στο πρώτο βήμα, *ενδιαφέρον στην χρήση αυτόνομης οδήγησης με μειωμένη ικανότητα οδήγησης και συναφής αποδοχή* στο δεύτερο βήμα, *συμπεριφορά απέναντι σε αυτόνομα συστήματα* για το τρίτο βήμα. Η πρόθεση για την χρήση αυτόνομων οχημάτων επηρεάζεται αξιόπιστα από τη συμπεριφορά απέναντι σε αυτόνομα συστήματα, συναφή αποδοχή, και αναζήτηση υψηλής αίσθησης στην οδήγηση. Επιρροή του φύλου παρατηρήθηκε μόνο στο πρώτο βήμα με τους άντρες να δείχνουν περισσότερο ενδιαφέρον από τις γυναίκες στα αυτόνομα οχήματα, αλλά όταν συμπεριλήφθηκε η συναφή αποδοχή στο μοντέλο το φύλο δεν είχε πια επιρροή. Η ηλικία δεν είχε κάποια σημαντική επίδραση.

Η έρευνα του **Menon, M. (2015)** με δείγμα από φοιτητές του University of South Florida και μέλη του American Automobile Association (AAA) – South Division κάνει χρήση του μοντέλου της **τακτικής λογιστικής παλινδρόμησης** (ordinal logistic regression). Όλες οι εξαρτημένες μεταβλητές στην έρευνα – το επίπεδο οικειότητας με τα αυτόνομα οχήματα πριν τη συμμετοχή στην έρευνα, η πιθανότητα καθενός από επτά πλεονεκτήματα να συμβούν με τα αυτόνομα οχήματα, το επίπεδο της ανησυχίας σχετικά με τα μειονεκτήματα, και η πιθανότητα της υιοθέτησης αυτόνομων οχημάτων – είναι τακτικές μεταβλητές στη φύση τους, δηλαδή ισχύει μια σχέση ανισότητας μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα λίγο, αρκετά, πολύ. Ως εκ τούτου, η έρευνα χρησιμοποίησε το τακτικό λογιστικό μοντέλο για να αναλύσει την οικειότητα των καταναλωτών, τις αντιλήψεις τους στα πλεονεκτήματα και

μειονεκτήματα των αυτόνομων οχημάτων, και στην πρόθεση για να υιοθετήσουν την τεχνολογία αυτή.

Βρέθηκε ότι η επιρροή των δημογραφικών στοιχείων μειώθηκε σημαντικά σε πολλές φορές στατιστικά ασήμαντο βαθμό όταν ο βαθμός της οικειότητας με την τεχνολογία των αυτόνομων οχημάτων ή η αντίληψη για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους εισερχόταν στο μοντέλο. Αυτό ενδεχομένως υποδηλώνει ότι παρόλο που οι δημογραφικές διαφορές υφίστανται στην πρόθεση υιοθέτησης αυτόνομων οχημάτων, πολλές φορές οφείλονται στις δημογραφικές διαφορές στις αντιλήψεις των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων σχετικά με αυτά.

Γίνεται, ωστόσο, η σύσταση από τον συγγραφέα η βελτίωση της μεθοδολογίας καθώς η τακτική λογιστική παλινδρόμηση περιλαμβάνει ορισμένα μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, όταν τα μοντέλα υπολογίζονται με την πρόθεση υιοθέτησης ως την εξαρτημένη μεταβλητή και κάποια από τα πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα ως ανεξάρτητες μεταβλητές, τότε ανοίγει ο δρόμος για ενδογένεια (endogeneity).

Η πιο κοντινή από άποψη μεθοδολογίας στην παρούσα Διπλωματική Εργασία είναι η έρευνα των **Lustgarten, P., Le Vine, S. (2016)**, η οποία χρησιμοποιεί τη μέθοδο **δεδηλωμένης προτίμησης** (stated preference) με επιλογές μεταξύ ενός *παραδοσιακού οχήματος ή λεωφορείου*, ενός *ημι-αυτόνομου οχήματος*, ενός *πλήρους αυτόνομου οχήματος*, και μιας *αεροπορικής πτήσης* για ένα 10 σενάρια «επίσκεψης συγγενών που κατοικούν σε κάποιο άλλο σημείο της χώρας». Οι μεταβλητές που υπεισέλθαν στα σενάρια ήταν το κόστος, η διάρκεια ταξιδιού, και η μέγιστη ταχύτητα. Η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με **πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** και με το **μικτό λογιστικό μοντέλο** (mixed logit), το οποίο η έρευνα έδειχνε να προτιμά καθώς λαμβάνει υπόψιν το γεγονός ότι οι απαντήσεις δεδηλωμένης προτίμησης δεν είναι ανεξάρτητες η μία από την άλλη, γιατί κάθε άτομο απάντησε σε ένα σετ δέκα σεναρίων.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου δείχνουν ότι οι παράμετροι του κόστους και διάρκειας ταξιδιού έχουν αρνητικό πρόσημο, δείχνοντας όπως ήταν αναμενόμενο ότι οι ερωτηθέντες ήταν λιγότερο πιθανό να επιλέξουν το μέσο που ήταν πιο ακριβό ή είχε μεγαλύτερο χρόνο ταξιδιού. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το γεγονός ότι οι ερωτηθέντες εκτιμούν τη μέγιστη ταχύτητα που θα ταξίδευαν σε ένα αυτόνομο όχημα, ανεξάρτητα από τη συνολική διάρκεια του ταξιδιού.

2.2 ΣΥΝΟΨΗ

Από τις έρευνες που έχουν γίνει για τα αυτόνομα οχήματα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Η μελλοντική υιοθέτηση και τα αναμενόμενα πλεονεκτήματα των αυτόνομων αυτοκινήτων έχουν γίνει **εν γένει αποδεκτά** από το σύνολο της ερευνητικής κοινότητας, αν και συνίσταται η περαιτέρω ποσοτικοποίηση τους.
- Το ευρύ κοινό αποδέχεται στην πλειοψηφία του ένα μέλλον με αυτόνομα οχήματα με τους άνδρες να εμφανίζουν υψηλότερα ποσοστά προτίμησης. Εκφράζονται, ωστόσο, **ανησυχίες** για θέματα οδικής ασφαλείας, νομοθεσίας, κόστους, και παραβίασης προσωπικών δεδομένων.
- Ως προς τα **θετικά χαρακτηριστικά** οι καταναλωτές αναγνωρίζουν τη μείωση των ατυχημάτων, τη μείωση της ρύπανσης, τη μείωση της κατανάλωσης, και το μεγαλύτερο επίπεδο της άνεσης.

Σχετικά με τις μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη διερεύνηση της αποδοχής του κοινού προκύπτουν τα εξής:

- Η ενδεδειγμένη μέθοδος για τη μελέτη της αποδοχής του κοινού είναι εκείνη της **δεδηλωμένης προτίμησης** με τη μορφή **ερωτηματολογίου**, αφού ενδείκνυται για υποθετικές καταστάσεις. Υπό περιπτώσεις μπορεί να συνδυαστεί και με τη μέθοδο της αποκαλυπτόμενης προτίμησης για καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων.
- Απαιτείται συλλογή στοιχείων από ένα **επαρκές και αντιπροσωπευτικό δείγμα** με έννοιες που έχουν οριστεί σαφώς και επαρκώς ώστε να γίνονται **εύκολα κατανοητές**.
- Η συλλογή στοιχείων στη συντριπτική πλειοψηφία των ερευνών πραγματοποιήθηκε **διαδικτυακά**. Παρά τα προφανή πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου (ευκολία στη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων, εισαγωγή εικόνων και ήχων, αίσθηση ανωνυμίας) πρέπει να σημειωθεί ότι το δείγμα **δεν είναι πάντα αντιπροσωπευτικό**, καθώς δεν έχουν όλες οι ηλικίες και κοινωνικές τάξεις την ίδια ευκολία πρόσβασης στο Διαδίκτυο.
- Η στατιστική ανάλυση ερευνών στις οποίες η ανεξάρτητη μεταβλητή αποτελείται από δύο επιλογές πραγματοποιείται με το **διωνυμικό λογιστικό πρότυπο**. Στις περιπτώσεις όπου οι ερωτηθέντες έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε τρεις ή περισσότερες εναλλακτικές αξιοποιείται το **πολυωνυμικό λογιστικό πρότυπο**.

3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ

Πληθυσμός και δείγμα

Το σύνολο του οποίου τα στοιχεία μελετώνται ως προς ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά ονομάζεται **πληθυσμός** (population). Επειδή, όμως, είναι αδύνατο να εξετασθεί το σύνολο του πληθυσμού επιλέγεται ένα μικρότερο μέρος αυτού, το οποίο ονομάζεται **δείγμα** (sample), και η διαδικασία ονομάζεται **δειγματοληψία** ή **δημοσκόπηση**. Εάν αυτό το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό, τότε τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από την ανάλυσή του θα ισχύουν με ικανοποιητική ακρίβεια και για τον πληθυσμό.

Μεταβλητές

Τα χαρακτηριστικά τα οποία εξετάζονται ονομάζονται **μεταβλητές** (variables) και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: **ποιοτικές** ή **κατηγορικές** (qualitative variables) και **ποσοτικές** (quantitative variables). Οι ποιοτικές μεταβλητές λαμβάνουν τιμές που κατηγοριοποιούν τον πληθυσμό σε κατηγορίες που δεν είναι απαραίτητα μετρήσιμες, όπως για παράδειγμα το φύλο. Αντίθετα, οι ποσοτικές μεταβλητές λαμβάνουν αυστηρά αριθμητικές τιμές και χωρίζονται σε διακριτές, όπως ο αριθμός τέκνων σε μια οικογένεια, και συνεχείς, όπως ο μισθός.

Μέτρα αξιοπιστίας

Το **επίπεδο εμπιστοσύνης** υποδηλώνει το ποσοστό της πιθανότητας να είναι αληθής η εκτίμηση σε ένα καθορισμένο διάστημα εμπιστοσύνης. Για παράδειγμα, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95 τοις εκατό υπάρχουν 85 τοις εκατό πιθανότητες η εκτίμηση που προέκυψε από την ανάλυση του δείγματος να είναι αξιόπιστη.

Το **επίπεδο σημαντικότητας** υποδηλώνει το ποσοστό της πιθανότητας να είναι εσφαλμένη η εκτίμηση. Για παράδειγμα, επίπεδο σημαντικότητας 5 τοις εκατό σημαίνει ότι μακροπρόθεσμα η εκτίμηση θα είναι λανθασμένη 5 τοις εκατό των φορές.

Κανονική Κατανομή

Η **κανονική κατανομή** ή κατανομή Gauss αποτελεί, ίσως, την πιο σημαντική κατανομή της στατιστικής. Αναφέρεται σε συνεχείς μεταβλητές και η μαθηματική της έκφραση είναι:

$$f(x) = \left(\frac{1}{s\sqrt{2\pi}} \right) e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}}$$

όπου:

- s , η τυπική απόκλιση
- $\bar{x}$, η μέση τιμή
- x , μια τιμή της συνεχούς τυχαίας μεταβλητής

Η παραπάνω έκφραση ονομάζεται συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας και συμβολίζεται με $X \sim N(\bar{x}, s^2)$.

Κατανομή Poisson

Η **κατανομή Poisson** χρησιμοποιείται για την περιγραφή εντελώς τυχαίων διακριτών γεγονότων. Μία διακριτή τυχαία μεταβλητή X ακολουθεί κατανομή Poisson με παράμετρο $\lambda > 0$, αν, για $x=0,1,2,\dots$, η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας του X δίνεται από:

$$f(x) = \frac{\lambda^x}{x!} e^{-\lambda}$$

και συμβολίζεται με $X \sim P(\lambda)$, όπου:

- λ , η μέση τιμή αριθμού εμφάνισης ενός γεγονότος. Ισούται με τη διακύμανση.
- $x!$, παραγοντικό του x

Αρνητική Διωνυμική Κατανομή

Η **αρνητική διωνυμική κατανομή** χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου η διακύμανση των στοιχείων του δείγματος είναι μεγαλύτερη από τη μέση τιμή. Μια τυχαία μεταβλητή X ακολουθεί την αρνητική διωνυμική κατανομή με παραμέτρους r , p όταν έχει συνάρτηση πιθανότητας:

$$f(x) = \binom{r+x-1}{r-1} p^r (1-p)^x$$

και συμβολίζεται με $X \sim NB(r,p)$, όπου:

- r , θετικός ακέραιος
- $p \in (0,1)$

Κατανομή Gumbel (Μεγίστων και Ελαχίστων)

Η κατανομή Gumbel χρησιμοποιείται για την περιγραφή της κατανομής των μεγίστων (ή ελαχίστων) ενός αριθμού στοιχείων από διάφορες κατανομές. Μαθηματικά εκφράζεται ως εξής:

$$P = \chi_0 - \frac{1}{\alpha} \ln[\ln T - \ln(T - 1)]$$

όπου:

- P , η πιθανότητα
- χ_0 , α , παράμετροι κατανομής με $\alpha = \frac{1}{0.78s}$ και $\chi_0 = \bar{\chi} - 0.45s$, s η τυπική απόκλιση και $\bar{\chi}$ η μέση τιμή.
- T , περίοδος επαναφοράς

3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ

Η **Μέθοδος Δεδηλωμένης Προτίμησης** (stated preference) χρησιμοποιείται ευρέως σε συγκοινωνιακές εφαρμογές, και ειδικότερα στους τομείς αξιολόγησης προτιμήσεων, ανάλυσης ζήτησης, και μελλοντικής πρόβλεψης. Αναπτύχθηκε, αρχικά, στις αρχές της δεκαετίας του 1970 για έρευνα προώθησης προϊόντων, ενώ το ενδιαφέρον για την εφαρμογή της σε συγκοινωνιακές έρευνες δημιουργήθηκε το 1979 στο Ηνωμένο Βασίλειο (Kroes & Sheldon, 1988).

Σκοπός είναι η **καταγραφή των προτιμήσεων** μέρους του πληθυσμού σχετικά με κάποιο ζήτημα και η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου για την περιγραφή αυτών των προτιμήσεων. Η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης είναι ιδιαίτερα δημοφιλής εξαιτίας της ευκολίας που παρέχει στην υλοποίησή της και τη συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών της συμπεριφοράς των χρηστών του δικτύου ακόμα και σε υποθετικά μελλοντικά σενάρια.

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

Σύμφωνα με τους Kroes & Sheldon (1988), **το πρώτο στάδιο** στον σχεδιασμό μιας έρευνας με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης είναι ο **καθορισμός των μεταβλητών και το επίπεδό τους** που πρέπει να αξιολογηθεί από τους ερωτηθέντες. Οι μεταβλητές μπορούν να λάβουν είτε συνεχείς είτε διακριτές τιμές. Πρέπει να δοθεί προσοχή, ωστόσο, στη διατύπωση του γενικότερου πλαισίου της

έρευνας αλλά και στην κλίμακα βαθμολόγησης των εξαρτημένων μεταβλητών. Για παράδειγμα, μπορεί να παρουσιάζεται ένα πλήθος εναλλακτικών επιλογών και να ζητείται η κατάταξή τους σε μια σειρά κλιμακούμενης προτίμησης ή η βαθμολόγησή τους. Μια άλλη μορφή αφορά την παρουσίαση ενός συνδυασμού εναλλακτικών επιλογών (συνήθως δύο με πέντε), από τον οποίο οι ερωτηθέντες πρέπει να επιλέξουν μία μεταβλητή. Η **επιλογή της μορφής του ερωτηματολογίου** είναι και το **επόμενο βήμα στον σχεδιασμό της έρευνας**.

Ο **τελικός σκοπός** θα πρέπει να είναι ο καθορισμός των συνδυασμών όλων των επιπέδων των μεταβλητών με τέτοιο τρόπο ώστε να μην παρουσιάζεται συσχετισμός μεταξύ των εναλλακτικών. Ο συνολικός αριθμός των εναλλακτικών μπορεί να εξαρτάται τόσο από τον αριθμό των μεταβλητών όσο και από τα διαφορετικά τους επίπεδα. Στην πράξη, ωστόσο, οι ερωτηθέντες μπορούν να αξιολογήσουν έναν περιορισμένο αριθμό εναλλακτικών επιλογών τη φορά, συνήθως μεταξύ εννιά και δεκάξι. Ως εκ τούτου μια ανάλυση που εμπεριέχει όλους τους πιθανούς συνδυασμούς των επιπέδων κάθε μεταβλητής (full factorial design) μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο όταν υπάρχουν λίγες μεταβλητές και επίπεδα. Όταν αυτό είναι αδύνατο μπορεί να παρουσιαστεί ένα υποσύνολο των δυνατών συνδυασμών (fractorial factorial design).

3.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ ΜΕ ΑΠΟΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ

Για την καταγραφή των απόψεων του κοινού χρησιμοποιούνται ουσιαστικά δύο τεχνικές: η **μέθοδος δεδηλωμένης προτίμησης** (stated preference) και η **μέθοδος αποκαλυπτόμενης προτίμησης** (revealed preference).

Η **μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης** λειτουργεί καλύτερα απέναντι σε κάποια μελλοντική υποθετική κατάσταση, η οποία δεν εφαρμόζεται σήμερα. Ως εκ τούτου αποτελεί τον ιδανικό τρόπο μελέτης της άποψης του κοινού για αυτή την κατάσταση.

Από την άλλη, η **μέθοδος αποκαλυπτόμενης προτίμησης** καταγράφει τη συμπεριφορά και την άποψη του κοινού πάνω σε εναλλακτικές επιλογές που εφαρμόζονται ήδη, και συνεπώς αποτελεί το καταλληλότερο εργαλείο για την εξαγωγή μοντέλων σχετικά με τη ζήτηση. Παρουσιάζει, ωστόσο, μειονεκτήματα (Kroes & Sheldon, 1988):

- Δυσκολία στην εξέταση όλων των μεταβλητών που ενδιαφέρουν την έρευνα λόγω απουσίας επαρκούς ευελιξίας των δεδομένων

- Συχνή εμφάνιση συσχετισμών μεταξύ επεξηγηματικών μεταβλητών, όπως χρόνος ταξιδιού και κόστος, που καθιστά δύσκολο τον υπολογισμό των συντελεστών του μαθηματικού μοντέλου.
- Δεν μπορεί να εφαρμοστεί για την εκτίμηση της ζήτησης σε καταστάσεις που δεν υφίστανται.

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

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

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

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

Εν τέλει, όταν απαιτείται η ακριβής εκτίμηση της ζήτησης η πιο ελκυστική επιλογή είναι ο **συνδυασμός μεθόδων** δεδηλωμένης προτίμησης και αποκαλυπτόμενης προτίμησης.

3.4 ΘΕΩΡΙΑ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ – ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Στο πλαίσιο μιας έρευνας δεδηλωμένης προτίμησης τα πρότυπα των διακριτών επιλογών είναι εξατομικευμένα πρότυπα (disaggregate models), αφού εξετάζονται οι προτιμήσεις μεμονωμένων ατόμων και όχι πληθυσμού, σε σχέση με τα χαρακτηριστικά των ατόμων και των εναλλακτικών επιλογών. Το σύνολο στο οποίο

περιλαμβάνονται όλες οι δυνατές διακριτές επιλογές ονομάζεται **σύνολο επιλογών** (choice set) και αποτελείται από πεπερασμένο αριθμό εναλλακτικών. Τα σύνολα επιλογών διαχωρίζονται σε καθολικά (universal choice set), τα οποία περιέχουν όλες τις δυνατές εναλλακτικές, και τα μειωμένα σύνολα (reduced choice set), τα οποία περιέχουν μόνο τις εναλλακτικές που είναι διαθέσιμες στο κάθε άτομο.

Ως **συνάρτηση χρησιμότητας** ορίζεται ένα μαθηματικό μοντέλο που περιγράφει την ικανοποίηση του κάθε ατόμου από τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε εναλλακτικής επιλογής. Για κάθε εναλλακτική i του συνόλου επιλογών C_n , ορίζεται μια συνάρτηση χρησιμότητας του ατόμου n ως εξής:

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

όπου:

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

Η πιθανότητα επιλογής της κάθε εναλλακτικής υπολογίζεται ως εξής:

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

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

3.4.1 Πιθανοτικά πρότυπα διακριτών επιλογών (probit)

Τα **πιθανοτικά πρότυπα** (probit) προκύπτουν όταν τα τυχαία σφάλματα στην εξίσωση της χρησιμότητας ακολουθούν την κανονική κατανομή. Στην απλή περίπτωση που οι εναλλακτικές επιλογές είναι μόνο δύο η εξίσωση είναι ως εξής:

$$P_n(1) = P(\beta_1 X_{1n} - \beta_2 X_{2n} > \varepsilon_{2n} - \varepsilon_{1n})$$

όπου:

- Τα σφάλματα ε_{1n} και ε_{2n} κατανέμονται κανονικά με μέση τιμή ίση με το μηδέν και τυπικές αποκλίσεις s_1^2 και s_2^2 αντίστοιχα.

3.4.2 Λογιστικά πρότυπα διακριτών επιλογών (logit)

Τα **λογιστικά πρότυπα** (logit) βασίζονται στην υπόθεση ότι τα σφάλματα των συναρτήσεων χρησιμότητας είναι ανεξάρτητα και ακολουθούν την κατανομή Gumbel. Συγκεκριμένα, εάν τα σφάλματα κατανέμονται κατά Gumbel με παράμετρο θέσης $\omega=0$ και παράμετρο κλίμακας μ , τότε η πιθανότητα ένα άτομο να επιλέξει μια εναλλακτική ανάμεσα σε ένα σύνολο C εναλλακτικών γράφεται ως εξής:

$$P_n(1/C) = \frac{e^{\mu V_i}}{\sum_{j \in C} e^{\mu V_j}} \forall j \in C$$

Η έκφραση αυτή αποτελεί και την έκφραση του **πολυωνυμικού λογιστικού προτύπου** (multinomial logit model).

3.4.3 Γενικευμένα πρότυπα διακριτών επιλογών

Η βασική προϋπόθεση στα πρότυπα διακριτών επιλογών είναι η **ανεξαρτησία** μεταξύ των εναλλακτικών επιλογών. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις, στις οποίες δεν ισχύει αυτή η συνθήκη και για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται κάποιες παραλλαγές των προτύπων διακριτών επιλογών.

Μία από αυτές αφορά το **ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο** (hierarchical logistic model) (Manski & McFadden, 1981), το οποίο αποτελεί επέκταση του πολυωνυμικού λογιστικού προτύπου και αναπτύχθηκε με σκοπό τη διαχείριση περιπτώσεων, στις οποίες παρατηρείται συσχέτιση μεταξύ των εναλλακτικών επιλογών. Βασίζεται στο διαχωρισμό του καθολικού συνόλου επιλογών C σε διάφορα υποσύνολα C_m (κλάδοι), τέτοια ώστε:

$$C = \bigcup_{m=1, \dots, M} C_m \cap C_l = \emptyset \forall m \neq l$$

Η παραπάνω εξίσωση υποδηλώνει ότι το σύνολο των εναλλακτικών επιλογών των κλάδων ισούται με τις εναλλακτικές του καθολικού συνόλου και i εναλλακτικές που εμφανίζονται σε ένα υποσύνολο δεν εμφανίζονται σε κάποιο άλλο.

Η συνάρτηση χρησιμότητας της κάθε εναλλακτικής επιλογής αποτελείται από έναν ειδικό όρο για την εναλλακτική και έναν όρο που εξαρτάται από τον κάθε κλάδο. Συνεπώς, αν $i \in C_m$, τότε:

$$U_i = V_i + \varepsilon_i + V_{C_m} + \varepsilon_{C_m}$$

Τα σφάλματα ε_i θεωρούνται ανεξάρτητα και ότι ακολουθούν την κατανομή Gumbel με παράμετρο κλίμακας μ . Η κατανομή είναι τέτοια ώστε η τυχαία μεταβλητή $\max_{j \in C_m} U_j$ ακολουθεί την κατανομή Gumbel με παράμετρο κλίμακας μ_m . Κάθε κλάδος μέσα στο σύνολο των επιλογών περιγράφεται με μια ψευδο-χρησιμότητα (pseudo-utility), η οποία καλείται **σύνθετη χρησιμότητα** (compose utility) και ορίζεται ως εξής:

$$V'_{C_m} = V_{C_m} + \frac{1}{\mu_m} \sum_{i \in C_m} e^{\mu_m V_i}$$

όπου V_{C_m} η συνιστώσα της συνάρτησης χρησιμότητας, η οποία είναι κοινή για όλες τις εναλλακτικές επιλογές του κλάδου C_m .

Τέλος, επισημαίνεται ότι στις περιπτώσεις που ο διαχωρισμός των κλάδων δεν είναι προφανής μπορεί να εξεταστεί το συνδυαστικό ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο (cross-nested logit model), στο οποίο κάποιες εναλλακτικές ανήκουν σε περισσότερους του ενός κλάδου (Bierlaire, 2006).

3.4.4 Μικτά πρότυπα διακριτών επιλογών

Στην περίπτωση που τα σφάλματα στην εξίσωση χρησιμότητας δεν ακολουθούν κοινή κατανομή ακροτάτων τιμών μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια άλλη ομάδα μοντέλων που ονομάζονται **μικτά λογιστικά πρότυπα** (mixed logit models). Σε αυτά, τα σφάλματα ακολουθούν τυπικά τη μικτή κανονική κατανομή και κατανομή ακροτάτων τιμών (McFadden & Train, 2000) ή μικτή λογαριθμική κανονική κατανομή ακροτάτων τιμών (Fosgerau & Bierlaire, 2007).

Σκοπός αυτών των μεθόδων αποτελεί η αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων των πιθανοτικών και λογιστικών προτύπων. Συγκεκριμένα, η κανονική κατανομή προσφέρει ευελιξία στην περιγραφή αρκετών στοχαστικών παραμέτρων, ενώ η κατανομή Gumbel προσφέρει ευελιξία στην προσαρμογή του προτύπου (Gopinath et al, 2005).

3.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis) αφορά μια διαδικασία για τον υπολογισμό των σχέσεων μεταξύ μεταβλητών, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως όταν στόχος είναι ο συσχετισμός μιας εξαρτημένης μεταβλητής με μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές. Ως εκ τούτου, δίνεται η δυνατότητα κατανόησης του τρόπου που μια τυπική τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής επηρεάζεται από την αλλαγή μιας ανεξάρτητης μεταβλητής όταν οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές. Διαφέρει από τα πρότυπα διακριτών επιλογών, τα οποία θεωρούν ότι τα σφάλματα ε_{in} του συνόλου των εναλλακτικών επιλογών είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και ακολουθούν κοινή κατανομή.

Εξαρτημένη μεταβλητή ορίζεται η μεταβλητή της οποίας η τιμή αναμένεται να προβλεφθεί από το μοντέλο, ενώ **ανεξάρτητη μεταβλητή** ορίζεται η μεταβλητή, η

οποία επιδρά στην πρόβλεψη της εξαρτημένης λαμβάνοντας συγκεκριμένες τιμές. Για τον καθορισμό των ανεξάρτητων μεταβλητών που όντως έχουν επίδραση στην πρόβλεψη της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής χρησιμοποιούνται μαθηματικά μοντέλα, τα οποία δείχνουν μαθηματικά την σχέση μεταξύ ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Η επιλογή του μοντέλου εξαρτάται από το είδος της εξαρτημένης μεταβλητής (συνεχής ή διακριτή). Οι συνηθέστερες μέθοδοι σε έρευνες δεδηλωμένης προτίμησης είναι αυτές της **γραμμικής παλινδρόμησης** (linear regression), **πιθανοτικής ανάλυσης** (probit analysis), **ανάλυσης διακριτότητας** (discriminant analysis), και **λογιστικής παλινδρόμησης** (logistic regression) (Pindyck & Rubinfeld, 1991).

3.5.1 Γραμμική παλινδρόμηση

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

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

Σε αυτό το μοντέλο προϋπόθεση αποτελεί η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι **συνεχής** και να ακολουθεί την **κανονική κατανομή**. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία η εξαρτημένη μεταβλητή (αγορά ή όχι αυτόνομου οχήματος) λαμβάνει διακριτές τιμές (ναι, όχι) και, ως εκ τούτου, δεν μπορεί να αναλυθεί με το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης.

3.5.2 Πιθανοτική ανάλυση

Το μοντέλο της **πιθανοτικής ανάλυσης** (probit analysis) μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει διακριτές ή συνεχείς τιμές. Ο υπολογισμός της συνάρτησης χρησιμότητας, η οποία διέπεται από μια γραμμική σχέση, αλλά και της πιθανότητας πραγματοποιείται με ανάλογο τρόπο όπως και στη γραμμική παλινδρόμηση.

Για την υλοποίηση της πιθανοτικής ανάλυσης απαιτείται ο **μετασχηματισμός των ανεξάρτητων μεταβλητών** σε πιθανότητες, με τιμές από 0 έως και 1. Πρέπει να

δοθεί προσοχή, ωστόσο, στη διατήρηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την εξαρτημένη ακόμα και μετά τον μετασχηματισμό.

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

3.5.3 Λογιστική παλινδρόμηση

Η **λογιστική παλινδρόμηση** (logistic regression) είναι η πλέον κατάλληλη μέθοδος για την στατιστική επεξεργασία δεδομένων που έχουν συλλεχθεί με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Με τη λογιστική παλινδρόμηση αναπτύσσεται ένα μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης της πιθανότητας επιλογής ενός εναλλακτικού σεναρίου (Pindyck & Rubinfeld, 1991) και εκφράζεται ο τρόπος και το μέγεθος της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην επιλογή αυτή. Παρουσιάζει εφαρμογή και στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή μεταβλητή, όπως και στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Με τη λογιστική παλινδρόμηση καταλήγουμε αρχικά σε μια γραμμική συνάρτηση χρησιμότητας για το γεγονός που εξετάζεται. Με μετέπειτα μετασχηματισμό της συνάρτησης χρησιμότητας προκύπτει άμεσα η πιθανότητα πραγματοποίησης αυτού του γεγονότος.

3.5.4 Σύνοψη

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

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

3.6 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ (LOGISTIC REGRESSION)

Το μοντέλο της **λογιστικής παλινδρόμησης** (logistic regression) χρησιμοποιείται συχνά σε συγκοινωνιακές έρευνες, στις οποίες ζητείται η πρόβλεψη της επιρροής

ορισμένων χαρακτηριστικών στην επιλογή κάποιου γεγονότος. Μέσω του μοντέλου αυτού αναπτύσσεται ένα μαθηματικό πρότυπο που δίνει μια γραμμική συνάρτηση χρησιμότητας του εν λόγω γεγονότος σε σχέση με τα χαρακτηριστικά που το επηρεάζουν. Έπειτα, μέσω κατάλληλου μετασχηματισμού υπολογίζεται η πιθανότητα πραγματοποίησης αυτού του γεγονότος.

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

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

όπου:

- U_i , η συνάρτηση χρησιμότητας του γεγονότος i
- $x_1 \dots x_n$, οι μεταβλητές του προβλήματος
- a_0 , η σταθερά που αντιπροσωπεύει την επιρροή των παραγόντων που δεν έχουν συμπεριληφθεί ως μεταβλητές στο μαθηματικό μοντέλο
- $a_1 \dots a_n$, οι συντελεστές των μεταβλητών

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

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

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

Το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στην ανάπτυξη του **διωνυμικού προτύπου πρόβλεψης** (binary model), όσο και του **πολυωνυμικού προτύπου πρόβλεψης** (multinomial model). Όταν οι πιθανές επιλογές είναι δύο, τότε επιλέγεται το πρώτο μοντέλο, ενώ όταν οι επιλογές είναι περισσότερες επιλέγεται το δεύτερο. Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάζει και τα δύο μοντέλα. Με το διωνυμικό μοντέλο αναλύεται η ερώτηση 'θα αγοράζατε αυτόνομο όχημα' με πιθανές απαντήσεις 'ναι' ή 'όχι', και με το πολυωνυμικό πρότυπο αναλύονται τα σενάρια, όπου οι επιλογές είναι 'πλήρως αυτόνομο όχημα', 'ημι-αυτόνομο όχημα', και 'παραδοσιακό όχημα'.

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

$$\text{logit}(P) = \log_e \frac{P}{1-P} = \beta_0 + \beta_1 \chi_1 + \dots + \beta_v \chi_v$$

Για παράδειγμα, τα odds να έχουμε 'κορώνα' στο ρίξιμο ενός νομίσματος είναι $0.5/0.5=1$, αφού η πιθανότητα να έρθει 'κορώνα' είναι 50 τοις εκατό και η πιθανότητα να μην έρθει 'κορώνα' είναι 50 τοις εκατό. Γενικά:

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

3.7 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

3.7.1 Συντελεστές εξίσωσης

Σχετικά με τους **συντελεστές της εξίσωσης** της λογιστικής παλινδρόμησης ως κριτήριο αποδοχής του μοντέλου πρέπει να προσφέρεται μια **λογική ερμηνεία** των προσήμων τους. Σε πρώτο στάδιο εξετάζεται το πρόσημο. Θετικό πρόσημο υποδηλώνει ότι αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής οδηγεί σε αύξηση της εξαρτημένης. Αντίθετα, αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει ότι μείωση της ανεξάρτητης μεταβλητής οδηγεί σε μείωση της εξαρτημένης.

Σε δεύτερο στάδιο εξετάζεται η **τιμή του συντελεστή**. Θα πρέπει να δίνεται μια λογική εξήγηση για την τιμή αυτή, αφού αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής χ_i κατά μία μονάδα οδηγεί σε αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής κατά β_i .

3.7.2 Ελαστικότητα

Στο ίδιο μήκος κύματος λειτουργεί και η **ελαστικότητα**, η οποία αντιπροσωπεύει την ευαισθησία μιας εξαρτημένης μεταβλητής στην μεταβολή μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Συνήθως, χρησιμοποιούνται ποσοστά επί τοις εκατό για την έκφραση της ελαστικότητας. Έτσι, για παράδειγμα, πρέπει να έχει λογική ερμηνεία η ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής στην μεταβολή κατά ένα τοις εκατό της ανεξάρτητης μεταβλητής. Ο τύπος της ελαστικότητας για συνεχείς μεταβλητές δίνεται από τη σχέση:

$$e_i = \frac{\Delta Y_i X_i}{\Delta X_i Y_i} = \beta_i \frac{X_i}{Y_i}$$

3.7.3 Στατιστική αξιολόγηση παραμέτρων

Η στατιστική αξιολόγηση των παραμέτρων της συνάρτησης πραγματοποιείται με χρήση του δείκτη **t-ratio** ή **Wald**. Ο δείκτης αυτός υποδηλώνει τη σημαντικότητα της ανεξάρτητης μεταβλητής. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t-ratio τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό μοντέλο.

Οι αποδεχτές τιμές του t-ratio για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης φαίνεται στον επόμενο πίνακα:

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

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

Όπως φαίνεται και στον πίνακα, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95 τοις εκατό οποιαδήποτε μεταβλητή έχει t-ratio πάνω από 1.645 μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει σημαντική επιρροή στο μοντέλο. Να σημειωθεί ότι αποδεκτή γίνεται η απόλυτη τιμή του t-ratio, καθώς ο δείκτης μπορεί να λάβει και αρνητικές τιμές.

3.7.4 Συσχέτιση παραμέτρων

Στο μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης οι ανεξάρτητες μεταβλητές οφείλουν να είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, δηλαδή να μην υπάρχει μεταξύ τους **συσχέτιση** (correlation). Αν δύο μεταβλητές, για παράδειγμα, είναι μεταξύ τους συσχετισμένες δεν μπορεί να εξακριβωθεί με ακρίβεια η επιρροή τους στο μοντέλο.

3.7.5 Μέθοδος μέγιστης πιθανοφάνειας

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

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

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

όπου:

- $L(0)$, ο λογάριθμος πιθανοφάνειας του μοντέλου χωρίς τις μεταβλητές
- $L(b)$, ο λογάριθμος πιθανοφάνειας του μοντέλου με τις μεταβλητές
- $x_{b,0.05}^2$, η τιμή του κριτηρίου χ^2 για b βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5 τοις εκατό.

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

3.7.6 Το κριτήριο χ^2

Η συνολική ποιότητα του μοντέλου ελέγχεται με τον συντελεστή προσαρμογής και ως κριτήριο καλής προσαρμογής χρησιμοποιείται ο **συντελεστής χ^2** . Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας μιας μεταβλητής από μια άλλη μεταβλητή και λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Όσο πιο κοντά στο 1 βρίσκεται η τιμή του χ^2 , τόσο πιο ισχυρή είναι η σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Συνήθως, η τιμή του χ^2 δεν ξεπερνά το 0.45. Ως εκ τούτου, εάν η τιμή του χ^2 βρίσκεται πάνω από το 0.30 θεωρείται στις περισσότερες περιπτώσεις αποδεκτή.

4 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας, όπως αυτός διαμορφώθηκε στο Κεφάλαιο 1.2, περιλαμβάνει τη **διερεύνηση της αποδοχής των αυτόνομων οχημάτων από τους Έλληνες οδηγούς**, καθώς και τον εντοπισμό των βασικότερων παραμέτρων που τροφοδοτούν το επίπεδο αυτής της αποδοχής.

Για το σκοπό αυτό αποφασίστηκε στο Κεφάλαιο 3.3 η χρησιμοποίηση της **μεθόδου της δεδηλωμένης προτίμησης** και, συγκεκριμένα, η συλλογή στοιχείων μέσω ενός κατάλληλα σχεδιασμένου **ερωτηματολογίου**. Τα δεδομένα που αντλήθηκαν από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση, ώστε να εξεταστεί η σημαντικότητά τους.

4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.2.1 Το ερωτηματολόγιο

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων για τη Διπλωματική Εργασία πραγματοποιήθηκε μέσω **ερωτηματολογίου**, το οποίο παρατίθεται στο σύνολό του στο τέλος του τεύχους στο **Παράρτημα Α**.

Το ερωτηματολόγιο χωρίζεται σε **τέσσερα μέρη** καλύπτοντας συνολικά επτά σελίδες, συμπεριλαμβανομένου και του εξωφύλλου. Ο χρόνος συμπλήρωσής του κυμαίνεται μεταξύ 10 και 15 λεπτών, χρόνος που θεωρείται μεγάλος για έρευνες πεδίου αλλά εξαιτίας της φύσης του αντικειμένου και του έμφυτου ενδιαφέροντος που παρουσιάζουν τα αυτόνομα οχήματα ως νέα τεχνολογία αποφασίστηκε να μην τροποποιηθούν περαιτέρω οι ερωτήσεις.

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

Καθόλη την έκταση του ερωτηματολογίου γίνεται χρήση **κλίμακας τύπου Likert** (Likert, 1932) τεσσάρων σημείων ('Καθόλου', 'Λίγο', 'Αρκετά', 'Πολύ') με σκοπό τη διατήρηση ενός υψηλού επιπέδου ευκολίας και σαφήνειας στην κατανόηση των ερωτήσεων. Η μορφή αυτή διατηρείται σε όλο το εύρος του ερωτηματολογίου χωρίς αλλαγές, ώστε να διατηρηθεί ο ίδιος βαθμός ομοιογένειας και να αποφευχθεί το ενδεχόμενο σύγχυσης στη συμπλήρωση των απαντήσεων.

Ο μοναδικός περιορισμός που τέθηκε για το δικαίωμα συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου αφορούσε την **κατοχή διπλώματος οδήγησης** και, ως εκ τούτου, το ελάχιστο όριο ηλικίας ορίστηκε στα 18 έτη.

4.2.2 Τα μέρη του ερωτηματολογίου

Στο **πρώτο μέρος** του ερωτηματολογίου συμπεριλήφθηκε ένας αριθμός ερωτήσεων με σκοπό τη συλλογή στοιχείων για την οδηγική συμπεριφορά και τις συνήθειες των ερωτηθέντων. Με αυτόν τον τρόπο οι ερωτηθέντες εισάγονται σταδιακά στο κλίμα και στη φιλοσοφία της έρευνας απαντώντας σε ερωτήσεις, οι οποίες αργότερα θα φανούν ιδιαίτερα χρήσιμες στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στο **δεύτερο μέρος** παρατίθεται αρχικά μια μικρή εισαγωγή στα αυτόνομα οχήματα, αναγνωρίζοντας με αυτόν τον τρόπο το γεγονός ότι ορισμένοι ενδεχομένως να μην είναι οικείοι με την τεχνολογία αυτή. Το είδος των ερωτήσεων παραμένει στο πλαίσιο των αυτόνομων οχημάτων σε όλο το δεύτερο μέρος, εξετάζοντας μεταξύ άλλων και τις απόψεις των ερωτηθέντων για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Στο **τρίτο μέρος** περιλαμβάνεται το σημαντικότερο μέρος για τις αναλύσεις στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Εισάγεται μία υπόθεση διαδρομής με αυτόνομα ή μη αυτοκίνητα και ζητείται η επιλογή μεταξύ τριών εναλλακτικών προτάσεων (παραδοσιακά οχήματα, ημι-αυτόνομα οχήματα, και πλήρως αυτόνομα οχήματα) με βάση τρεις παραμέτρους (κόστος, ασφάλεια, και χρόνος).

Στο **τέταρτο** και τελευταίο μέρος της έρευνας περιλαμβάνονται ερωτήσεις σχετικά με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτηθέντων. Συγκεκριμένα, ζητούνται το φύλο, η ηλικία, το μορφωτικό επίπεδο, το επάγγελμα, η οικογενειακή κατάσταση, και το οικογενειακό εισόδημα.

4.2.3 Τα σενάρια

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου περιλαμβάνονται τα **σενάρια**. Ζητείται από τους ερωτηθέντες η επιλογή μεταξύ **τριών εναλλακτικών προτάσεων** (παραδοσιακά οχήματα, ημι-αυτόνομα οχήματα, και πλήρως αυτόνομα οχήματα) με βάση **τρεις παραμέτρους** (κόστος, ασφάλεια, και χρόνος). Συνολικά, παρουσιάζονται **οκτώ διαφορετικά σενάρια** που αφορούν μια υποθετική διαδρομή από το σπίτι στο χώρο εργασίας κανονικής διάρκειας 60 λεπτών μετ' επιστροφής.

Η επιλογή των σεναρίων και των τιμών των παραμέτρων ακολούθησε έναν **λογικό σχεδιασμό**. Για παράδειγμα, θεωρήθηκε απολύτως λογικό το γεγονός ότι τα αυτόνομα οχήματα θα είναι μελλοντικά πιο ασφαλή από τα σημερινά οχήματα. Ως εκ

τούτου, το επίπεδο της ασφάλειας του πλήρους αυτόνομου οχήματος ήταν σε όλα τα σενάρια πλην ενός ανώτερο του παραδοσιακού οχήματος. Ειδικότερα, για το επίπεδο της ασφάλειας χρησιμοποιήθηκαν πέντε επίπεδα: Πολύ Χαμηλή, Χαμηλή, Μεσαία, Υψηλή, και Πολύ Υψηλή.

Για την οπτική παρουσίαση των σεναρίων χρησιμοποιήθηκαν **πίνακες**, όπως αυτός που φαίνεται στον Πίνακα 4.1, και δεν παρουσιάστηκαν προβλήματα στην ανάγνωση ή την κατανόησή τους. Το σύνολο των σεναρίων παρατίθεται στο Παράρτημα Α στο τέλος αυτού του τεύχους.

Σ4	Παραδοσιακό	Ημι-αυτόνομο	Πλήρως αυτόνομο
Κόστος €	30	30	40
Χρόνος (λεπτά)	50	50	40
Ασφάλεια	Πολύ Χαμηλή	Μεσαία	Πολύ Υψηλή

Πίνακας 4.1: Το Σενάριο 4 που χρησιμοποιήθηκε στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου.

4.2.4 Συλλογή ερωτηματολογίων

Για τη συλλογή των ερωτηματολογίων αποφασίστηκε η πραγματοποίηση **έρευνας πεδίου**, η οποία ολοκληρώθηκε σε διάστημα τριών περίπου εβδομάδων την περίοδο Οκτωβρίου-Νοεμβρίου 2016. Ταυτόχρονα, χρησιμοποιήθηκε και μια **διαδικτυακή μορφή** του ερωτηματολογίου αξιοποιώντας την υπηρεσία SurveyMonkey (<https://www.surveymonkey.com>).

Σκοπός αυτής της μορφής του ερωτηματολογίου δεν ήταν ο διαμοιρασμός του στο Διαδίκτυο, αλλά η **διευκόλυνση στη συμπλήρωσή του** ανώνυμα από γνωστούς και άτομα στο κοντινό τους περιβάλλον μέσω φορητής ηλεκτρονικής συσκευής (tablet). Ο σύνδεσμος για την έρευνα στάλθηκε σε συγκεκριμένα άτομα, από τα οποία ζητήθηκε να μην αναρτηθεί σε μέσα κοινωνικής δικτύωσης ή να διαμοιραστεί με άλλον τρόπο στο Διαδίκτυο. Τα δημογραφικά χαρακτηριστικά και τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων που συγκεντρώθηκαν με αυτόν τον τρόπο συνάδουν με αυτά που συγκεντρώθηκαν με την έρευνα πεδίου.

Ο λόγος που επιλέχθηκε να μην πραγματοποιηθεί αποκλειστικά διαδικτυακή έρευνα ήταν ώστε **να μην υπάρξει αλλοίωση του δείγματος**. Ως γνωστόν οι Διαδικτυακές έρευνες δεν ικανοποιούν σε σημαντικό βαθμό την αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος, καθώς δεν διαθέτουν όλες οι ηλικίες και τα κοινωνικά στρώματα πρόσβαση στο Διαδίκτυο.

Απόσπασμα της μορφής του ερωτηματολογίου που δημιουργήθηκε με το SurveyMonkey δίνεται παρακάτω στην Εικόνα 4.1.

8 **Πόσο σημαντικά** είναι για σας τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα αυτοκίνητο;

	Καθόλου	Λίγο	Αρκετά	Πολύ
Ενεργητική και παθητική ασφάλεια (συστήματα ESP, ABS, αερόσακοι, σκελετός αυτοκινήτου κτλπ)	☐	☐	☐	☐
Εμφάνιση	☐	☐	☐	☐
Υψηλή ταχύτητα	☐	☐	☐	☐
Άνεση στο εσωτερικό ή/και στην οδήγηση	☐	☐	☐	☐
Συστήματα υποστήριξης οδηγού (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης, οθόνη, σύνδεση με smartphone, κτλπ)	☐	☐	☐	☐
Προσιτή τιμή	☐	☐	☐	☐
Χαμηλή κατανάλωση	☐	☐	☐	☐

Εικόνα 4.1: Παράδειγμα ερώτησης με κλίμακα τύπου Likert με το SurveyMonkey.

Μετά την απόρριψη ορισμένων ερωτηματολογίων για διάφορους λόγους, όπως για παράδειγμα η μη κατοχή διπλώματος οδήγησης και η μη συμπλήρωση του συνόλου των ερωτήσεων, συγκεντρώθηκαν συνολικά **144 ερωτηματολόγια**, τα οποία και υποβλήθηκαν σε στατιστική επεξεργασία.

4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.3.1 Κωδικοποίηση δεδομένων

Αμέσως μετά την ολοκλήρωση της συλλογής των ερωτηματολογίων ξεκίνησε η προετοιμασία για την στατιστική τους επεξεργασία. Σε πρώτο στάδιο όλες οι απαντήσεις κωδικοποιήθηκαν και συγκεντρώθηκαν χρησιμοποιώντας το λογισμικό **Microsoft Excel 2016** σε λειτουργικό σύστημα **macOS 10.12**. Γνωρίζοντας εκ των προτέρων ότι θα γίνει χρήση των προγραμμάτων **R-Studio** (έκδοση 3.3.2) και **SPSS** (έκδοση 23) για την στατιστική ανάλυση με πολυωνυμική και διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση αντίστοιχα δημιουργήθηκαν δύο αρχεία Excel.

Το **πρώτο αρχείο Excel** που χρησιμοποιήθηκε για το R-Studio περιλάμβανε όλες τις απαντήσεις των ερωτηθέντων για κάθε σενάριο. Αυτό σημαίνει ότι το αρχείο αποτελείται από 1.152 σειρές (144 ερωτηθέντες επί 8 σενάρια) συν μία στην κορυφή με την αρίθμηση των ερωτήσεων και των σεναρίων, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Rxxx	choice	cost3	cost2	cost1	time3	time2	time1	safety3	safety2	safety1	A1	A2
2	R001	choice1	30	30	40	60	40	30	5	3	1	0	2
3	R001	choice2	30	40	50	50	50	60	4	3	1	0	2
4	R001	choice1	40	30	30	40	50	40	4	3	2	0	2
5	R001	choice1	30	30	40	50	50	40	5	3	1	0	2
6	R001	choice3	40	40	30	30	50	60	4	3	1	0	2
7	R001	choice2	30	40	60	50	40	30	3	2	3	0	2
8	R001	choice1	40	30	20	60	50	40	2	3	4	0	2
9	R001	choice1	40	30	30	60	50	30	3	3	2	0	2
10	R002	choice1	30	30	40	60	40	30	5	3	1	0	3
11	R002	choice1	30	40	50	50	50	60	4	3	1	0	3
12	R002	choice3	40	30	30	40	50	40	4	3	2	0	3
13	R002	choice2	30	30	40	50	50	40	5	3	1	0	3
14	R002	choice2	40	40	30	30	50	60	4	3	1	0	3
15	R002	choice1	30	40	60	50	40	30	3	2	3	0	3
16	R002	choice3	40	30	20	60	50	40	2	3	4	0	3
17	R002	choice2	40	30	30	60	50	30	3	3	2	0	3
18	R003	choice2	30	30	40	60	40	30	5	3	1	0	1
19	R003	choice3	30	40	50	50	50	60	4	3	1	0	1
20	R003	choice1	40	30	30	40	50	40	4	3	2	0	1
21	R003	choice3	30	30	40	50	50	40	5	3	1	0	1
22	R003	choice2	40	40	30	30	50	60	4	3	1	0	1
23	R003	choice3	30	40	60	50	40	30	3	2	3	0	1
24	R003	choice1	40	30	20	60	50	40	2	3	4	0	1
25	R003	choice1	40	30	30	60	50	30	3	3	2	0	1

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

Η πρώτη γραμμή περιέχει τις στήλες:

- *Rxxx*, ο αύξων αριθμός των ερωτηθέντων
- *choice*, η επιλογή μίας εκ των τριών εναλλακτικών στα σενάρια, με *choice1*=αυτόνομο, *choice2*=ημι-αυτόνομο, και *choice3*=παραδοσιακό
- *cost3*, *cost2*, *cost1*, η τιμή της μεταβλητής του κόστους για το παραδοσιακό, ημι-αυτόνομο, και αυτόνομο όχημα αντίστοιχα

- *time3, time2, time1*, η τιμή της μεταβλητής του χρόνου για το παραδοσιακό, ημι-αυτόνομο, και αυτόνομο όχημα αντίστοιχα
- *safety3, safety2, safety1*, η τιμή της μεταβλητής της ασφάλειας για το παραδοσιακό, ημι-αυτόνομο, και αυτόνομο όχημα αντίστοιχα από 1=Πολύ Υψηλή έως 5=Πολύ Χαμηλή.
- *A1, A2, ..., A*, η αρίθμηση των ερωτήσεων σύμφωνα με το ερωτηματολόγιο του Παραρτήματος Α

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

- Σε ερωτήσεις, στις οποίες οι απαντήσεις ήταν δύο, για παράδειγμα μεταξύ *Ναι* ή *Όχι*, η κωδικοποίηση στο Excel αντιστοιχεί *Ναι=0* και *Όχι=1*. Σε ερωτήσεις, στις οποίες οι απαντήσεις ήταν άνω των δύο, η πρώτη απάντηση αντιστοιχεί στο 1, η δεύτερη απάντηση στο 2, και ούτω καθεξής.
- Για να διαβαστεί το παραπάνω αρχείο στο R-Studio ήταν απαραίτητη η μετατροπή του μέσα από το Microsoft Excel σε αρχείο τύπου .csv.
- Το δεύτερο αρχείο Excel που δημιουργήθηκε για το SPSS ήταν πρακτικά το ίδιο με το πρώτο αρχείο με την εξαίρεση ότι από κάθε ερωτηθέντα αφαιρέθηκαν οι επτά επιπρόσθετες γραμμές και διατηρήθηκε μόνο μία, αφού δεν ενδιέφερε η ανάλυση των σεναρίων σε αυτή την περίπτωση, αλλά η απάντησή τους στην ερώτηση «*C1: Θα αγοράζατε ένα αυτόνομο όχημα;*» Συνεπώς, το αρχείο αποτελείται από 144 γραμμές συν μία στην κορυφή με την αρίθμηση των ερωτήσεων.
- Οι ερωτήσεις, στις οποίες δεν έχει δοθεί απάντηση, απεικονίζονται με κενό στο αντίστοιχο κελί τους στο Excel.
- Με το πρόγραμμα SPSS πραγματοποιήθηκε έλεγχος συσχέτισης (correlation) των μεταβλητών μέσω της εντολής *Analyze -> Correlate -> Bivariate*, με κριτήριο η συσχέτιση να είναι μικρότερη του 0.4. Δεν βρέθηκε συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.

4.4 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθενται συγκεντρωτικά τα **σημαντικότερα** και **πιο ενδιαφέροντα στατιστικά στοιχεία** με τη μορφή πινάκων σχετικά με το δείγμα της έρευνας, αλλά και την απόκρισή του στην ερώτηση αγοράς αυτόνομου οχήματος. Οι πίνακες για κάθε μία από τις ερωτήσεις παρατίθενται στο σύνολό τους στο **Παράρτημα Β**.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η **ποσοστιαία κατανομή του δείγματος**:

Φύλο	
Ανδρας	66%
Γυναίκα	34%
Ηλικία	
18-34	74%
>34	26%
Εισόδημα	
<10.000€	38%
10.000-25.000€	35%
>25.000€	27%
Μορφωτικό επίπεδο	
Λύκειο	10%
ΑΕΙ	72%
ΤΕΙ/ΙΕΚ	18%

Πίνακας 4.2: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος ανά φύλο, ηλικία, εισόδημα, και μορφωτικό επίπεδο.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή του δείγματος στην ερώτηση «Θα αγοράζατε ένα αυτόνομο όχημα;»

Ναι	71%
Όχι	29%

Πίνακας 4.3: Ποσοστιαία κατανομή απαντήσεων στην ερώτηση «Θα αγοράζατε ένα αυτόνομο όχημα;»

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η στατιστική κατανομή του δείγματος στην ερώτηση «Θα αγοράζατε ένα αυτόνομο όχημα;» ανά φύλο, ηλικία, και εισόδημα:

	Φύλο		Ηλικία		Εισόδημα		
	Ανδρας	Γυναίκα	18-34	>34	<10.000€	10.000-25.000€	>25.000€
Ναι	47%	24%	51%	20%	26%	23%	22%
Όχι	19%	10%	23%	6%	11%	11%	6%

Πίνακας 4.4: Ποσοστιαία κατανομή απαντήσεων ανά φύλο, ηλικία, και εισόδημα στην ερώτηση «Θα αγοράζατε ένα αυτόνομο όχημα;»

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην στατιστική επεξεργασία επιλέχθηκε να **συνδυαστούν ορισμένες απαντήσεις** ερωτήσεων για την καλύτερη σύγκριση μεταξύ τους. Για παράδειγμα, σε όλες τις ερωτήσεις που έγινε χρήση της κλίμακας τύπου Likert οι απαντήσεις από *Καθόλου/Λίγο/Αρκετά/Πολύ* συμπύχθηκαν σε *Λίγο/Πολύ*. Επίσης, στην ερώτηση Α5 οι απαντήσεις από *Καθημερινά/4-6 φορές/2-4 φορές/Σπάνια* συμπύχθηκαν σε *Πολύ Συχνά/Συχνά/Ποτέ*. Η τροποποίηση αυτή κατέστησε πολύ πιο εύκολη την στατιστική ανάλυση, η οποία οδήγησε στην εξαγωγή χρήσιμων και ουσιαστικών συμπερασμάτων.

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι οι ερωτηθέντες ήταν **στην πλειοψηφία τους νέοι** έως 34 ετών, **άνδρες**, με **υψηλό μορφωτικό επίπεδο** επιπέδου ΑΕΙ ή ΤΕΙ/ΙΕΚ, και ικανοποιητική κατανομή όσον αφορά στο φύλο.

5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι **μεθοδολογίες** που χρησιμοποιήθηκαν στη Διπλωματική Εργασία, καθώς και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή τους.

Μετά την κωδικοποίηση των δεδομένων που αντλήθηκαν από τα ερωτηματολόγια και παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο ακολουθεί η **στατιστική τους επεξεργασία** με την εφαρμογή των στατιστικών προτύπων πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης για το μέρος των σεναρίων και με τη μέθοδο της διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης για την ερώτηση που σχετίζεται με την αγορά ή όχι ενός αυτόνομου οχήματος.. Ταυτόχρονα, παρουσιάζονται και οι **στατιστικοί έλεγχοι** για την καλή προσαρμογή των στατιστικών προτύπων.

Τέλος, παρατίθενται τα **αποτελέσματα** που προκύπτουν από την εφαρμογή των μεθοδολογιών, η περιγραφή τους, και η ερμηνεία τους με βάση το γενικότερο πλαίσιο της έρευνας.

5.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΟΛΥΩΝΥΜΙΚΗΣ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Με το μοντέλο αυτό, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, πραγματοποιείται η στατιστική ανάλυση των **σεναρίων** του ερωτηματολογίου. Για την ανάλυση αυτή χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα R-Studio (3.3.2) σε λειτουργικό περιβάλλον macOS 10.12.2.

5.2.1 Εισαγωγή Δεδομένων Στο R-Studio

Σε πρώτο στάδιο εισάγουμε μέσω της εντολής *Tools -> Import Dataset -> From Local File...* το αρχείο .csv που περιέχει κωδικοποιημένα τα στοιχεία του ερωτηματολογίου. Στο παράθυρο που εμφανίζεται πρέπει να επιλεχθεί η επιλογή *Yes* στο *Heading*, ώστε η πρώτη σειρά του αρχείου να ερμηνευτεί ως η ονομασία των μεταβλητών, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.1. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία το αρχείο .csv είχε το όνομα *data.csv*.

Import Dataset

Name: data

Encoding: Automatic

Heading: ☒ Yes ☐ No

Row names: Automatic

Separator: Semicolon

Decimal: Period

Quote: Double quote (")

Comment: None

na.strings: NA

☒ Strings as factors

Input File

```
choice_id;choice;cost3;cost2;cost1;time3;time2;time1;safety3;
R001;choice1;30;30;40;60;40;30;5;3;1;0;2;1;2;2;1;4;3;2;4;4;
R001;choice2;30;40;50;50;50;60;4;3;1;0;2;1;2;2;2;1;4;3;2;4;4;
R001;choice1;40;30;30;40;50;40;4;3;2;0;2;1;2;2;2;1;4;3;2;4;4;
R001;choice1;30;30;40;50;50;40;5;3;1;0;2;1;2;2;2;1;4;3;2;4;4;
R001;choice3;40;40;30;30;50;60;4;3;1;0;2;1;2;2;2;1;4;3;2;4;4;
R001;choice2;30;40;60;50;40;30;3;2;3;0;2;1;2;2;2;1;4;3;2;4;4;
R001;choice1;40;30;20;60;50;40;2;3;4;0;2;1;2;2;2;1;4;3;2;4;4;
R001;choice1;40;30;30;60;50;30;3;2;0;2;1;2;2;2;2;1;4;3;2;4;4;
R002;choice1;30;30;40;60;40;30;5;3;1;0;3;3;2;4;1;1;4;2;1;3;2;
R002;choice1;30;40;50;50;50;60;4;3;1;0;3;3;2;4;1;1;4;2;1;3;2;
R002;choice3;40;30;30;40;50;40;4;3;2;0;3;3;2;4;1;1;4;2;1;3;2;
R002;choice2;30;30;40;50;50;40;5;3;1;0;3;3;2;4;1;1;4;2;1;3;2;
R002;choice2;40;40;30;30;50;60;4;3;1;0;3;3;2;4;1;1;4;2;1;3;2;
```

Data Frame

	choice_id	choice	cost3	cost2	cost1	time3	time2
R001	choice1	30	30	40	60	40	
R001	choice2	30	40	50	50	50	
R001	choice1	40	30	30	40	50	
R001	choice1	30	30	40	50	50	
R001	choice3	40	40	30	30	50	
R001	choice2	30	40	60	50	40	
R001	choice1	40	30	20	60	50	
R001	choice1	40	30	30	60	50	
R002	choice1	30	30	40	60	40	
R002	choice1	30	40	50	50	50	
R002	choice3	40	30	30	40	50	
R002	choice2	30	30	40	50	50	
R002	choice2	40	40	30	30	50	

Import Cancel

Εικόνα 5.1: Η επιλογή Heading στην εισαγωγή του αρχείου στο R-Studio.

Και η τελική μορφή του data.csv μετά την εισαγωγή του στο R-Studio:

	choice_id	choice	cost3	cost2	cost1	time3	time2	time1	safety3	safety2	safety1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8a
1	R001	choice1	30	30	40	60	40	30	5	3	1	0	2	1	2	2	2	1	4
2	R001	choice2	30	40	50	50	50	60	4	3	1	0	2	1	2	2	2	1	4
3	R001	choice1	40	30	30	40	50	40	4	3	2	0	2	1	2	2	2	1	4
4	R001	choice1	30	30	40	50	50	40	5	3	1	0	2	1	2	2	2	1	4
5	R001	choice3	40	40	30	30	50	60	4	3	1	0	2	1	2	2	2	1	4
6	R001	choice2	30	40	60	50	40	30	3	2	3	0	2	1	2	2	2	1	4
7	R001	choice1	40	30	20	60	50	40	2	3	4	0	2	1	2	2	2	1	4
8	R001	choice1	40	30	30	60	50	30	3	3	2	0	2	1	2	2	2	1	4
9	R002	choice1	30	30	40	60	40	30	5	3	1	0	3	3	2	4	1	1	4
10	R002	choice1	30	40	50	50	50	60	4	3	1	0	3	3	2	4	1	1	4
11	R002	choice3	40	30	30	40	50	40	4	3	2	0	3	3	2	4	1	1	4
12	R002	choice2	30	30	40	50	50	40	5	3	1	0	3	3	2	4	1	1	4
13	R002	choice2	40	40	30	30	50	60	4	3	1	0	3	3	2	4	1	1	4
14	R002	choice1	30	40	60	50	40	30	3	2	3	0	3	3	2	4	1	1	4
15	R002	choice3	40	30	20	60	50	40	2	3	4	0	3	3	2	4	1	1	4
16	R002	choice2	40	30	30	60	50	30	3	3	2	0	3	3	2	4	1	1	4
17	R003	choice2	30	30	40	60	40	30	5	3	1	0	1	1	1	4	1	1	3
18	R003	choice3	30	40	50	50	50	60	4	3	1	0	1	1	1	4	1	1	3

Showing 1 to 18 of 1,152 entries

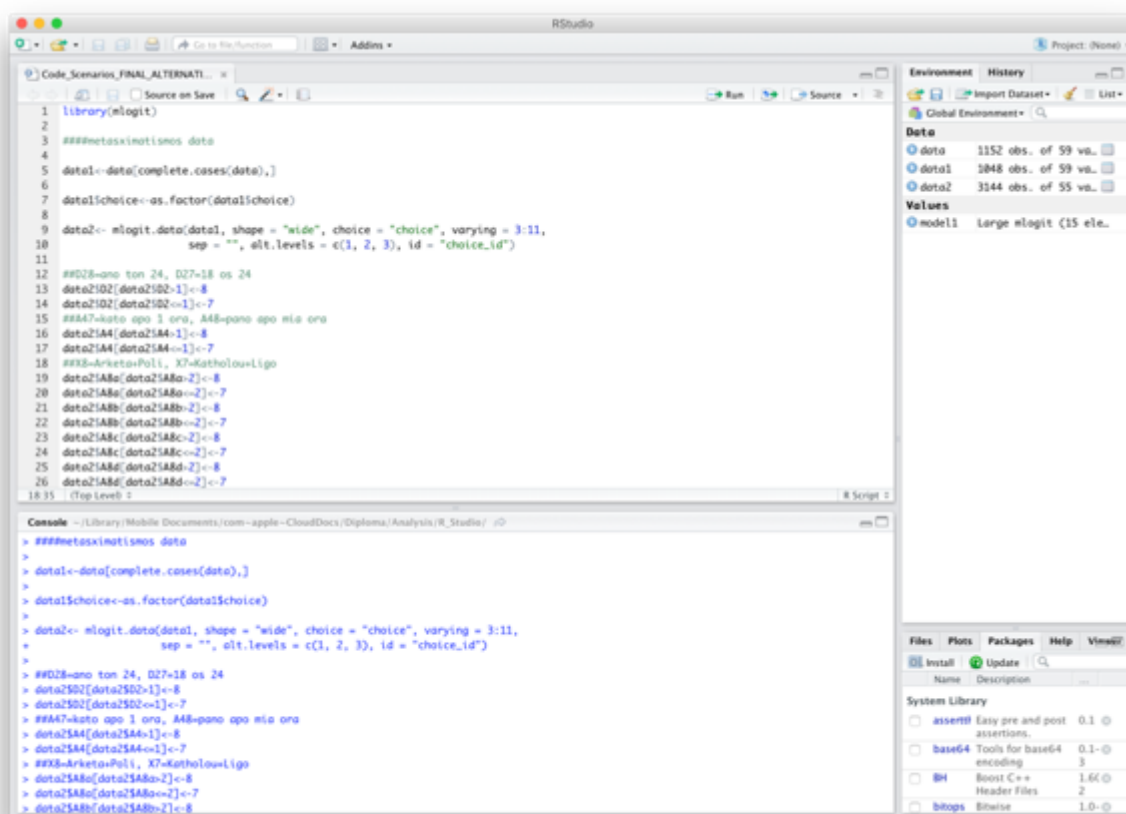
Εικόνα 5.2: Η τελική μορφή του data.csv στο R-Studio.

Αναλυτικότερα, στο αρχείο *data* περιλαμβάνονται οι παρακάτω μεταβλητές και αντίστοιχες τιμές:

- *choice_id*, ο αύξων αριθμός των σεναρίων ανά ερωτηθέντα ανά οκτάδες, αφού οκτώ ήταν τα σενάρια στα οποία κλήθηκαν να επιλέξουν μία εκ των τριών εναλλακτικών
- *choice*, η επιλογή μίας εκ των τριών εναλλακτικών στα σενάρια, με *choice1*=αυτόνομο, *choice2*=ημι-αυτόνομο, και *choice3*=παραδοσιακό
- *cost3*, *cost2*, *cost1*, η τιμή της μεταβλητής του κόστους για το παραδοσιακό, ημι-αυτόνομο, και αυτόνομο όχημα αντίστοιχα
- *time3*, *time2*, *time1*, η τιμή της μεταβλητής του χρόνου για το παραδοσιακό, ημι-αυτόνομο, και αυτόνομο όχημα αντίστοιχα
- *safety3*, *safety2*, *safety1*, η τιμή της μεταβλητής της ασφάλειας για το παραδοσιακό, ημι-αυτόνομο, και αυτόνομο όχημα αντίστοιχα από 1=Πολύ Υψηλή έως 5=Πολύ Χαμηλή.
- *A1*, *A2*,..., η αρίθμηση των ερωτήσεων σύμφωνα με το ερωτηματολόγιο του Παραρτήματος Α

Στη συνέχεια δημιουργείται το script μέσω της εντολής *File -> New File -> R Script*, στο οποίο και θα δοθούν οι **εντολές** για την επεξεργασία των στοιχείων και την ανάπτυξη του στατιστικού μοντέλου.

Η τελική μορφή του μοντέλου στο R-Studio έχει την μορφή της Εικόνας 5.3 που φαίνεται στην επόμενη σελίδα.



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

5.2.2 Ο Κώδικας

Στο πάνω αριστερά μέρος της Εικόνας 5.2 απεικονίζεται ο **κώδικας** που χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης, ενώ ακριβώς από κάτω στο παράθυρο *Console* απεικονίζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Ολόκληρος ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε παρατίθεται στο **Παράρτημα Γ**. Παρακάτω, περιγράφονται τα βήματα που οδήγησαν στο τελικό μοντέλο.

Αρχικά, η πρώτη γραμμή περιλαμβάνει την εντολή `library(mlogit)`, με την οποία γίνεται **επίκληση του πακέτου mlogit**, το οποίο και επιτρέπει την εκτίμηση των πολυωνυμικών λογιστικών μοντέλων με individual specific ή/και alternative specific μεταβλητές.

Ακολούθως, πραγματοποιείται **μετασχηματισμός των δεδομένων** με την εντολή `data1<-data[complete.cases(data),]`, σύμφωνα με την οποία δημιουργείται ένα νέο σετ δεδομένων data1, από το οποίο έχουν αφαιρεθεί οι τιμές των παρατηρήσεων που ήταν κενές στο αρχικό αρχείο data.csv. Με την εντολή `data1$choice<-as.factor(data1$choice)` ορίζεται ως διακριτή η μεταβλητή choice.

Η **σημαντικότερη εντολή** για την εφαρμογή της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης είναι η `data2<- mlogit.data(data1, shape = "wide", choice = "choice", varying = 3:11, sep = "", alt.levels = c(1, 2, 3), id = "choice_id")`, με την οποία το σετ δεδομένων `data1` μετατρέπεται σε κατάλληλη μορφή σε ένα άλλο σετ `data2` ώστε να είναι αναγνωρίσιμο από το στατιστικό πρόγραμμα και, έτσι, να συνεχιστεί η επεξεργασία του. Συγκεκριμένα:

- Με το `shape="wide"` μετατρέπεται το αρχικό σετ από μία σειρά για κάθε σενάριο (1 row per choice situation) σε μια σειρά ανά εναλλακτική επιλογή (1 row per alternative) που λαμβάνουν τον χαρακτηρισμό TRUE ή FALSE. Δηλαδή, από οκτώ σειρές για κάθε ερωτηθέντα το `data2` περιλαμβάνει 24 σειρές (τρεις επιλογές επί οκτώ σενάρια) για τον καθένα. Παράδειγμα αυτού φαίνεται στην Εικόνα 5.4.
- Με το `choice="choice"` ορίζεται η μεταβλητή (η `choice`) που αντιπροσωπεύει την επιλογή των ερωτηθέντων.
- Με το `varying=3:11` ορίζεται ότι οι μεταβλητές από την τρίτη ως την ενδέκατη στήλη αντιπροσωπεύουν τις alternative specific μεταβλητές, δηλαδή το κόστος, ο χρόνος, και η ασφάλεια για κάθε εναλλακτική επιλογή.
- Με το `alt.levels=c(1,2,3)` ορίζεται ο αριθμός των διαφορετικών κατηγοριών της εξαρτημένης μεταβλητής. Δηλαδή, οι τρεις εναλλακτικές επιλογές των σεναρίων: 1=πλήρως αυτόνομο, 2=ημι-αυτόνομο, και 3=παραδοσιακό όχημα.
- Με το `id="choice_id"` αναφέρεται η μεταβλητή που αντιπροσωπεύει τον κάθε ερωτηθέντα.

	choice_id	choice	cost3	cost2	cost1	time3	time2
1	R001	choice1	30	30	40	60	40
2	R001	choice2	30	40	50	50	50
3	R001	choice1	40	30	30	40	50
4	R001	choice1	30	30	40	50	50
5	R001	choice3	40	40	30	30	50
6	R001	choice2	30	40	60	50	40
7	R001	choice1	40	30	20	60	50
8	R001	choice1	40	30	30	60	50
9	R002	choice1	30	30	40	60	40
10	R002	choice1	30	40	50	50	50
11	R002	choice3	40	30	30	40	50
12	R002	choice2	30	30	40	50	50
13	R002	choice2	40	40	30	30	50
14	R002	choice1	30	40	60	50	40
15	R002	choice3	40	30	20	60	50
16	R002	choice2	40	30	30	60	50
17	R003	choice2	30	30	40	60	40
18	R003	choice3	30	40	50	50	50
19	R003	choice1	40	30	30	40	50
20	R003	choice3	30	30	40	50	50

	choice_id	choice	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
1.1	R001	TRUE	0	2	1	2	2	2	1
1.2	R001	FALSE	0	2	1	2	2	2	1
1.3	R001	FALSE	0	2	1	2	2	2	1
2.1	R001	FALSE	0	2	1	2	2	2	1
2.2	R001	TRUE	0	2	1	2	2	2	1
2.3	R001	FALSE	0	2	1	2	2	2	1
3.1	R001	TRUE	0	2	1	2	2	2	1
3.2	R001	FALSE	0	2	1	2	2	2	1
3.3	R001	FALSE	0	2	1	2	2	2	1
4.1	R001	TRUE	0	2	1	2	2	2	1
4.2	R001	FALSE	0	2	1	2	2	2	1
4.3	R001	FALSE	0	2	1	2	2	2	1
5.1	R001	FALSE	0	2	1	2	2	2	1
5.2	R001	FALSE	0	2	1	2	2	2	1
5.3	R001	TRUE	0	2	1	2	2	2	1
6.1	R001	FALSE	0	2	1	2	2	2	1
6.2	R001	TRUE	0	2	1	2	2	2	1
6.3	R001	FALSE	0	2	1	2	2	2	1
7.1	R001	TRUE	0	2	1	2	2	2	1
7.2	R001	FALSE	0	2	1	2	2	2	1

Εικόνα 5.4: Αριστερά: το σετ δεδομένων `data1`. Δεξιά: το σετ δεδομένων `data2`

Στη συνέχεια ακολουθείται η **διαδικασία σύμπτυξης ορισμένων απαντήσεων**, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 4.4. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με την ανάθεση των τιμών των αρχικών απαντήσεων σε καινούργιες τιμές. Για παράδειγμα:

```
##X8=Arketa+Poli, X7=Katholou+Ligo
```

```
data2$A8a[data2$A8a>2]<-8
```

```
data2$A8a[data2$A8a<=2]<-7
```

Οι παραπάνω τρεις γραμμές κώδικα αναλύονται ως εξής:

Οτιδήποτε ακολουθεί το σύμβολο # στην ίδια γραμμή αποτελεί **κομμάτι σχολιασμού** και δεν μεταφράζεται από το πρόγραμμα. Χρησιμεύει στην παροχή πληροφοριών για τον χρήστη, όπως στο συγκεκριμένο παράδειγμα, ενημερώνεται ο χρήστης ότι η τιμή 8 περιλαμβάνει τις απαντήσεις Αρκετά και Πολύ και η τιμή 7 περιλαμβάνει τις απαντήσεις Καθόλου και Λίγο.

Στις επόμενες δύο γραμμές περιλαμβάνεται ο **κώδικας** για να ολοκληρωθεί η αλλαγή αυτή. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η αλλαγή αφορά στη μεταβλητή A8a, δηλαδή την υποερώτηση a της ερώτησης A8. Σε αυτή την μεταβλητή οποιαδήποτε τιμή πάνω από 2, δηλαδή οι τιμές 3 και 4 που αντιπροσωπεύουν τις απαντήσεις 'Αρκετά' και 'Πολύ' αντίστοιχα, θα λάβουν την τιμή 8. Οποιαδήποτε τιμή κάτω ή ίση του 2, δηλαδή οι τιμές 1 και 2 που αντιπροσωπεύουν τις απαντήσεις 'Καθόλου' και 'Λίγο' αντίστοιχα, θα λάβουν την τιμή 7. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλες τις μεταβλητές, στις οποίες αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί σύμπτυξη των απαντήσεων.

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

Τέλος, συντάσσεται με το πακέτο mlogit το **τελικό μοντέλο model1** με τον κώδικα ως εξής:

```
model1<-mlogit(choice ~ cost+time+safety | A2+A4+A8e+B6a+D2+D5,  
panel=TRUE, rpar = c("1:(intercept)"="n","2:(intercept)"="u",time ="n"),  
reflevel="3",  
R=100, halton=NA, data2)
```

Συγκεκριμένα:

- Η εξαρτημένη μεταβλητή *choice* υπολογίζεται συναρτήσει των μεταβλητών του κόστους, χρόνου, και ασφάλειας, οι οποίες λαμβάνουν διάφορες τιμές ανάλογα την εναλλακτική επιλογή, και των ανεξάρτητων μεταβλητών A2, A4, A8e, B6a, D2, και D5, των οποίων οι τιμές παραμένουν σταθερές ανεξάρτητα της εναλλακτικής επιλογής. Ο συνδυασμός αυτών των παραμέτρων επετεύχθη μετά από πολλές δοκιμές.
- *panel=TRUE*, διότι για κάθε ερωτηθέντα υπήρχε πάνω από μία μέτρηση.
- *rpar*, δηλαδή random parameters. Με αυτό ορίζονται ότι οι σταθερές για κάθε εναλλακτική επιλογή ακολουθούν μια κατανομή: ‘u’=ομοιόμορφη κατανομή, ‘n’=κανονική κατανομή.
- *reflevel*, δηλαδή επίπεδο αναφοράς. Με αυτό ορίζεται ως επίπεδο αναφοράς το ‘3’=παραδοσιακό όχημα. Οι δύο συναρτήσεις που προκύπτουν από το μαθηματικό μοντέλο για τα αυτόνομα και ημι-αυτόνομα οχήματα ερμηνεύονται συγκριτικά με την επιλογή του παραδοσιακού οχήματος.
- *R*, ο αριθμός των δοκιμών.
- *halton=NA*, υποδηλώνει ότι χρησιμοποιούνται οι βασικές δοκιμές της ακολουθίας Halton.

5.2.3 Συναρτήσεις Χρησιμότητας

Από το *model1* που εξετάστηκε παραπάνω προκύπτουν οι **δύο συναρτήσεις χρησιμότητας** για τα αυτόνομα και ημι-αυτόνομα οχήματα αντίστοιχα. Οι συντελεστές αυτών των συναρτήσεων εμφανίζονται στο R-Studio με την εντολή *summary(model1)*, της οποίας το αποτέλεσμα απεικονίζεται στην Εικόνα 5.5.

Συγκεκριμένα, απεικονίζονται οι **σταθερές τιμές** των δύο συναρτήσεων, καθώς και οι **συντελεστές των μεταβλητών** για κάθε συνάρτηση που επιλέχθηκαν για το μοντέλο. Όπως είναι εύκολα κατανοητό η διαδικασία επιλογής των μεταβλητών περιλάμβανε **διεξοδικές δοκιμές** με ένα μεγάλο εύρος μεταβλητών, των οποίων η σημαντικότητα κρινόταν με βάση την τιμή $Pr(>|t|)$. Εάν η τιμή ήταν σε απόλυτη τιμή μεγαλύτερη του 0.05 η μεταβλητή δεν θεωρούνταν σημαντική για το μοντέλο.

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.

```

Coefficients :
      Estimate Std. Error t-value Pr(>|t|)
1:(intercept) -4.650727   0.881820 -5.2740 1.335e-07 ***
2:(intercept) -0.060058   0.787668 -0.0762 0.9392219
cost          -0.060248   0.011564 -5.2098 1.890e-07 ***
time         -0.103890   0.013155 -7.8976 2.887e-15 ***
safety2       0.328672   0.314247  1.0459 0.2956069
safety3      -1.595080   0.286880 -5.5601 2.696e-08 ***
safety4      -3.701513   0.444815 -8.3215 < 2.2e-16 ***
safety5      -3.355128   0.602882 -5.5652 2.619e-08 ***
1:A22         0.110150   0.551953  0.1996 0.8418223
2:A22        -1.390183   0.479160 -2.9013 0.0037163 **
1:A23        -0.298859   0.602370 -0.4961 0.6197972
2:A23        -1.608702   0.517359 -3.1095 0.0018744 **
1:A48         0.492279   0.392764  1.2534 0.2100709
2:A48         0.702808   0.341875  2.0557 0.0398069 *
1:A8e8        1.419703   0.354242  4.0077 6.131e-05 ***
2:A8e8        1.119955   0.318320  3.5183 0.0004343 ***
1:B6a8        2.823970   0.694678  4.0652 4.800e-05 ***
2:B6a8       -0.138907   0.595295 -0.2333 0.8154963
1:D28        -0.302595   0.569662 -0.5312 0.5952914
2:D28         1.048727   0.503720  2.0820 0.0373455 *
1:D52        -0.267027   0.412063 -0.6480 0.5169695
2:D52        -0.399152   0.366520 -1.0890 0.2761391
1:D53         1.433590   0.459089  3.1227 0.0017921 **
2:D53         1.224726   0.425916  2.8755 0.0040338 **
sd.1:(intercept) 2.586746   0.247000 10.4727 < 2.2e-16 ***
sd.2:(intercept) 3.594165   0.360592  9.9674 < 2.2e-16 ***
sd.time        0.073176   0.013742  5.3249 1.010e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Log-Likelihood: -712
McFadden R^2:  0.32566
Likelihood ratio test : chisq = 687.71 (p.value = < 2.22e-16)

```

Εικόνα 5.5: Η μορφή του τελικού μοντέλου στο R-Studio.

Με βάση τα παραπάνω οι **τελικές συναρτήσεις χρησιμότητας U1 και U2** για τα αυτόνομα και ημι-αυτόνομα οχήματα αντίστοιχα με επίπεδο αναφοράς το παραδοσιακό όχημα είναι οι εξής:

Συνάρτηση επιλογής **αυτόνομου οχήματος**:

$$U1 = -4,651 - 0,060 * cost - 0,104 * time - 1,595 * safety3 - 3,702 * safety4 - 3,355 * safety5 + 1,420 * A8e8 + 2,824 * B6a8 + 1,434 * D53$$

και η **πιθανότητα επιλογής αυτόνομου οχήματος** ορίζεται:

$$P1 = \frac{e^{U1}}{1 + e^{U1} + e^{U2}}$$

Συγκεκριμένα:

- Ο όρος -4,650727 αποτελεί τον σταθερό όρο της συνάρτησης
- *cost*, η μεταβλητή του κόστους
- *time*, η μεταβλητή του χρόνου
- *safety3*, *safety4*, *safety5*, επίπεδο ασφαλείας *Μεσαίο*, *Χαμηλό*, και *Πολύ Χαμηλό* αντίστοιχα
- *A8e8*, η επιλογή «Πολύ» στην ερώτηση «Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα αυτοκίνητο; *Συστήματα υποστήριξης οδηγού (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης, οθόνη, σύνδεση με smartphone, κλπ)*»
- *B6a8*, η επιλογή «Πολύ» στην ερώτηση «Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω εν δυνάμει θετικά χαρακτηριστικά ενός αυτόνομου οχήματος; *Λιγότερα ή και καθόλου ατυχήματα*»
- *D53*, η επιλογή «Άνω των 25.000€» στην ερώτηση «Οικογενειακό εισόδημα»

Συνάρτηση επιλογής **ημι-αυτόνομου οχήματος**:

$$U2 = 0,060 * cost - 0,104 * time - 1,595 * safety3 - 3,702 * safety4 - 3,355 * safety5 - 1,390 * A22 - 1,609 * A23 + 0,703 * A48 + 1,120 * A8e8 + 1,049 * D28 + 1,225 * D53$$

και η **πιθανότητα επιλογής ημι-αυτόνομου οχήματος** είναι:

$$P2 = \frac{e^{U2}}{1 + e^{U2} + e^{U1}}$$

Συγκεκριμένα:

- η συνάρτηση δεν διαθέτει σταθερό όρο
- *cost*, η μεταβλητή του κόστους
- *time*, η μεταβλητή του χρόνου
- *safety3*, *safety4*, *safety5*, επίπεδο ασφαλείας *μεσαίο*, *χαμηλό*, και *πολύ χαμηλό* αντίστοιχα
- *A22*, η επιλογή «5 έως 10 χρόνια» στην ερώτηση «Πόσα χρόνια οδηγείτε αυτοκίνητο;»
- *A23*, η επιλογή «πάνω από 10 χρόνια» στην ερώτηση «Πόσα χρόνια οδηγείτε αυτοκίνητο;»
- *A48*, η επιλογή «Πάνω από μία ώρα» στην ερώτηση «Πόση ώρα οδηγείτε καθημερινά;»

- *A8e8*, η επιλογή «Πολύ» στην ερώτηση «Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα αυτοκίνητο; *Συστήματα υποστήριξης οδηγού (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης, οθόνη, σύνδεση με smartphone, κλπ)*»
- *D28*, η επιλογή «άνω των 24» στην ερώτηση «Ηλικία»
- *D53*, η επιλογή «Άνω των 25.000€» στην ερώτηση «Οικογενειακό εισόδημα»

Να σημειωθεί ότι στο μοντέλο της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης η ηλικία χωρίστηκε σε **δύο κατηγορίες**: *18 έως 24* και *άνω των 24*. Αναλυτικότερα, η ερμηνεία των παραπάνω δύο συναρτήσεων παρατίθεται στο Κεφάλαιο 5.2.5.

5.2.4 Στατιστικός Έλεγχος Μοντέλου

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

Τα δεδομένα αυτά έχουν συγκεντρωθεί στον Πίνακα 5.1 της επόμενης σελίδας συγκεντρωτικά για κάθε συνάρτηση που αναπτύχθηκε παραπάνω.

Μεταβλητές	Συντελεστές	P-Value	Odds Ratio	Σημαντικότητα
1:στ. όρος	-4,651	<0.001	-	0.001
2: στ. όρος	-0,060	0.9	-	Μη σημαντικό
cost	-0,060	<0.001	0,94	0.001
time	-0,104	<0.001	0,90	0.001
safety2	0,329	0.3	1,4	Μη σημαντικό
safety3	-1,595	<0.001	0,2	0.001
safety4	-3,702	<0.001	0,02	0.001
safety5	-3,355	<0.001	0,03	0.001
1:A22	0,110	0.8	1,1	Μη σημαντικό
2:A22	-1,390	0.003	0,2	0.01
1:A23	-0,299	0.6	0,7	Μη σημαντικό
2:A23	-1,609	0.002	0,2	0.01
1:A48	0,492	0.2	1,6	Μη σημαντικό
2:A48	0,703	0.04	2	0.05
1:A8e8	1,420	<0.001	4	0.001
2:A8e8	1,120	0.0004	3	0.001
1:B6a8	2,824	<0.001	17	0.001
2:B6a8	-0,139	0.8	0,9	Μη σημαντικό
1:D28	-0,303	0.6	0,7	Μη σημαντικό
2:D28	1,049	0.04	3	0.05
1:D52	-0,267	0.5	0,8	Μη σημαντικό
2:D52	-0,399	0.3	0,7	Μη σημαντικό
1:D53	1,433	0.002	4	0.01
2:D53	1,225	0.004	3	0.01

Πίνακας 5.1: Στατιστικός έλεγχος για των μεταβλητών του μοντέλου.

Αναλυτικότερα:

- *Μεταβλητές*, το όνομα των μεταβλητών που έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο. Οι αριθμοί 1 και 2 στην αρχή του ονόματος αντιπροσωπεύουν τις συναρτήσεις χρησιμότητας 1 και 2 αντίστοιχα, στις οποίες αναφέρονται οι μεταβλητές. Οι μεταβλητές cost, time, safety2, safety3, safety4, και safety5 δεν έχουν αυτόν τον αριθμό μπροστά αφού είναι κοινές και για τις δύο συναρτήσεις.
- *Συντελεστές*, 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 του 0.05 γίνεται αποδεκτή για το μοντέλο.
- *Odds Ratio*, μαθηματικά ορίζεται ως $\exp(\text{Συντελεστές})$. Ερμηνεύεται ως πόσες φορές πιο πιθανόν είναι να επιλεγεί η εκάστοτε εναλλακτική επιλογή σε σχέση

με την επιλογή αναφοράς με βάση τη συγκεκριμένη μεταβλητή. Αναλυτικότερα, η ερμηνεία του Odds Ratio έχει δοθεί στο Κεφάλαιο 3.6.

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

Οι συντελεστές των μεταβλητών ακολουθούν μια **λογική ερμηνεία**, ικανοποιώντας και αυτό το κριτήριο, όπως είχε αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3.8.1.

Όσον αφορά στον **έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών**, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 4.3.1, ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα SPSS χωρίς να παρατηρηθεί συσχέτιση μεταξύ τους.

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε στο R-Studio διαθέτει **συντελεστή $\chi^2=0.32566$** , οποίος είναι μεγαλύτερος από το 0.30 και, συνεπώς, γίνεται αποδεκτός. Ο συντελεστής LRT του μοντέλου βρέθηκε ίσος με 687.71. Σύμφωνα με το Κεφάλαιο 3.8.5 ικανοποιείται το κριτήριο.

5.2.5 Αποτελέσματα

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρατίθεται η ερμηνεία των συναρτήσεων χρησιμότητας που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Αρχικά, η **συνάρτηση χρησιμότητας U1**, η οποία εκφράζει τη συνάρτηση για την επιλογή **αυτόνομου οχήματος** ορίζεται ως εξής:

$$U1 = -4,651 - 0,060 * cost - 0,104 * time - 1,595 * safety3 - 3,702 * safety4 - 3,355 * safety5 + 1,420 * A8e8 + 2,824 * B6a8 + 1,434 * D53$$

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται **μία σταθερά και οκτώ μεταβλητές**. Αυτές είναι:

- *cost*, η μεταβλητή του κόστους
- *time*, η μεταβλητή του χρόνου
- *safety3*, *safety4*, *safety5*, επίπεδο ασφαλείας μεσαίο, χαμηλό, και πολύ χαμηλό αντίστοιχα
- *A8e8*, η επιλογή «Πολύ» στην ερώτηση «Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα αυτοκίνητο; *Συστήματα υποστήριξης οδηγού (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης, οθόνη, σύνδεση με smartphone, κλπ)*»

- *B6a8*, η επιλογή «Πολύ» στην ερώτηση «Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω εν δυνάμει θετικά χαρακτηριστικά ενός αυτόνομου οχήματος; *Λιγότερα ή και καθόλου ατυχήματα*»
- *D53*, η επιλογή «Άνω των 25.000€» στην ερώτηση «Οικογενειακό εισόδημα»

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

- Αύξηση του κόστους κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.94 φορές ή 6 τοις εκατό.
- Αύξηση του χρόνου κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.90 φορές ή 10 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Μεσαίο (*safety3*) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.20 φορές ή 80 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Χαμηλό (*safety4*) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.02 φορές ή 98 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Πολύ Χαμηλό (*safety5*) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.03 φορές ή 97 τοις εκατό.
- Αυτοί που χαρακτηρίζουν 'Πολύ' σημαντική την ύπαρξη συστημάτων υποστήριξης οδηγού ήταν περίπου τέσσερις πιο πιθανό να επιλέξουν αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα.
- Αυτοί που χαρακτηρίζουν 'Πολύ' σημαντική τη μείωση ατυχημάτων χάρις στα αυτόνομα οχήματα ήταν 17 φορές πιο πιθανό να επιλέξουν αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα.
- Εκείνοι με οικογενειακό εισόδημα άνω των 25,000€ είχαν 4 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος.

Η **συνάρτηση χρησιμότητας U2**, η οποία εκφράζει τη συνάρτηση για την επιλογή **ημι-αυτόνομου οχήματος** ορίζεται ως εξής:

$$U2 = 0,060 * cost - 0,104 * time - 1,595 * safety3 - 3,702 * safety4 - 3,355 * safety5 - 1,390 * A22 - 1,609 * A23 + 0,703 * A48 + 1,120 * A8e8 + 1,049 * D28 + 1,225 * D53$$

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται **έντεκα μεταβλητές**. Αυτές είναι:

- *cost*, η μεταβλητή του κόστους
- *time*, η μεταβλητή του χρόνου
- *safety3*, *safety4*, *safety5*, επίπεδο ασφαλείας μεσαίο, χαμηλό, και πολύ χαμηλό αντίστοιχα
- A22, η επιλογή «5 έως 10 χρόνια» στην ερώτηση «Πόσα χρόνια οδηγείτε αυτοκίνητο;»
- A23, η επιλογή «πάνω από 10 χρόνια» στην ερώτηση «Πόσα χρόνια οδηγείτε αυτοκίνητο;»
- A48, η επιλογή «Πάνω από μία ώρα» στην ερώτηση «Πόση ώρες οδηγείτε καθημερινά;»
- A8e8, η επιλογή «Πολύ» στην ερώτηση «Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα αυτοκίνητο; *Συστήματα υποστήριξης οδηγού (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης, οθόνη, σύνδεση με smartphone, κλπ)*»
- D28, η επιλογή «άνω των 24» στην ερώτηση «Ηλικία»
- D53, η επιλογή «Άνω των 25.000€» στην ερώτηση «Οικογενειακό εισόδημα»

Από την συνάρτηση U2 μπορεί κανείς να **συμπεράνει** με τη βοήθεια και των Odds Ratio του Πίνακα 5.1 τα εξής:

- Αύξηση του κόστους κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.94 φορές ή 6 τοις εκατό.
- Αύξηση του χρόνου κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.90 φορές ή 10 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Μεσαίο (*safety3*) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.20 φορές ή 80 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Χαμηλό (*safety4*) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.02 φορές ή 98 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Πολύ Χαμηλό (*safety5*) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.03 φορές ή 97 τοις εκατό.
- Αυτοί που οδηγούν αυτοκίνητο '5-10 χρόνια' και 'πάνω από 10 χρόνια' ήταν κατά 75 και 80 τοις εκατό αντίστοιχα λιγότερο πιθανό να επιλέξουν ημι-αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα.

- Όσοι δήλωσαν ότι οδηγούν πάνω από 1 ώρα την ημέρα ήταν δύο φορές πιο πιθανό να επιλέξουν ημι-αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα.
- Όσοι δήλωσαν ότι η ύπαρξη συστημάτων υποστήριξης οδηγού ήταν ‘Πολύ’ σημαντική σε ένα αυτοκίνητο είχαν τρεις φορές περισσότερες πιθανότητες επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος.
- Οι άνω των 24 ήταν σχεδόν τρεις φορές πιο πιθανό να επιλέξουν ημι-αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα σε σχέση με αυτούς ηλικίας 18 έως 24 χρονών.
- Αυτοί με οικογενειακό εισόδημα άνω των 25,000€ είχαν 3 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος.

5.2.6 Ανάλυση Ευαισθησίας

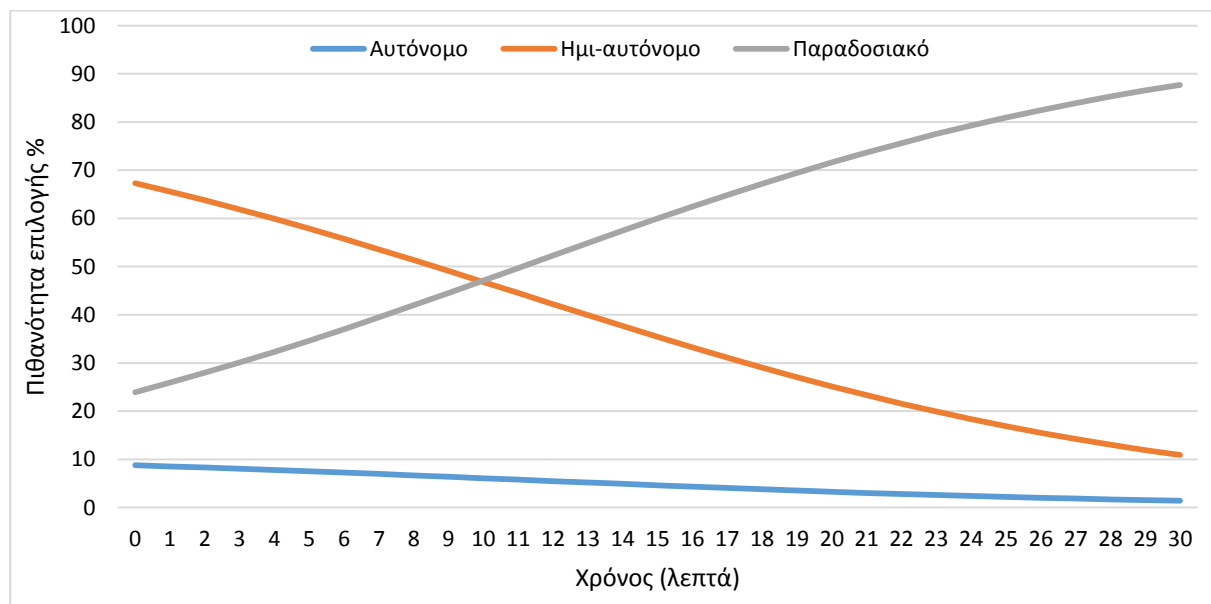
Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένα **διαγράμματα ευαισθησίας** που δημιουργήθηκαν με σκοπό την ευχερέστερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην επιλογή αυτόνομου, ημι-αυτόνομου, και παραδοσιακού οχήματος.

Για την κατασκευή των διαγραμμάτων πιθανοτήτων χρησιμοποιήθηκαν **κοινές τιμές** για το επίπεδο ασφαλείας και το κόστος των οχημάτων (χαμηλό και υψηλό αντίστοιχα) σε κάθε εναλλακτική επιλογή, σε αναλογία με τις τιμές που παρουσιάστηκαν στο Ερωτηματολόγιο.

Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η παρούσα έρευνα βασίστηκε στη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης και σε υποθετικά σενάρια πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα **ενδεχομένως να διαφέρουν** σε περίπτωση που η έρευνα διεξαχθεί με κάποια άλλη μεθοδολογία ή εάν αλλάξουν τα δεδομένα, όπως για παράδειγμα εάν ξεκινήσει η σταδιακή υιοθέτηση των αυτόνομων οχημάτων στους ελληνικούς δρόμους.

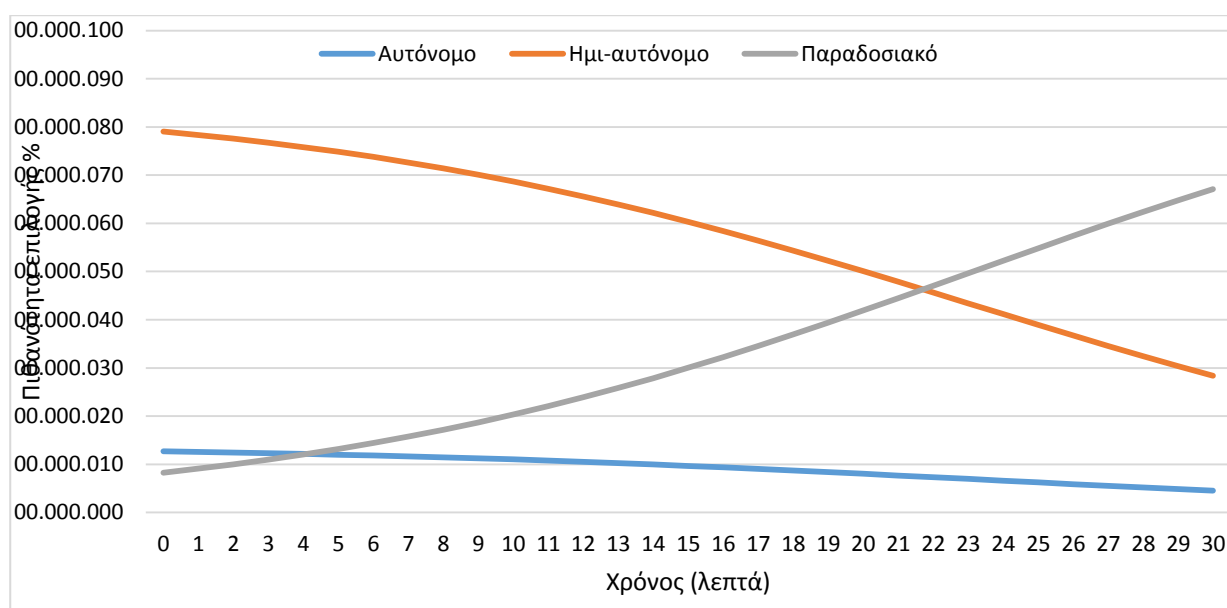
Τα διαγράμματα ανάλυσης ευαισθησίας **παρουσιάζονται στις επόμενες σελίδες.**

Οδηγοί ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο ασφάλειας, χαμηλό κόστος, χαμηλό εισόδημα



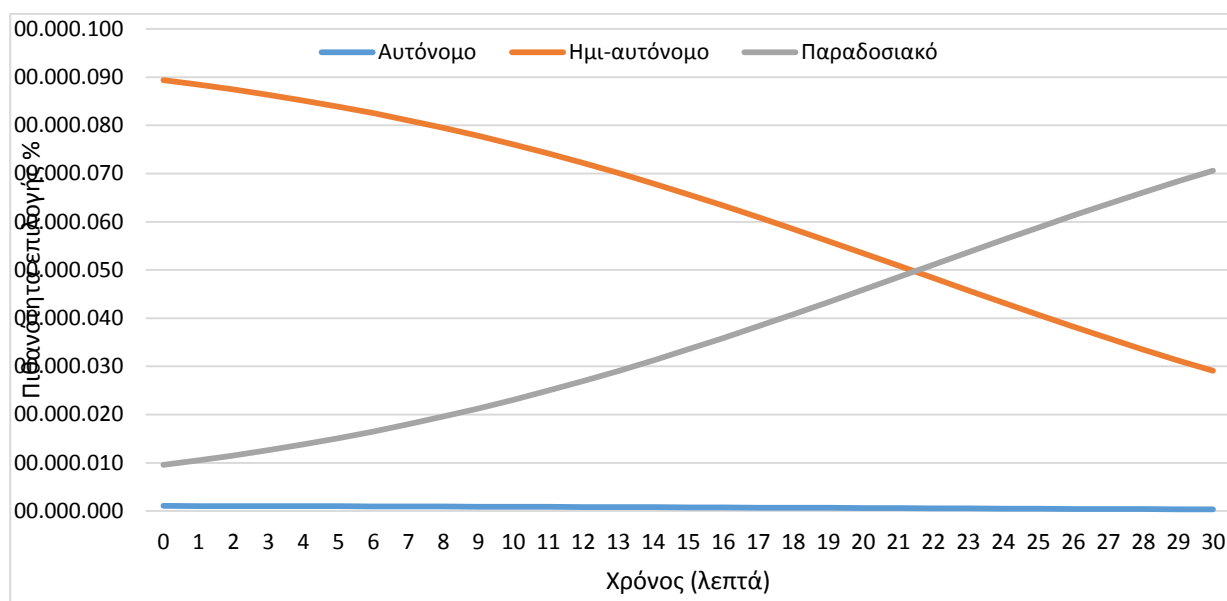
Διάγραμμα 5.1: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο ασφάλειας, χαμηλό κόστος, και χαμηλό εισόδημα.

Οδηγοί ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο ασφάλειας, χαμηλό κόστος, υψηλό εισόδημα



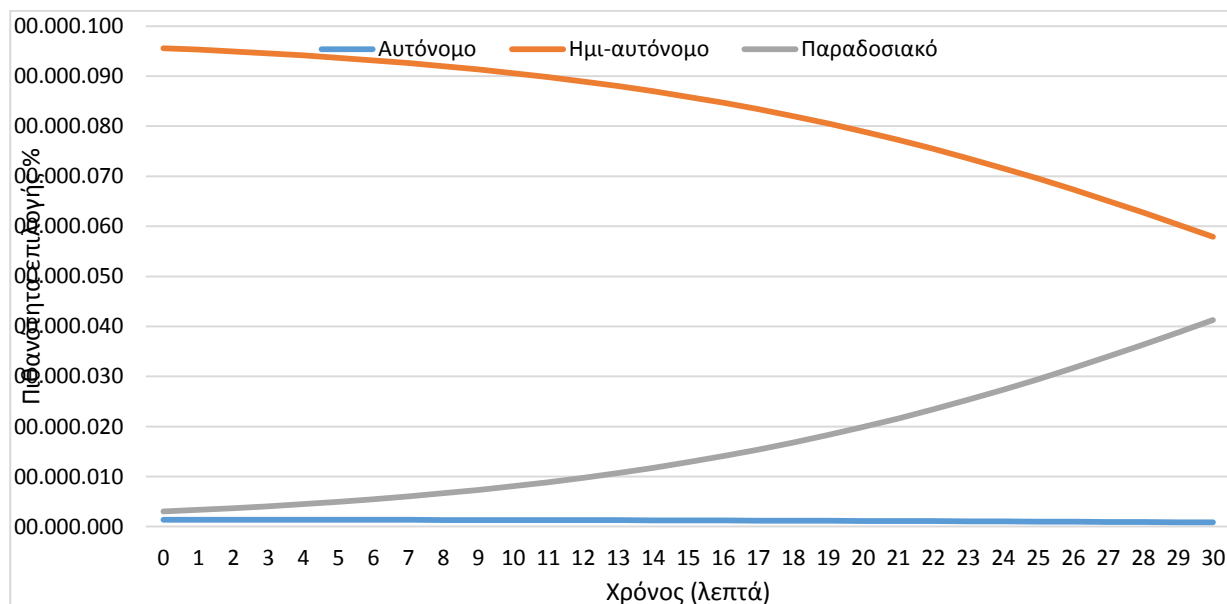
Διάγραμμα 5.2: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο ασφάλειας, χαμηλό κόστος, και υψηλό εισόδημα.

Οδηγοί ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο ασφάλειας, υψηλό κόστος, χαμηλό εισόδημα



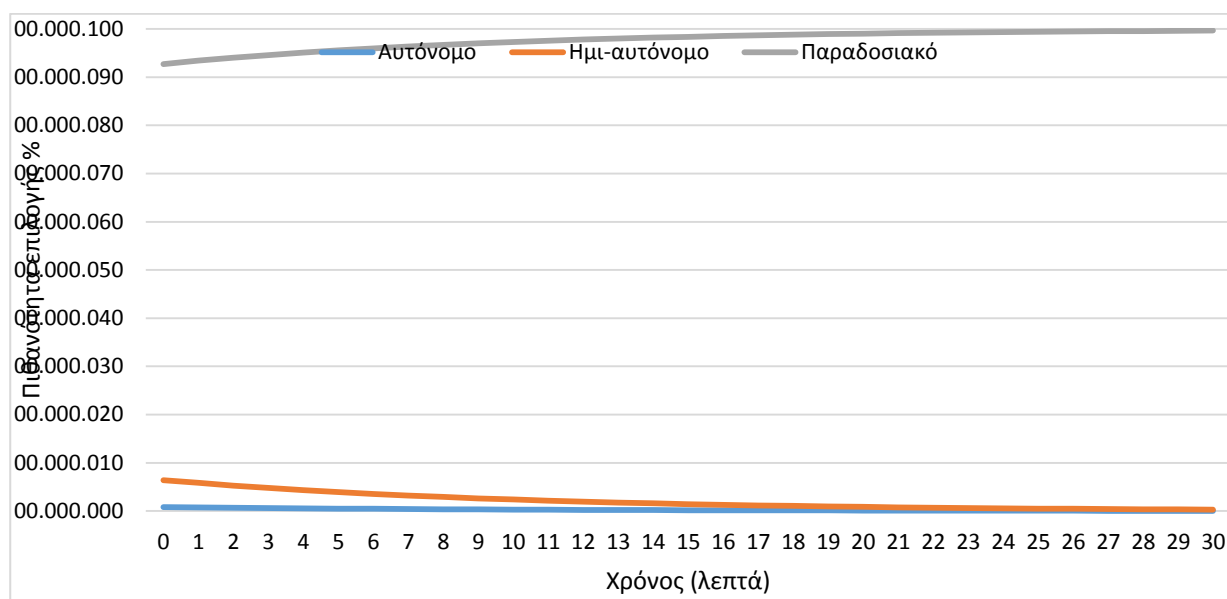
Διάγραμμα 5.3: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο ασφάλειας, υψηλό κόστος, και χαμηλό εισόδημα.

Οδηγοί ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο ασφάλειας, υψηλό κόστος, υψηλό εισόδημα



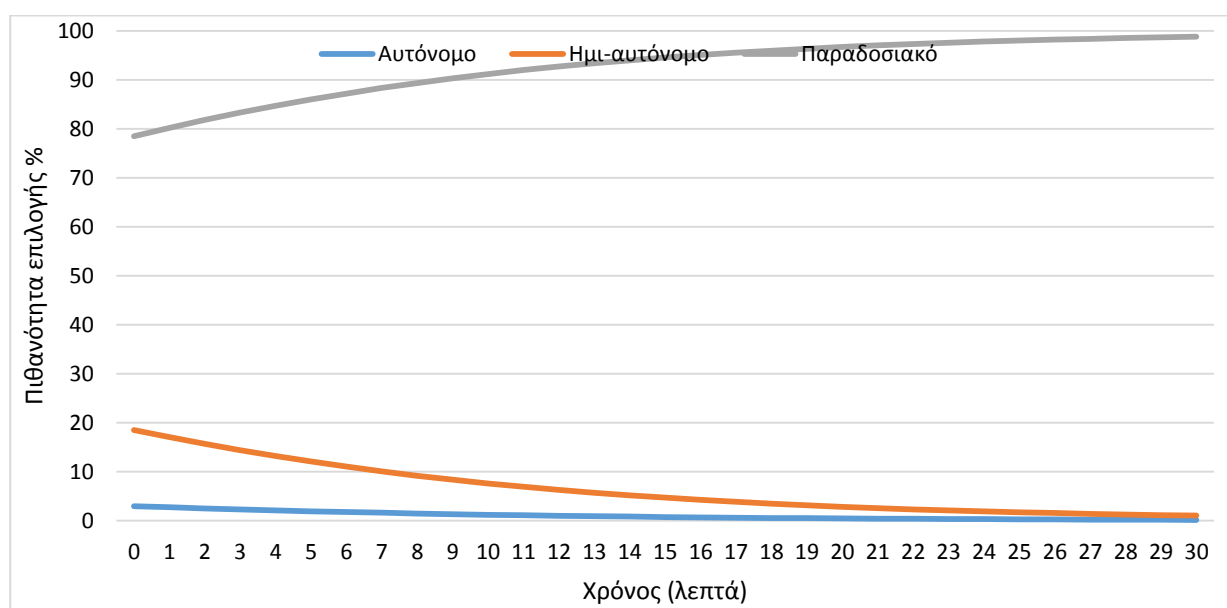
Διάγραμμα 5.4: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο ασφάλειας, υψηλό κόστος, και υψηλό εισόδημα.

Οδηγοί ηλικίας 18-24, χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, χαμηλό κόστος, χαμηλό εισόδημα



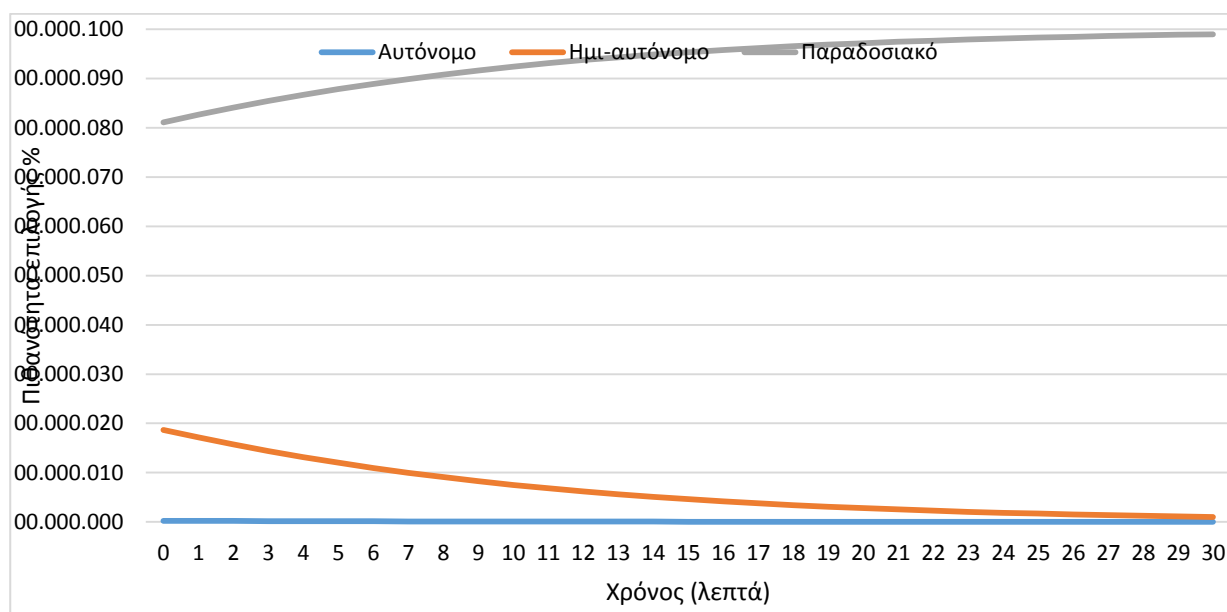
Διάγραμμα 5.5: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, χαμηλό κόστος, και χαμηλό εισόδημα.

Οδηγοί ηλικίας 18-24, χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, χαμηλό κόστος, υψηλό εισόδημα



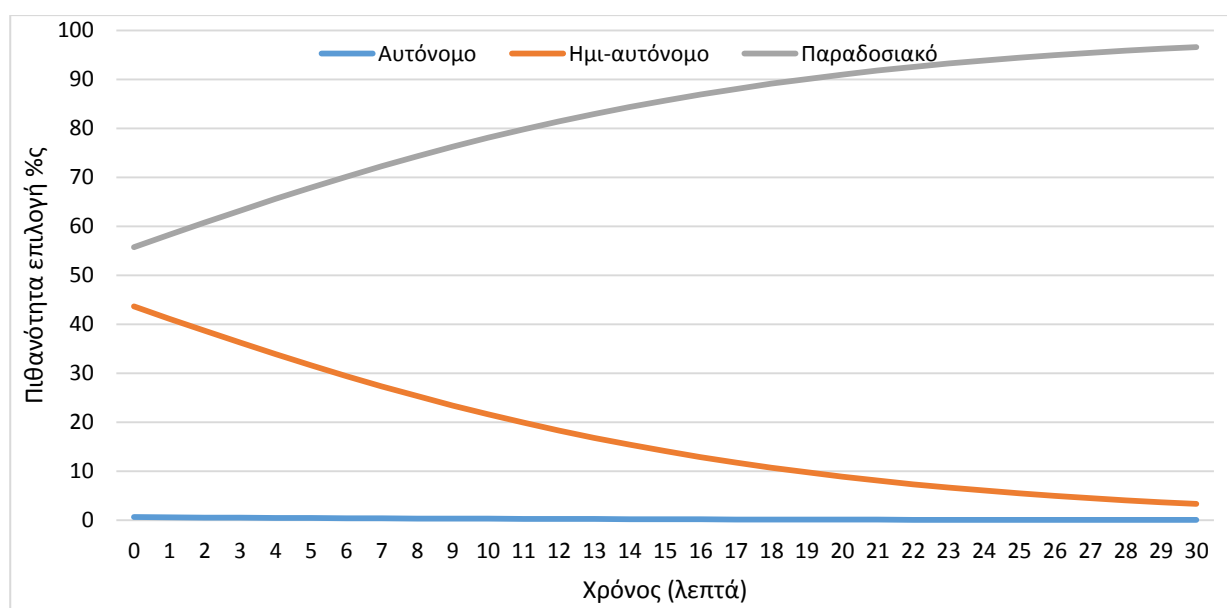
Διάγραμμα 5.6: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, χαμηλό κόστος, και υψηλό εισόδημα.

Οδηγοί ηλικίας 18-24, χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, υψηλό κόστος, χαμηλό εισόδημα



Διάγραμμα 5.7: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, υψηλό κόστος, και χαμηλό εισόδημα.

Οδηγοί ηλικίας 18-24, χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, υψηλό κόστος, υψηλό εισόδημα



Διάγραμμα 5.8: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για οδηγούς ηλικίας 18-24, χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, υψηλό κόστος, και υψηλό εισόδημα.

Από τα προηγούμενα διαγράμματα μπορεί κανείς να συμπεράνει τα εξής:

- Οι Έλληνες Οδηγοί εμφανίζονται στην πλειοψηφία τους αρκετά επιφυλακτικοί ως προς τα πλήρως αυτόνομα οχήματα, αλλά διατηρούν μια **θετική στάση απέναντι στα ημι-αυτόνομα οχήματα**. Ειδικότερα, όσο εξοικονομείται χρόνος στις μετακινήσεις η πιθανότητα επιλογής αυτόνομων και ημι-αυτόνομων οχημάτων εμφανίζεται μεγαλύτερη. Αντίθετα, όσο ο χρόνος αυξάνεται η προτίμηση μετατοπίζεται στα παραδοσιακά οχήματα.
- Οι Έλληνες Οδηγοί δείχνουν **μεγαλύτερη προτίμηση στα ημι-αυτόνομα οχήματα** σε σχέση με τα πλήρως αυτόνομα. Ενδεχομένως, η διαφορά αυτή οφείλεται στη μηδενική εξοικείωση με συστήματα αυτονομίας, η οποία μεταφράζεται σε ένα χαμηλό επίπεδο εμπιστοσύνης ως προς τα πλήρως αυτόνομα οχήματα. Τα ημι-αυτόνομα οχήματα προσφέρουν, μεν, κάποιο περιορισμένο επίπεδο αυτονομίας, αλλά ο οδηγός μπορεί ανά πάσα στιγμή να αναλάβει τον έλεγχο του οχήματος.
- Το **επίπεδο της ασφάλειας** διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή οχήματος. Όταν η ασφάλεια μειώνεται από υψηλή σε χαμηλή, τότε αυξάνεται σημαντικά η πιθανότητα επιλογής παραδοσιακού οχήματος.
- Η **μεταβολή του εισοδήματος** από χαμηλό (κάτω από 25.000€) σε υψηλό (πάνω από 25.000€) σε κάθε περίπτωση αυξάνει την πιθανότητα επιλογής αυτόνομων και ημι-αυτόνομων οχημάτων.
- Το **κόστος** επηρεάζει διαφορετικά την επιλογή αυτόνομου και ημι-αυτόνομου οχήματος. Αύξηση του κόστους μειώνει την πιθανότητα επιλογής αυτόνομου οχήματος, αλλά αυξάνει την πιθανότητα επιλογής ημι-αυτόνομου οχήματος.

5.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΔΙΩΝΥΜΙΚΗΣ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ ΜΕ ΤΟ SPSS

5.3.1 Εισαγωγή Δεδομένων στο SPSS

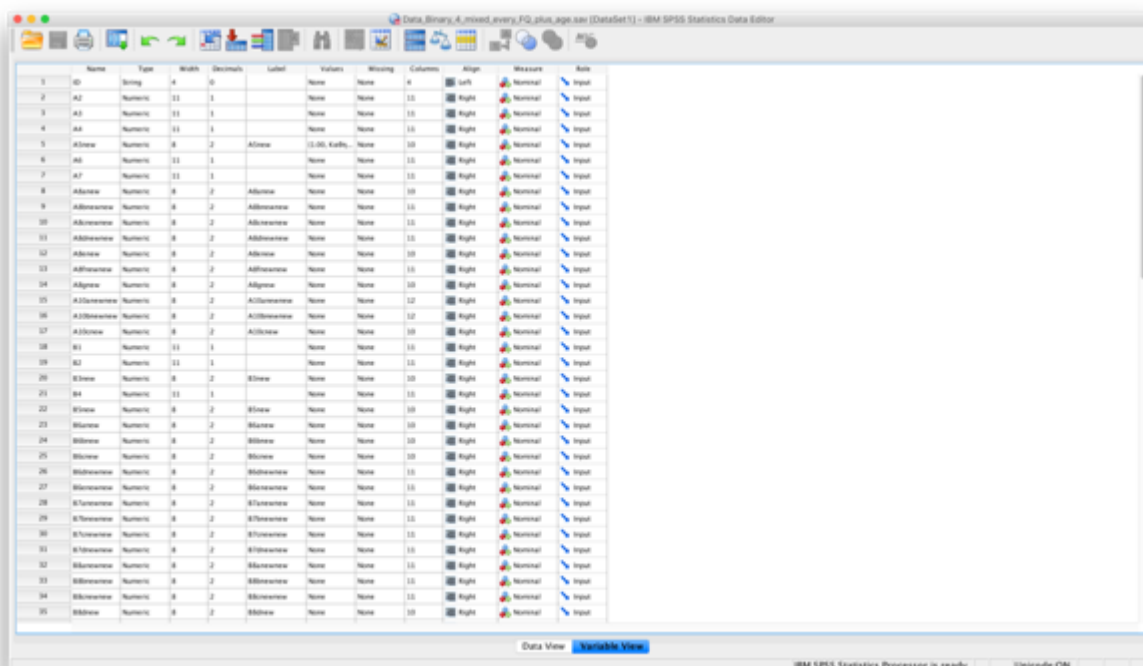
Για την εισαγωγή δεδομένων στο SPSS χρησιμοποιήθηκε το **δεύτερο αρχείο Excel**, στο οποίο έγινε αναφορά στο Κεφάλαιο 4.3.1, και η εντολή *File -> Open -> Data*. Στο παράθυρο που εμφανίζεται πρέπει να επιλεγθεί το *'Read variable names from the first row of data'*, ώστε η πρώτη σειρά του αρχείου να αντιπροσωπεύει τα ονόματα των μεταβλητών. Η τελική μορφή του αρχείου μετά την εισαγωγή του στο SPSS έχει τη μορφή της Εικόνας 5.6.

[illegible]

Εικόνα 5.6: Τα δεδομένα μετά την εισαγωγή τους στο SPSS.

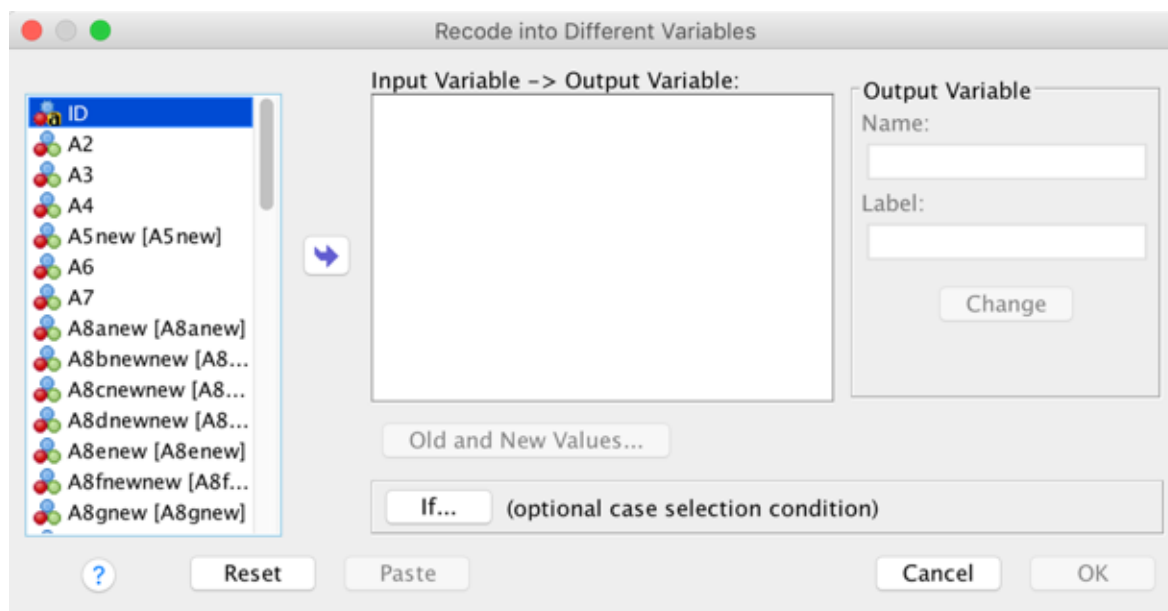
Στη δεύτερη καρτέλα *Variable View*, η οποία φαίνεται στην Εικόνα 5.7, εμφανίζονται χρήσιμες πληροφορίες για όλες τις μεταβλητές του μοντέλου. Συγκεκριμένα, μεταξύ άλλων αναφέρεται το **είδος της μεταβλητής** (διακριτή στη συγκεκριμένη περίπτωση), το εύρος των τιμών που αυτή λαμβάνει, και τυχόν τιμές που μπορεί να λείπουν.

Σημαντικό στοιχείο στο συγκεκριμένο αρχείο αποτελεί το γεγονός ότι έχουν αφαιρεθεί οι μεταβλητές της επιλογής της εναλλακτικής επιλογής, του κόστους, του χρόνου, και της ασφάλειας, καθώς δεν απαιτούνται για την διωνυμική ανάλυση.



Εικόνα 5.7: Η καρτέλα *Variable View* του SPSS.

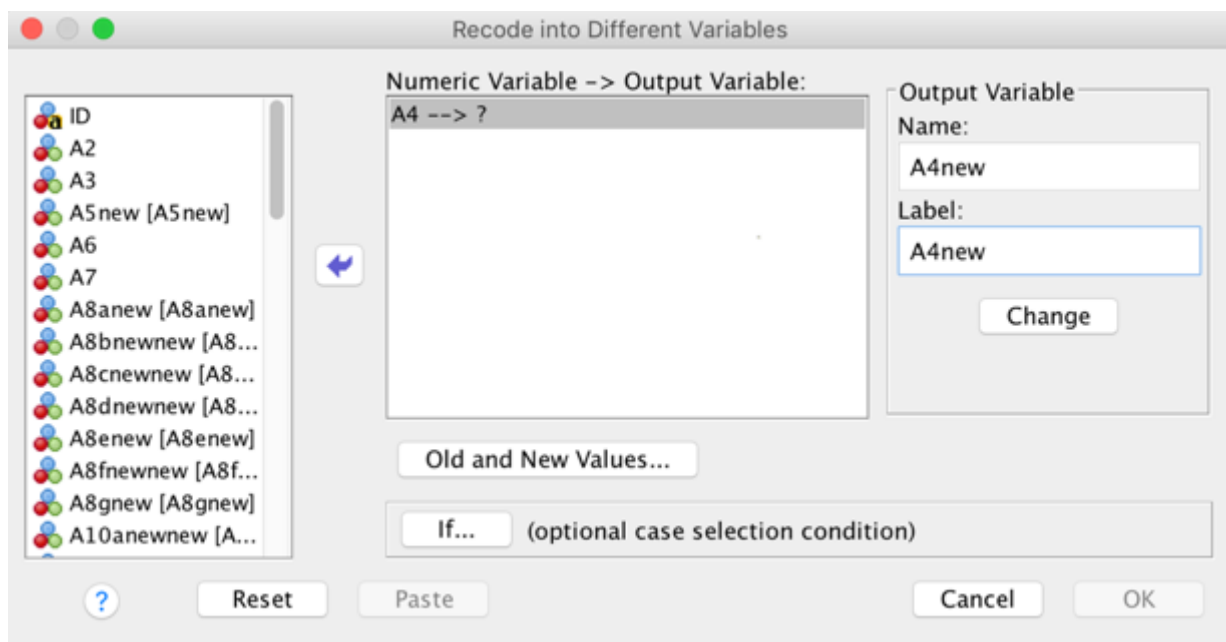
Το επόμενο βήμα στην επεξεργασία των δεδομένων ακολούθησε η διαδικασία σύμπτυξης των απαντήσεων με το σκεπτικό που αναλύθηκε στο προηγούμενο Κεφάλαιο 4.4. Αυτή πραγματοποιείται μέσω της εντολής *Transform -> Recode into Different Variables*, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.8.



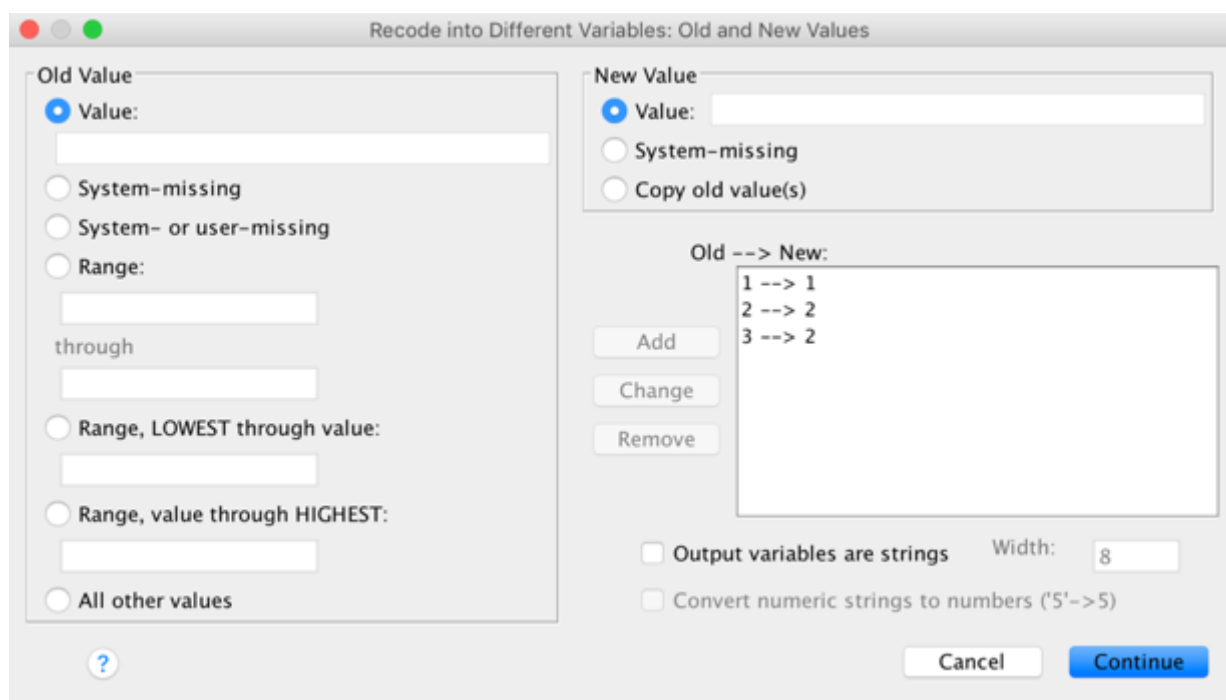
Εικόνα 5.8: Η εντολή *Recode into Different Variables*

Από την αριστερή στήλη επιλέγεται η μεταβλητή, της οποίας οι τιμές θα τροποποιηθούν, και της δίνεται το νέο όνομα στα πεδία *Name* και *Label* (Εικόνα

5.9). Στη συνέχεια, με την εντολή *Old and New Values*, πραγματοποιείται η διαδικασία σύμπτυξης των τιμών της μεταβλητής (Εικόνα 5.10).



Εικόνα 5.9: Αλλαγή ονόματος για τη νέα μεταβλητή.

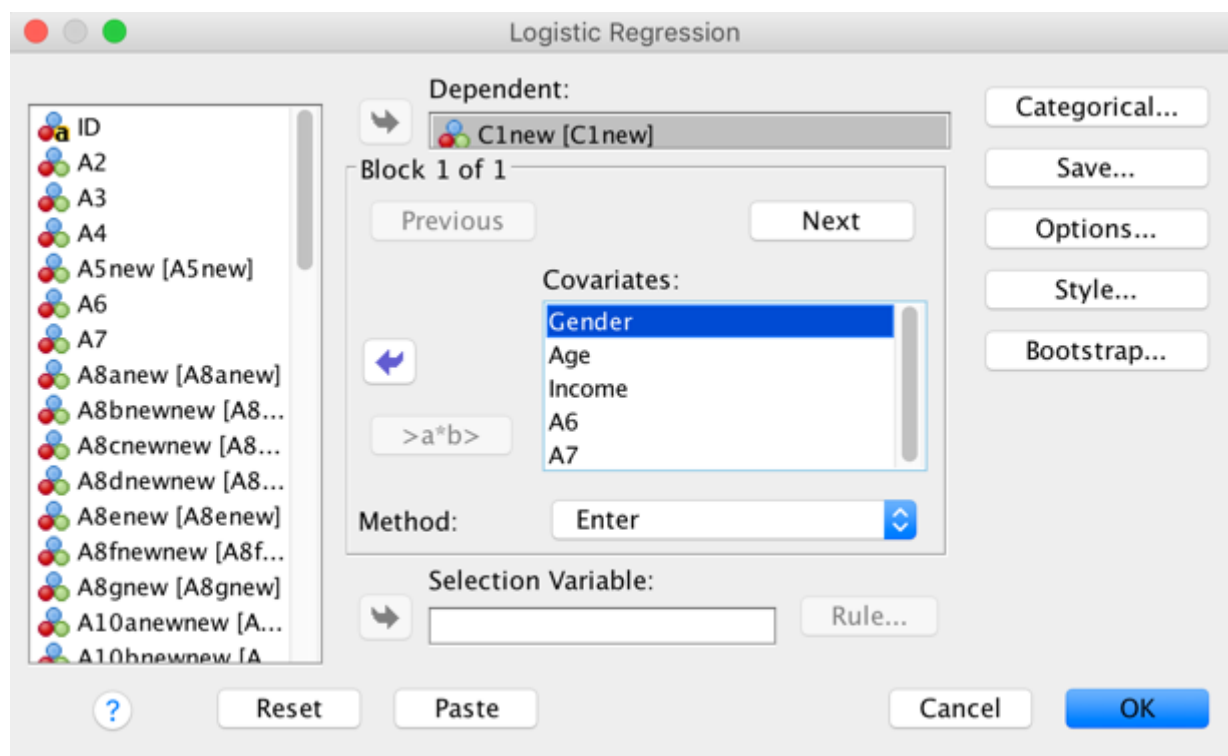


Εικόνα 5.10: Αλλαγή τιμών για τη νέα μεταβλητή.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας αλλαγής των μεταβλητών μπορεί να ξεκινήσει η ανάλυση με το στατιστικό πρότυπο της διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.

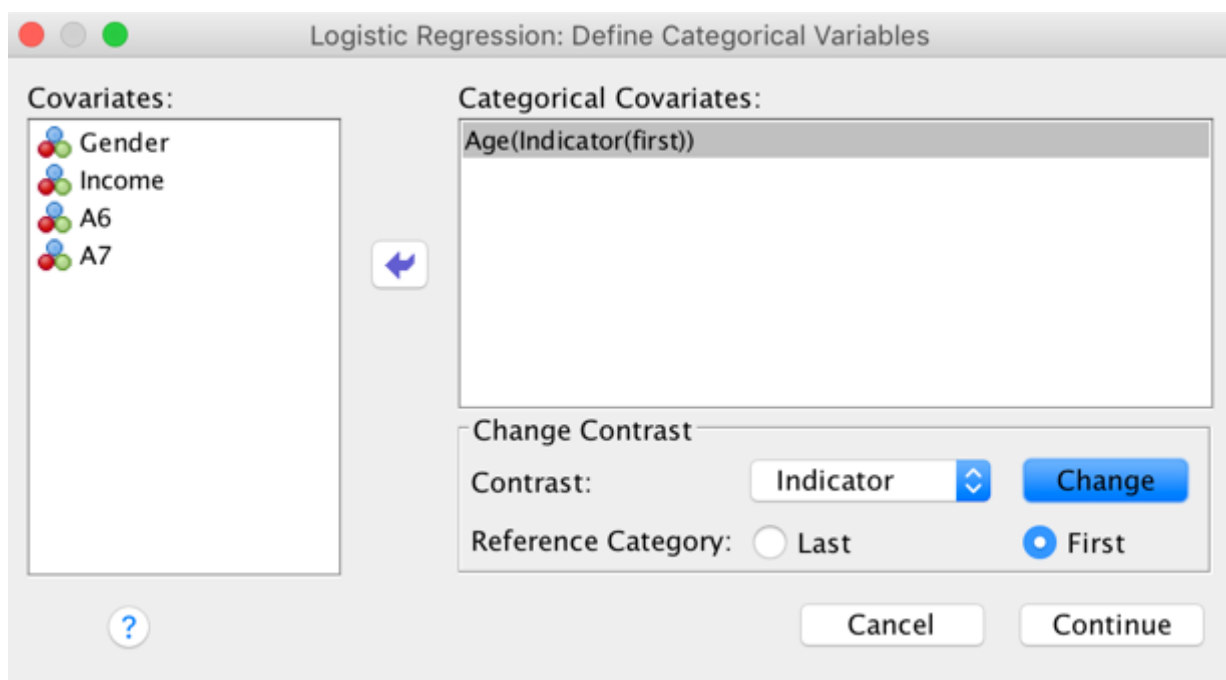
5.3.2 Επεξεργασία Δεδομένων

Για τη διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων χρησιμοποιείται η εντολή *Analyze -> Regression -> Binary Logistic*. Ως **εξαρτημένη μεταβλητή** έχει οριστεί η μεταβλητή *C1new*, η οποία αντιπροσωπεύει την ερώτηση για την πρόθεση αγοράς αυτόνομου οχήματος (Εικόνα 5.11). Στο πεδίο *Covariates* εισάγονται οι **ανεξάρτητες μεταβλητές** του μοντέλου, οι οποίες τελικά επιλέγονται με βάση τη στατιστική τους σημαντικότητα.



Εικόνα 5.11: Το παράθυρο για το μοντέλο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης στο SPSS.

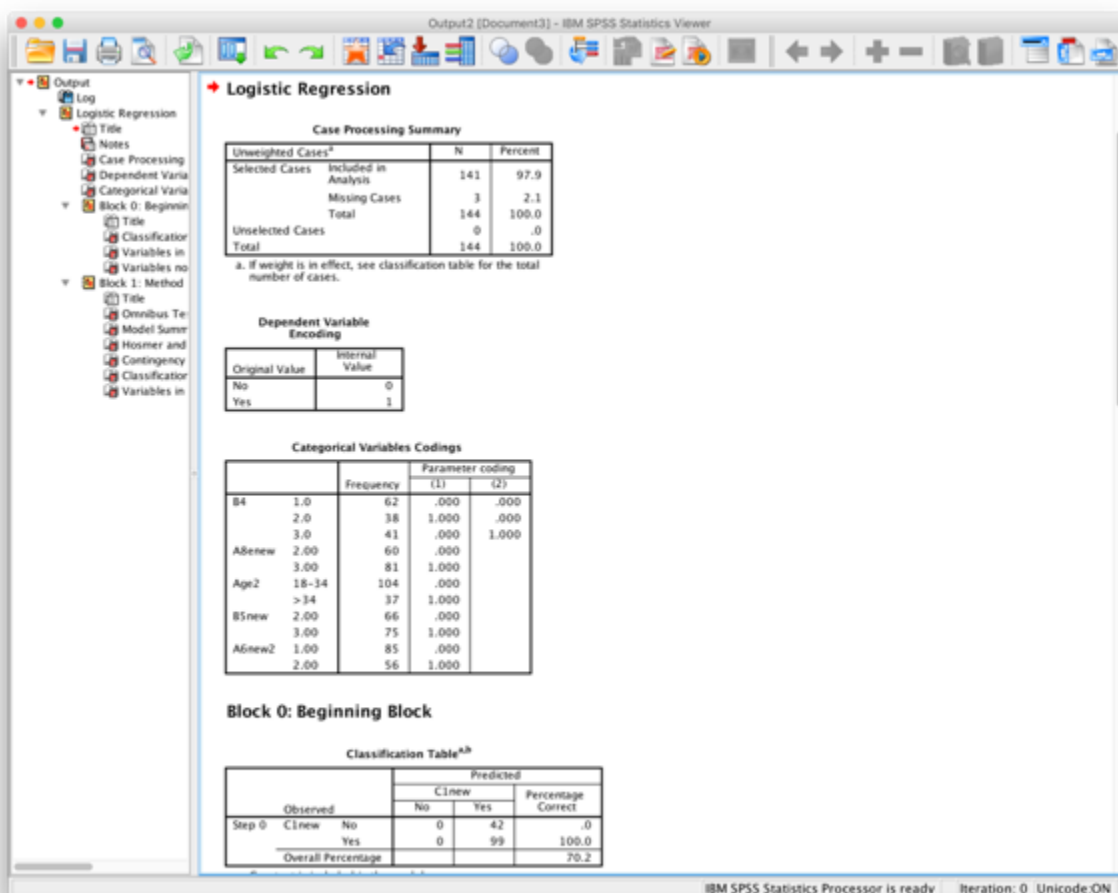
Στο υπομενού *Categorical* ορίζεται η τιμή αναφοράς για κάθε μεταβλητή, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.12. Αν, για παράδειγμα, μια μεταβλητή λαμβάνει τρεις τιμές μπορεί να οριστεί η τιμή αναφοράς με την οποία θα συγκρίνονται οι υπόλοιπες τιμές. Το SPSS επιτρέπει τον ορισμό της τιμής αναφοράς μόνο για την πρώτη ή την τελευταία τιμή, και όχι κάποια ενδιάμεση.



Εικόνα 5.12: Ορισμός της τιμής αναφοράς για κάθε μεταβλητή.

Στο υπομενού *Options* επιλέγεται το *Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit* και τα υπόλοιπα μένουν ως έχουν. Η διαδικασία της ανάλυσης ξεκινά με το *OK*, τα αποτελέσματα της οποίας εμφανίζονται σε ένα νέο παράθυρο της μορφής της Εικόνας 5.13.

Στο πρώτο στάδιο εξετάζεται το μοντέλο χωρίς τις ανεξάρτητες μεταβλητές και στη συνέχεια εισέρχονται μία-μία με τη μέθοδο *Enter*. Στο SPSS περιλαμβάνονται όλες οι σχετικές πληροφορίες για τον στατιστικό έλεγχο του μοντέλου και των μεταβλητών με τη μορφή πινάκων.



Εικόνα 5.13: Μορφή του αποτελέσματος της διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης στο SPSS.

Μετά από **πληθώρα δοκιμών με διάφορους συνδυασμούς μεταβλητών** βρέθηκε το τελικό μοντέλο και η συνάρτηση χρησιμότητας για την πρόθεση αγοράς ή όχι αυτόνομου οχήματος από Έλληνες οδηγούς, το οποίο παρουσιάζεται στην παρακάτω ενότητα.

5.3.3 Συνάρτηση Χρησιμότητας

Η διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση που πραγματοποιήθηκε με το SPSS παρήγαγε την παρακάτω **συνάρτηση χρησιμότητας**:

$$U = -1.209 * A6new2(1) + 1.077 * A8enew(1) - 1.895 * B4(1) - 1.821 * B4(2) + 1.376 * B5new(1) + 1.182 * Age2(1)$$

Οι μεταβλητές που περιλαμβάνονται στην εξίσωση είναι:

- *A6new2*, η ερώτηση «Ποιο είναι το κόστος αγοράς του αυτοκινήτου σας;». Οι αρχικές απαντήσεις στην ερώτηση αυτή ήταν «<10.000€», «10.000€ έως 25.000€», «>25.000€», και «Δεν έχω δικό μου». Με την σύμπτυξη οι απαντήσεις περιορίστηκαν στις δύο: «Κάτω από 10.000€ + Δεν έχω δικό μου» και «Πάνω από 10.000€». Η μεταβλητή *A6new2(1)* αντιπροσωπεύει την επιλογή «Πάνω από 10.000€».
- *A8enew*, η ερώτηση «Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα αυτοκίνητο; Συστήματα υποστήριξης οδηγού (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης, οθόνη, σύνδεση με smartphone, κλπ)». Με την σύμπτυξη οι απαντήσεις στην ερώτηση αυτή είναι «Λίγο» και «Πολύ». Η μεταβλητή *A8enew(1)* αντιπροσωπεύει την επιλογή «Πολύ».
- *B4*, η ερώτηση «Πιστεύετε ότι τα αυτόνομα οχήματα θα είναι πιο ασφαλή, λιγότερο ασφαλή, ή το ίδιο ασφαλή με οχήματα που έχουν οδηγό;». Οι απαντήσεις στην ερώτηση αυτή είναι «Πιο ασφαλή», «Το ίδιο», και «Λιγότερο ασφαλή». Οι μεταβλητές *B4(1)* και *B4(2)* αντιπροσωπεύουν τις επιλογές «Το ίδιο» και «Λιγότερο ασφαλή» αντίστοιχα.
- *B5new*, η ερώτηση «Πόσο άνετα θα αισθάνεστε με την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους;». Με την σύμπτυξη οι απαντήσεις στην ερώτηση αυτή είναι «Λίγο» και «Πολύ». Η μεταβλητή *B5new(1)* αντιπροσωπεύει την επιλογή «Πολύ».
- *Age2*, η ερώτηση για την ηλικία των ερωτηθέντων. Οι απαντήσεις στην ερώτηση αυτή μετά τη σύμπτυξη είναι «18 έως 34» και «άνω των 34». Η μεταβλητή *Age2(1)* αντιπροσωπεύει την επιλογή «άνω των 34».

Ακολουθεί σε πίνακες η **στατιστική κατανομή του δείγματος**:

	18-34	>34
Όχι	23%	6%
Ναι	51%	20%
Σύνολο	74%	26%

Πίνακας 5.2: Στατιστική κατανομή του δείγματος ανά ηλικία.

	<10.000€ / Δεν έχω δικό μου	>10.000€
Όχι	16%	13%
Ναι	44%	26%
Σύνολο	60%	40%

Πίνακας 5.3: Στατιστική κατανομή του δείγματος στην ερώτηση «Ποιο είναι το κόστος αγοράς του αυτοκινήτου σας;»

	Λίγο	Πολύ
Όχι	18%	11%
Ναι	24%	47%
Σύνολο	42%	58%

Πίνακας 5.4: Στατιστική κατανομή του δείγματος στην ερώτηση «Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα αυτοκίνητο; Συστήματα υποστήριξης οδηγού (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης, οθόνη, σύνδεση με smartphone, κλπ)»

	Πιο ασφαλή	Το ίδιο	Λιγότερο ασφαλή
Όχι	3%	11%	16%
Ναι	41%	16%	13%
Σύνολο	44%	27%	29%

Πίνακας 5.5: Στατιστική κατανομή του δείγματος στην ερώτηση «Πιστεύετε ότι τα αυτόνομα οχήματα θα είναι πιο ασφαλή, λιγότερο ασφαλή, ή το ίδιο ασφαλή με οχήματα που έχουν οδηγό;»

	Λίγο	Πολύ
Όχι	22%	7%
Ναι	25%	46%
Σύνολο	47%	53%

Πίνακας 5.6: Στατιστική κατανομή του δείγματος στην ερώτηση «Πόσο άνετα θα αισθάνεστε με την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους;»

Παρατηρηθείσες τιμές		Προβλεπόμενες		
		C1new		Ποσοστό σωστών
		Όχι	Ναι	
C1new	Όχι	25	17	60%
	Ναι	10	89	90%
Συνολικό ποσοστό				81%

Πίνακας 5.7: Ποσοστό προβλεψιμότητας μοντέλου

Από τον Πίνακα 5.7 φαίνεται ότι το **ποσοστό προβλεψιμότητας** του μοντέλου που εξήχθη αγγίζει το 81 τοις εκατό, με επιμέρους ποσοστά 60 και 90 τοις εκατό για τις

απαντήσεις Όχι και Ναι αντίστοιχα. Τα ποσοστά αυτά είναι αρκετά υψηλά και γίνονται αποδεκτά για την αξιοπιστία του μοντέλου.

5.3.4 Στατιστικός Έλεγχος Μοντέλου

Ο στατιστικός έλεγχος των μεταβλητών πραγματοποιείται εύκολα μέσω του SPSS σε πίνακες. Τα δεδομένα αυτά έχουν συγκεντρωθεί στον Πίνακα 5.8 συγκεντρωτικά για τη συνάρτηση που αναπτύχθηκε παραπάνω.

Μεταβλητές	B	Sig.	Exp(B)
A6new2(1)	-1,209	,021	0,3
A8enew(1)	1,077	,021	3
B4		,005	
B4(1)	-1,895	,002	0,2
B4(2)	-1,821	,007	0,2
B5new(1)	1,376	,011	4
Age2(1)	1,182	,042	3
Constant	1,191	,082	3

Πίνακας 5.8: Στατιστικός έλεγχος μεταβλητών με το SPSS.

Αναλυτικότερα:

- *Μεταβλητές*, το όνομα των μεταβλητών που έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο. Η σημασία τους έχει δοθεί στο προηγούμενο Κεφάλαιο.
- *B* (ή αλλιώς Beta), η αριθμητική τιμή των συντελεστών των μεταβλητών.
- *Sig* (Significance), η σημαντικότητα της κάθε μεταβλητής στο μοντέλο. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία υιοθετήθηκε επίπεδο σημαντικότητας 95 τοις εκατό. Ως εκ τούτου, οποιαδήποτε τιμή του Sig μικρότερη του 0.05 γίνεται αποδεκτή για το μοντέλο.
- *Exp(B)* (ή αλλιώς *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 3.6.

Οι συντελεστές των μεταβλητών ακολουθούν μια **λογική ερμηνεία**, ικανοποιώντας και αυτό το κριτήριο, όπως είχε αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3.8.1.

Όσον αφορά στον **έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών**, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 4.3.1, ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα SPSS χωρίς να παρατηρηθεί συσχέτιση μεταξύ τους.

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε στο SPSS διαθέτει **συντελεστή $\chi^2=0.399$** (διορθωμένος κατά Nagelkerke), οποίος είναι μεγαλύτερος από το 0.30 και, συνεπώς, γίνεται αποδεκτός.

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	125.215 ^a	.281	.399

a. Estimation terminated at iteration number 5 because parameter estimates changed by less than .001.

Εικόνα 5.14: Συντελεστής χ^2 κατά Cox & Snell και διορθωμένος κατά Nagelkerke.

Ο **συντελεστής χ^2 κατά Cox & Snell** βασίζεται στην λογαριθμική πιθανότητα του μοντέλου σε σχέση με τη λογαριθμική πιθανότητα του βασικού μοντέλου. Στην περίπτωση διακριτών μεταβλητών το θεωρητικό μέγιστο του συντελεστή είναι μικρότερος της μονάδας. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται η **διόρθωση κατά Nagelkerke**, με την οποία προσαρμόζεται η κλίμακα κατάλληλα ώστε να καλυφθεί το πλήρες εύρος από το μηδέν ως τη μονάδα.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Ελαστικότητα	Σχετική ελαστικότητα
Κόστος αγοράς αυτοκινήτου άνω των 10.000€	-0,31	1,00
Ύπαρξη συστημάτων υποστήριξης οδηγού	0,43	1,39
Ίδιο αίσθημα ασφάλειας σε σχέση με παραδοσιακό όχημα	-0,50	1,60
Χαμηλότερο αίσθημα ασφάλειας σε σχέση με παραδοσιακό όχημα	-0,52	1,66
Άνεση στην κυκλοφορία αυτόνομων ΜΜΜ/Ταξί	0,63	2,03
Ηλικία άνω των 34 ετών	0,39	1,25

Πίνακας 5.9: Ελαστικότητα και σχετική ελαστικότητα μεταβλητών.

Στον Πίνακα 5.9 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η ελαστικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών του δείγματος ως προς την πρόθεση αγοράς αυτόνομου οχήματος. Από

την στήλη της ελαστικότητας μπορεί κανείς να αντλήσει πληροφορίες για το μέγεθος της επιρροής της κάθε μεταβλητής ως προς την πρόθεση αγοράς αυτόνομου οχήματος και από την στήλη της σχετικής ελαστικότητας το μέγεθος της επιρροής κάθε μεταβλητής σε σχέση με τη μεταβλητή του κόστους αγοράς αυτοκινήτου (άνω των 10.000€), η οποία έχει τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο και χρησιμοποιήθηκε ως βάση αναφοράς.

5.3.5 Αποτελέσματα

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρατίθεται η **ερμηνεία της συνάρτησης χρησιμότητας** που παρουσιάστηκε παραπάνω. Αρχικά, η συνάρτηση χρησιμότητας U , η οποία εκφράζει τη συνάρτηση για την πρόθεση αγοράς αυτόνομου οχήματος ορίζεται ως εξής:

$$U = -1.209 * A6new2(1) + 1.077 * A8enew(1) - 1.895 * B4(1) - 1.821 * B4(2) + 1.376 * B5new(1) + 1.182 * Age2(1)$$

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται **έξι μεταβλητές**. Αυτές είναι:

- $A6new2(1)$, η επιλογή «Πάνω από 10.000€» στην ερώτηση «Ποιο είναι το κόστος αγοράς του αυτοκινήτου σας;».
- $A8enew(1)$, η επιλογή «Πολύ» στην ερώτηση «Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα αυτοκίνητο; Συστήματα υποστήριξης οδηγού (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης, οθόνη, σύνδεση με smartphone, κλπ)».
- $B4(1)$, $B4(2)$, οι επιλογές «Το ίδιο» και «Λιγότερο ασφαλή» αντίστοιχα στην ερώτηση «Πιστεύετε ότι τα αυτόνομα οχήματα θα είναι πιο ασφαλή, λιγότερο ασφαλή, ή το ίδιο ασφαλή με οχήματα που έχουν οδηγό;».
- $B5new(1)$, η επιλογή «Πολύ» στην ερώτηση «Πόσο άνετα θα αισθάνεστε με την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους;».
- $Age2(1)$, οι «άνω των 34» σε ηλικία.

Από την συνάρτηση U μπορεί κανείς να **συμπεράνει** με τη βοήθεια και των **Odds Ratio** του Πίνακα 5.8 τα εξής:

- Οι οδηγοί με αυτοκίνητο αξίας άνω των 10.000€ είναι κατά 70 τοις εκατό λιγότερο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα.
- Όσοι δήλωσαν ότι τα συστήματα υποστήριξης οδηγού είναι πολύ σημαντικά είναι τρεις φορές πιο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα.

- Όσοι δήλωσαν ότι τα αυτόνομα οχήματα θα είναι το ίδιο ή λιγότερο ασφαλή σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα είναι κατά 80 τοις εκατό λιγότερο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα.
- Όσοι δήλωσαν ότι θα αισθάνονταν πολύ άνετα με την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους είναι τέσσερις φορές πιο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα.
- Οι άνω των 34 σε ηλικία είναι τρεις φορές πιο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα σε σχέση με αυτούς που είναι έως 34 χρονών.

Από τον Πίνακα 5.9 της **ελαστικότητας** μπορεί κανείς να **συμπεράνει** τα εξής:

- Η μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή στην πρόθεση αγοράς αυτόνομων οχημάτων είναι το κόστος αγοράς των αυτοκινήτων των οδηγών.
- Η μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή στο μοντέλο είναι η άποψη των οδηγών για την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους, η οποία επηρεάζει την πρόθεση αγοράς αυτόνομων οχημάτων δύο φορές περισσότερο από το κόστος αγοράς του αυτοκινήτου των οδηγών.
- Η ασφάλεια των αυτόνομων οχημάτων σε σχέση με ένα παραδοσιακό όχημα αποτελεί τη μεταβλητή με τη δεύτερη μεγαλύτερη επιρροή στην πρόθεση αγοράς αυτόνομων οχημάτων.
- Η ηλικία των οδηγών δεν φαίνεται να έχει τόσο σημαντική επιρροή στην πρόθεση αγοράς αυτόνομων οχημάτων, έχοντας επιρροή μόλις 1,25 φορές περισσότερη από το κόστος αγοράς αυτοκινήτου των οδηγών.

5.4 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της αποδοχής των αυτόνομων οχημάτων από τους Έλληνες οδηγούς**, καθώς και η **πρόθεση αγοράς** αυτών των οχημάτων, ενώ, παράλληλα, καταγράφηκαν οι απόψεις των οδηγών για τα αυτόνομα οχήματα και την τεχνολογία τους γενικότερα.

Για τον σκοπό αυτό αναζητήθηκε **βιβλιογραφία** σχετική με το αντικείμενο της έρευνας τόσο σε εγχώριο όσο και σε διεθνές επίπεδο. Ταυτόχρονα, αποφασίστηκε η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων να πραγματοποιηθεί μέσω **ερωτηματολογίου**, στο οποίο συμπεριελήφθησαν οκτώ σενάρια σύμφωνα με τη μέθοδο της **δεδηλωμένης προτίμησης** από τα οποία οι ερωτηθέντες έπρεπε να επιλέξουν μεταξύ τριών εναλλακτικών: αυτόνομα, ημι-αυτόνομα, και παραδοσιακά οχήματα.

Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο της **πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** για το μέρος των σεναρίων και το πρότυπο της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** για τη διερεύνηση της πρόθεσης αγοράς αυτόνομων οχημάτων. Τα μαθηματικά μοντέλα που προέκυψαν από τις αναλύσεις αυτές, καθώς και τα αποτελέσματά τους παρατίθενται συνοπτικά παρακάτω:

Πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση

Συνάρτηση επιλογής **αυτόνομου οχήματος**:

$$U1 = -4,651 - 0,060 * cost - 0,104 * time - 1,595 * safety3 - 3,702 * safety4 - 3,355 * safety5 + 1,420 * A8e8 + 2,824 * B6a8 + 1,434 * D53$$

Από την συνάρτηση για το αυτόνομο όχημα μπορεί κανείς να **συμπεράνει** τα εξής:

- Αύξηση του κόστους κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.94 φορές ή 6 τοις εκατό.
- Αύξηση του χρόνου κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.90 φορές ή 10 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Μεσαίο (safety3) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.20 φορές ή 80 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Χαμηλό (safety4) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.02 φορές ή 98 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Πολύ Χαμηλό (safety5) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.03 φορές ή 97 τοις εκατό.
- Οι οδηγοί που χαρακτηρίζουν 'Πολύ' σημαντικό την ύπαρξη συστημάτων υποστήριξης οδηγού ήταν περίπου τέσσερις πιο πιθανό να επιλέξουν αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα.
- Οι οδηγοί που χαρακτηρίζουν 'Πολύ' σημαντική την μείωση ατυχημάτων χάριν στα αυτόνομα οχήματα ήταν 17 φορές πιο πιθανό να επιλέξουν αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα.
- Οι οδηγοί με οικογενειακό εισόδημα άνω των 25,000€ είχαν 4 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα επιλογής αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος.

Συνάρτηση επιλογής **ημι-αυτόνομου οχήματος**:

$$U2 = 0,060 * cost - 0,104 * time - 1,595 * safety3 - 3,702 * safety4 - 3,355 * safety5 - 1,390 * A22 - 1,609 * A23 + 0,703 * A48 + 1,120 * A8e8 + 1,049 * D28 + 1,225 * D53$$

Από την συνάρτηση για το ημι-αυτόνομο όχημα μπορεί κανείς να **συμπεράνει** τα εξής:

- Αύξηση του κόστους κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.94 φορές ή 6 τοις εκατό.
- Αύξηση του χρόνου κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.90 φορές ή 10 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Μεσαίο (safety3) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.20 φορές ή 80 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Χαμηλό (safety4) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.02 φορές ή 98 τοις εκατό.
- Μείωση του επιπέδου ασφαλείας από Πολύ Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Πολύ Χαμηλό (safety5) οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος κατά 0.03 φορές ή 97 τοις εκατό.
- Εκείνοι που οδηγούν αυτοκίνητο '5-10 χρόνια' και 'πάνω από 10 χρόνια' ήταν κατά 75 και 80 τοις εκατό αντίστοιχα λιγότερο πιθανό να επιλέξουν ημι-αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα.
- Όσοι δήλωσαν ότι οδηγούν πάνω από 1 ώρα την ημέρα ήταν δύο φορές πιο πιθανό να επιλέξουν ημι-αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα.
- Όσοι δήλωσαν ότι η ύπαρξη συστημάτων υποστήριξης οδηγού ήταν 'Πολύ' σημαντική σε ένα αυτοκίνητο είχαν τρεις φορές περισσότερες πιθανότητες επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος.
- Οι Οδηγοί άνω των 24 ετών ήταν σχεδόν τρεις φορές πιο πιθανό να επιλέξουν ημι-αυτόνομο αντί παραδοσιακό όχημα σε σχέση με εκείνους ηλικίας 18 έως 24 χρονών.
- Οι Οδηγοί με οικογενειακό εισόδημα άνω των 25,000€ είχαν 3 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα επιλογής ημι-αυτόνομου αντί παραδοσιακού οχήματος.

Από τα διαγράμματα ευαισθησίας του Κεφαλαίου 5.2.6 μπορεί κανείς να συμπεράνει τα εξής:

- Οι Έλληνες Οδηγοί εμφανίζονται στην πλειοψηφία τους αρκετά **επιφυλακτικοί** ως προς τα πλήρως αυτόνομα οχήματα, αλλά διατηρούν μια **θετική στάση** απέναντι στα ημι-αυτόνομα οχήματα. Ειδικότερα, όσο εξοικονομείται χρόνος στις μετακινήσεις η πιθανότητα επιλογής αυτόνομων

και ημι-αυτόνομων οχημάτων εμφανίζεται μεγαλύτερη. Αντίθετα, όσο ο χρόνος αυξάνεται η προτίμηση μετατοπίζεται στα παραδοσιακά οχήματα.

- Σε γενικό επίπεδο οι Έλληνες Οδηγοί δείχνουν **μεγαλύτερη προτίμηση** στα ημι-αυτόνομα οχήματα σε σχέση με τα πλήρως αυτόνομα. Ενδεχομένως, η διαφορά αυτή οφείλεται στη μηδενική εξοικείωση με συστήματα αυτονομίας, η οποία μεταφράζεται σε ένα χαμηλό επίπεδο εμπιστοσύνης ως προς τα πλήρως αυτόνομα οχήματα. Τα ημι-αυτόνομα οχήματα προσφέρουν, μεν, κάποιο περιορισμένο επίπεδο αυτονομίας, αλλά ο οδηγός μπορεί ανά πάσα στιγμή να αναλάβει τον έλεγχο του οχήματος.
- Το **επίπεδο της ασφάλειας** διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή οχήματος. Όταν αυτό μειώνεται από υψηλό σε χαμηλό αυξάνεται σημαντικά η πιθανότητα επιλογής παραδοσιακού οχήματος.
- Η **μεταβολή του εισοδήματος** από χαμηλό σε υψηλό (κάτω από 25.000€ και πάνω από 25.000€) σε κάθε περίπτωση αυξάνει την πιθανότητα επιλογής αυτόνομων και ημι-αυτόνομων οχημάτων.
- Το **κόστος** επηρεάζει διαφορετικά την επιλογή αυτόνομου και ημι-αυτόνομου οχήματος. Αύξηση του κόστους μειώνει την πιθανότητα επιλογής αυτόνομου οχήματος, αλλά αυξάνει την πιθανότητα επιλογής ημι-αυτόνομου οχήματος.

Διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση

Η συνάρτηση που εκφράζει την **πρόθεση αγοράς αυτόνομου οχήματος** είναι:

$$U = -1.209 * A6new2(1) + 1.077 * A8enew(1) - 1.895 * B4(1) - 1.821 * B4(2) + 1.376 * B5new(1) + 1.182 * Age2(1)$$

Από την συνάρτηση που εκφράζει την πρόθεση αγοράς αυτόνομου οχήματος μπορεί κανείς να **συμπεράνει** τα εξής:

- Οι Οδηγοί με αυτοκίνητο αξίας άνω των 10.000€ είναι κατά 70 τοις εκατό λιγότερο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα.
- Όσοι δήλωσαν ότι τα συστήματα υποστήριξης οδηγού είναι πολύ σημαντικά είναι τρεις φορές πιο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα.
- Όσοι δήλωσαν ότι τα αυτόνομα οχήματα θα είναι το ίδιο ή λιγότερο ασφαλή σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα είναι κατά 80 τοις εκατό λιγότερο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα.
- Όσοι δήλωσαν ότι θα αισθάνονταν πολύ άνετα με την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους είναι τέσσερις φορές πιο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα.
- Οι Οδηγοί άνω των 34 ετών είναι τρεις φορές πιο πιθανό να αγοράσουν αυτόνομο όχημα σε σχέση με νεότερους σε ηλικία οδηγούς.

Από τον Πίνακα 5.9 της **ελαστικότητας** μπορεί κανείς να **συμπεράνει** τα εξής:

- Η μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή στην πρόθεση αγοράς αυτόνομων οχημάτων είναι το κόστος αγοράς των αυτοκινήτων των οδηγών.
- Η μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή στο μοντέλο είναι η άποψη των οδηγών για την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους, η οποία επηρεάζει την πρόθεση αγοράς αυτόνομων οχημάτων δύο φορές περισσότερο από το κόστος αγοράς του αυτοκινήτου των οδηγών.
- Η ασφάλεια των αυτόνομων οχημάτων σε σχέση με ένα παραδοσιακό όχημα αποτελεί τη μεταβλητή με τη δεύτερη μεγαλύτερη επιρροή στην πρόθεση αγοράς αυτόνομων οχημάτων.
- Η ηλικία των οδηγών δεν φαίνεται να έχει τόσο σημαντική επιρροή στην πρόθεση αγοράς αυτόνομων οχημάτων, έχοντας επιρροή μόλις 1,25 φορές περισσότερη από το κόστος αγοράς αυτοκινήτου των οδηγών.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

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

- Οι Έλληνες Οδηγοί εμφανίζονται στην πλειοψηφία τους αρκετά επιφυλακτικοί ως προς τα πλήρως αυτόνομα οχήματα, αλλά διατηρούν μια **θετική στάση απέναντι στα ημι-αυτόνομα οχήματα**. Ειδικότερα, όσο εξοικονομείται χρόνος στις μετακινήσεις η πιθανότητα επιλογής αυτόνομων και ημι-αυτόνομων οχημάτων εμφανίζεται μεγαλύτερη. Αντίθετα, όσο ο χρόνος αυξάνεται η προτίμηση μετατοπίζεται στα παραδοσιακά οχήματα.
- Οι Έλληνες Οδηγοί δείχνουν **μεγαλύτερη προτίμηση στα ημι-αυτόνομα οχήματα** σε σχέση με τα πλήρως αυτόνομα. Ενδεχομένως, η διαφορά αυτή οφείλεται στη μηδενική εξοικείωση με συστήματα αυτονομίας, η οποία μεταφράζεται σε ένα χαμηλό επίπεδο εμπιστοσύνης ως προς τα πλήρως αυτόνομα οχήματα. Τα ημι-αυτόνομα οχήματα προσφέρουν, μεν, κάποιο περιορισμένο επίπεδο αυτονομίας, αλλά ο οδηγός μπορεί ανά πάσα στιγμή να αναλάβει τον έλεγχο του οχήματος.
- Η επιλογή αυτόνομου και ημι-αυτόνομου οχήματος εξαρτάται από **το κόστος, τον χρόνο, και το επίπεδο της ασφάλειας** που αυτά προσφέρουν σε σχέση με το παραδοσιακό όχημα. Παράλληλα, η επιλογή αυτή εξαρτάται και από την άποψη των οδηγών για την ύπαρξη συστημάτων υποστήριξης οδηγού (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης κλπ) και για τη μείωση ατυχημάτων στους δρόμους, καθώς και από την οδηγική τους εμπειρία, τον χρόνο που οδηγούν καθημερινά, την ηλικία, και το οικογενειακό τους εισόδημα.
- Η πρόθεση αγοράς αυτόνομου οχήματος στο προσεχές μέλλον εξαρτάται από την **άποψη των οδηγών για την ύπαρξη συστημάτων υποστήριξης οδηγού** (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης κλπ), την ασφάλειά τους σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα, και την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους, καθώς και από την αξία του τωρινού τους αυτοκινήτου και την ηλικία τους.
- Η επιρροή του κόστους, του χρόνου, και του επιπέδου ασφαλείας θεωρούνται απολύτως αναμενόμενες στην επιλογή ενός μεταφορικού μέσου και σε πλήρη συμφωνία με τη διεθνή βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, η **αύξηση του κόστους, του χρόνου ταξιδιού, και η μείωση του επιπέδου ασφαλείας** έχει ως συνέπεια τη μείωση της πιθανότητας επιλογής αυτόνομου ή ημι-αυτόνομου οχήματος. Οι παρατηρήσεις αυτές συνάδουν με τα ευρήματα του ερωτηματολογίου (Παράρτημα Β), στο οποίο οι ερωτηθέντες θεωρούν πολύ σημαντική την ασφάλεια του οχήματος, την προσιτή τιμή, τη χαμηλή κατανάλωση, και το κόστος αγοράς του αυτοκινήτου.

- Το **υψηλό κόστος της αξίας του τωρινού αυτοκινήτου** των ερωτηθέντων συμβάλλει αρνητικά στην πρόθεση αγοράς αυτόνομου οχήματος. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι εάν κάποιος έχει επενδύσει ένα μεγάλο ποσό (άνω των 10.000€) για την αγορά ενός αυτοκινήτου σήμερα ενδεχομένως να μην είναι διατεθειμένος να προχωρήσει στην αγορά ενός καινούργιου οχήματος, ειδικά όταν η πλειοψηφία των Ελλήνων οδηγών θεωρεί ότι ένα αυτόνομο όχημα θα κοστίζει μεταξύ 10.000 έως 30.000€ με ένα σημαντικό ποσοστό (42 τοις εκατό) να θεωρεί ότι η αξία του θα ξεπερνά τα 30.000€ (Παράρτημα Β).
- Η αρνητική επιρροή των **χρόνων εμπειρίας οδήγησης** στην επιλογή ημι-αυτόνομων οχημάτων μπορεί ενδεχομένως να εξηγηθεί από τη δύναμη της συνήθειας η οποία αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα στην επιλογή ενός εναλλακτικού τρόπου μετακίνησης.
- Αντίστοιχα, η θετική επιρροή του **χρόνου οδήγησης σε καθημερινή βάση** στην επιλογή ημι-αυτόνομων οχημάτων μπορεί ενδεχομένως να εξηγηθεί με τον παράγοντα της κούρασης. Η αυτοματοποίηση που προσφέρουν τα αυτόνομα και ημι-αυτόνομα οχήματα ίσως να μπορεί να ελαφρύνει τους οδηγούς από την κούραση, το άγχος, και την ταλαιπωρία της κυκλοφοριακής συμφόρησης.
- Επίσης, η θετική επιρροή της **ύπαρξης συστημάτων υποβοήθησης οδηγού και της άνεσης στην κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους** για την επιλογή αυτόνομων και ημι-αυτόνομων οχημάτων θεωρείται αναμενόμενη και σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας.
- **Οι Οδηγοί άνω των 34 ετών δηλώνουν μεγαλύτερη προτίμηση στην πρόθεση αγοράς αυτόνομου οχήματος.** Το αποτέλεσμα αυτό δεν φαίνεται καταρχήν αναμενόμενο αφού οι νεότεροι συνήθως επιδεικνύουν μεγαλύτερη έφεση στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών. Στην περίπτωση όμως, των αυτόνομων οχημάτων όπου η αξία τους προβλέπεται τουλάχιστον παραπλήσια με εκείνη των σημερινών οχημάτων υπεισέρχεται η παράμετρος της οικονομικής άνεσης. Το 50% των οδηγών άνω των 34 ετών δηλώνει εισόδημα άνω των 25.000€, ενώ το 45% των νέων δηλώνει εισόδημα κάτω των 10.000€ (Παράρτημα Δ). Δηλαδή, οι μεγαλύτεροι σε ηλικία οδηγοί διαθέτουν περισσότερα χρήματα, τα οποία μπορούν να επενδύσουν στην αγορά ενός νέου αυτοκινήτου. Επίσης, ένας άλλος παράγοντας που, ίσως, εξηγεί την παραπάνω παρατήρηση είναι η δυσπιστία που εκφράζουν οι οδηγοί άνω των 34 ετών ως προς την ασφάλεια που προσφέρουν τα αυτόνομα οχήματα σε σχέση με τα παραδοσιακά (Παράρτημα Δ).
- Η διωνυμική και η πολυωνυμική **λογιστική παλινδρόμηση** αποτελούν τις καταλληλότερες μεθόδους για την ανάλυση στοιχείων που έχουν συλλεχθεί με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Τα μαθηματικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία ικανοποιούν όλους τους

στατιστικούς ελέγχους και προσφέρουν μια πολύ αξιόπιστη εικόνα χρήσιμη για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

6.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με βάση την παραπάνω σύνοψη των αποτελεσμάτων ακολουθεί ένα **σύνολο προτάσεων** που ενδεχομένως θα αξιοποιηθεί σε μελλοντικές έρευνες.

- Οι Έλληνες οδηγοί εκφράζουν στο σύνολο τους μια θετική συμπεριφορά απέναντι στα αυτόνομα οχήματα διατηρώντας, ωστόσο, μια μικρή επιφύλαξη στο θέμα της **ασφάλειας**. Σε αυτόν τον τομέα οφείλουν να επικεντρωθούν οι αρμόδιοι φορείς κατά το αρχικό στάδιο της ενσωμάτωσης των αυτόνομων οχημάτων, ώστε να εκλείψουν όλες οι ανησυχίες των οδηγών σχετικά με την οδηγική τους συμπεριφορά και τα τεχνικά προβλήματα.
- Ένας άλλος τομέας διχασμού αφορά στην άποψη των οδηγών σχετικά με την κυκλοφορία **αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί** στους δρόμους. Με βάση, όμως, τη λειτουργία του συστήματος ARTS στα Τρίκαλα και τον υψηλό βαθμό ικανοποίησης που εξέφρασαν εκεί οι χρήστες για τα Λεωφορεία Χωρίς Οδηγό μπορεί να εξαχθεί ασφαλώς το συμπέρασμα ότι η άμεση επαφή με τέτοια συστήματα αυτονομίας επιφέρει μεγαλύτερα ποσοστά αποδοχής. Μια εκστρατεία ενημέρωσης του κοινού σε συνδυασμό με την πιλοτική λειτουργία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί θεωρούνται αρκετές για την αντιμετώπιση των όποιων ενδοιασμών του κοινού.

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάστηκε η επιρροή του χρόνου, του κόστους, και της ασφάλειας στην επιλογή αυτόνομων οχημάτων. Παράλληλα, με την προσθήκη επιπρόσθετων μεταβλητών σχετικές με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά και τις απόψεις των οδηγών εξήχθησαν μαθηματικά μοντέλα με υψηλή αξιοπιστία ως προς την εξαγωγή των συμπερασμάτων που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Υπάρχουν, ωστόσο, **περιθώρια για περαιτέρω συνέχιση της έρευνας** σε ένα πεδίο που θα απασχολήσει αρκετά την επιστημονική κοινότητα τα επόμενα χρόνια:

- Στο μέλλον, προτείνεται η **επέκταση του δείγματος** ώστε να περιλαμβάνει ένα μεγαλύτερο εύρος πληθυσμού που δεν θα περιορίζεται αποκλειστικά στους οδηγούς.
- Επιπρόσθετα, εξαιτίας της φύσης του αντικείμενου που περιλαμβάνει τη σταδιακή ενσωμάτωση των αυτόνομων οχημάτων στην καθημερινότητα των χρηστών του οδικού δικτύου και μη τα επόμενα χρόνια επιβάλλεται η **επανάληψη της έρευνας σε τακτά χρονικά διαστήματα**, αφού είναι σχεδόν

βέβαιο ότι η γνώμη του κοινού θα μεταβάλλεται ανάλογα με τα εκάστοτε νέα δεδομένα της εποχής.

- Τέλος, ενδέχεται να παρουσιάζει ενδιαφέρον η διεξαγωγή της έρευνας αποκλειστικά σε συγκεκριμένες **γεωγραφικές περιοχές** της χώρας ή/και **ομάδες του πληθυσμού**, ώστε να μελετηθούν οι ιδιαιτερότητες - αν υπάρχουν - της κάθε περιοχής ή/και ομάδας σε συγκοινωνιακές υποδομές και νοοτροπία σε σχέση με κάποια άλλη.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Anderson, J.M, N. Kalra, K.D. Stanley, P. Sorensen, C. Samaras, & O.A. Oluwatola (2016). *Autonomous Vehicle Technology A Guide for Policymakers*. RAND Corporation.
- Bates, J. (1988). *Econometric Issues in Stated Preference Analysis*.
- Bates, J., & Leibling, D. (2012). *Spaced Out Perspectives on Parking Policy*.
- Bierlaire, M. (2006). *A theoretical analysis of the cross-nested logit model*. *Annals of Operations Research*. Vol. 144, 287-300.
- Brown, A., Gonder, J., & Repac, B. (2014). *An Analysis of Possible Energy Impacts of Automated Vehicles*. Springer Book Chapter
- Casley, S. V., Jardim, A. S., & Quartulli, A. M. (2013). *A Study of Public Acceptance of Autonomous Cars*.
- Chris Schwarz C., Thomas G., Nelson K., McCrary M., & Schlarmann N. (2013). *Towards Autonomous Vehicles*.
- Fosgerau, M., Bierlaire, M. (2007). *Circumventing the Problem of the Scale: Discrete Choice Models with Multiplicative Error Terms*.
- European Commision Mobility and Transport Road Safety (November, 2016). *Road Safety evolution in the EU*. Ανακτήθηκε από http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics_en
- Google (April 28, 2014). *Google Self-Driving Car on City Streets*. Ανακτήθηκε από <https://www.youtube.com/watch?v=dk3oc1Hr62g>
- Google Self-Driving Car Project Monthly Report October 2016. Ανακτήθηκε από <https://static.googleusercontent.com/media/www.google.com/en//selfdrivingcar/files/reports/report-1016.pdf>
- Gopinath, D., M. L. Schofield, et al. (2005). *Comparative Analysis of Discrete Choice Models with Flexible Substitution Patterns*.
- Howard, D., & Dai, D. (2014). *Public perceptions of self-driving cars: The case of Berkeley, California*. Ανακτήθηκε από <http://www.danielledai.com/academic/howard-dai-selfdrivingcars.pdf>
- Kroes, E.P., & Sheldon, R.J. (1988). *Stated Preference Methods: An Introduction*.
- Kyriakidis, M., Happee, R., & De Winter, J. (2015) *Public Opinion on Automated Driving: Results of an International Questionnaire among 5,000 Respondents*.
- Likert, R. (1932). *A Technique for the Measurement of Attitudes*.
- Lustgarten, P., & Le Vine, S. (2016). *Public priorities and consumer preferences for selected attributes of Automated Vehicles*.
- Manski, C.F., McFadden, D.L. (1981). *Structural Analysis of Discrete Data and Econometric Applications*.

- McFadden, D., Train, K. (2006). *Mixed MNL Models for Discrete Response*.
- Menon, M. (2015). *Consumer Perception and Anticipated Adoption of Autonomous Vehicle Technology: Results from Multi-Population Surveys*.
- National Highway Traffic Safety Administration (February, 2015). *Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey*. Ανακτήθηκε από <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812115>
- National Highway Traffic Safety Administration (May 30, 2013). U.S. Department of Transportation Releases Policy on Automated Vehicle Development. Ανακτήθηκε από <http://www.nhtsa.gov/About-NHTSA/Press-Releases/U.S.-Department-of-Transportation-Releases-Policy-on-Automated-Vehicle-Development>
- Nissan Announces Unprecedented Autonomous Drive Benchmarks (August 27, 2013). Ανακτήθηκε από <http://nissannews.com/en-US/nissan/usa/releases/nissan-announces-unprecedented-autonomous-drive-benchmarks#!>
- Payre, W., Cestac, J., & Delhomme, P. (2014). *Intention to use a fully automated car: Attitudes and a priori*.
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (1991). *Econometric models and economic forecasts*. New York: McGraw-Hill.
- Portouli E., Karaseitanidis G., Lytrivis P., Karaberi X., Gorgogetas G., McDonald M., Piao J., Valerio M., Delle Site P., Pietroni F., & Sessa C., August 23, 2016. *Trikala Ex-post Evaluation Report*.
- Reese C. (July 1, 2016). *BMW planning to bring an autonomous vehicle to market by 2021*. Ανακτήθηκε από <http://www.autoblog.com/2016/07/01/bmw-autonomous-vehicle-by-2021/>
- Roberts, M., Bates, J., Bradley, M., Marks, P.A., & Wardman, W. (1986). *Value of Time Research: Summary of Methodology and Recommendations*.
- Sage, A., & Lienert, P. (August 16, 2016). *Ford plans self-driving car for ride share fleets in 2021*. Ανακτήθηκε από <http://www.reuters.com/article/us-ford-autonomous-idUSKCN10R1G1>
- Schoettle, B., & Sivak, M. (2014). *A survey of public opinion about autonomous and self-driving vehicles in the U.S., the U.K., and Australia*.
- Stoll J. (May 10, 2016). *GM Executive Credits Silicon Valley for Accelerating Development of Self-Driving Cars*. Ανακτήθηκε από <http://www.wsj.com/articles/gm-executive-credits-silicon-valley-for-accelerating-development-of-self-driving-cars-1462910491>
- Summary of SAE International's Levels of Driving Automation for On-Road Vehicles (2014). Ανακτήθηκε από http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf
- Tesla Motors (November 18, 2016). *Autopilot Full Self-Driving Hardware*. Ανακτήθηκε από <https://vimeo.com/192179727>

U.S. Department of Transportation. *Federal Automated Vehicles Policy - September 2016*. Ανακτήθηκε από <https://www.transportation.gov/AV/federal-automated-vehicles-policy-september-2016>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Ερωτηματολόγιο της Διπλωματικής Εργασίας

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ



Διερεύνηση αποδοχής αυτόνομων οχημάτων
από τους Έλληνες οδηγούς

Ερωτηματολόγιο

Η παρούσα έρευνα με ερωτηματολόγιο εκτελείται στο πλαίσιο Διπλωματικής Εργασίας στον τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με θέμα τη διερεύνηση αποδοχής των αυτόνομων οχημάτων από τους Έλληνες οδηγούς.

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου είναι ανώνυμη.

Πρώτο Μέρος

A1. Έχετε δίπλωμα αυτοκινήτου;

- ☐ Ναι ☐ Όχι

A2. Πόσα χρόνια οδηγείτε αυτοκίνητο;

- ☐ Λιγότερα από 5 χρόνια ☐ 5 έως 10 χρόνια ☐ Περισσότερα από 10 χρόνια

A3. Ο κυριότερος λόγος που χρησιμοποιείτε το αυτοκίνητο είναι:

- ☐ Επαγγελματικός (εργασία/σχολή κλπ) ☐ Αναψυχής ☐ Άλλο

A4. Πόσες ώρες οδηγείτε καθημερινά;

- ☐ Λιγότερο από 1 ώρα ☐ 1 έως 3 ώρες ☐ Περισσότερο από 3 ώρες

A5. Χρησιμοποιείτε Μέσα Μαζικής Μεταφοράς και πόσο συχνά (την βδομάδα);

- ☐ Καθημερινά ☐ 4-6 φορές ☐ 2-4 φορές ☐ Σπάνια/Ποτέ

A6. Ποιο είναι το κόστος αγοράς του αυτοκινήτου σας;

- ☐ < 10.000€ ☐ 10.000€ έως 25.000€ ☐ > 25.000€ ☐ Δεν έχω δικό μου

A7. Έχετε εμπλακεί ποτέ ο ίδιος σε ατύχημα με θύματα (τραυματίες, νεκροί) με το αυτοκίνητο σας;

- ☐ Ναι ☐ Όχι

A8. Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα αυτοκίνητο;

- Ενεργητική και παθητική ασφάλεια (συστήματα ESP, ABS, αερόσακοι, σκελετός αυτοκινήτου κλπ)

- ☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Εμφάνιση

- ☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Υψηλή ταχύτητα

- ☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Άνεση στο εσωτερικό ή/και στην οδήγηση

- ☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Συστήματα υποστήριξης οδηγού (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης, οθόνη, σύνδεση με smartphone, κλπ)

- ☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Προσιτή τιμή

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Χαμηλή κατανάλωση

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

A9. **Είστε ευχαριστημένοι** με τα συστήματα υποβοήθησης οδήγησης που υπάρχουν σε ορισμένα σύγχρονα αυτοκίνητα; Απαντήστε εάν το αυτοκίνητό σας διαθέτει τέτοιο σύστημα.

- Πλοήγηση GPS

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Cruise control (σύστημα που διατηρεί σταθερή την ταχύτητα που επιλέγει ο οδηγός)

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Υποβοήθηση στάθμευσης

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Άλλο _____

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

A10. Πως θα χαρακτηρίζατε τη σχέση σας με την τεχνολογία;

- Χρησιμοποιώ ίντερνετ

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Χρησιμοποιώ smartphones/tablets

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Παρακολουθώ τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

Δεύτερο Μέρος

Με τον όρο **αυτόνομα οχήματα** αναφερόμαστε σε αυτοκίνητα, τα οποία με ένα κατάλληλα διαμορφωμένο σύστημα αισθητήρων (ραντάρ, λέιζερ, κάμερες) και άλλων οργάνων μπορούν να κυκλοφορούν στο οδικό δίκτυο χωρίς οδηγό.

Σήμερα, σε ορισμένα μοντέλα αυτοκινήτων προσφέρεται η δυνατότητα στο όχημα να πραγματοποιήσει *συγκεκριμένες* λειτουργίες πλοήγησης (φρενάρισμα, επιτάχυνση, αλλαγή κατεύθυνσης) κάτω από *συγκεκριμένες* οδικές συνθήκες, με τον οδηγό να μπορεί να αναλάβει τον έλεγχο ανά πάσα στιγμή.

Εκτιμάται ότι μέσα στα επόμενα 20 χρόνια θα κυκλοφορούν στο οδικό δίκτυο οχήματα που θα μπορούν να κινούνται χωρίς οδηγό και να ανταποκρίνονται σε οποιοσδήποτε συνθήκες.

Τέτοια οχήματα βρίσκονται ήδη σε δοκιμαστικό στάδιο από εταιρείες όπως Google, Tesla, Uber, Audi, BMW, και άλλες, με πολύ ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

B1. Είχατε ακούσει για τα αυτόνομα οχήματα πριν λάβετε μέρος σε αυτή την έρευνα;

- ☐ Ναι ☐ Όχι

B2. Πόσα χρήματα πιστεύετε θα κοστίζει σε δέκα χρόνια ένα πλήρως αυτόνομο μέσο όχημα;

- ☐ Κάτω από 10.000€ ☐ 10.000€ έως 30.000€ ☐ Πάνω από 30.000€

B3. Πόσο σημαντική είναι για εσάς η δυνατότητα ο οδηγός να μπορεί να αναλάβει τον έλεγχο του οχήματος ανά πάσα στιγμή;

- ☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

B4. Πιστεύετε ότι τα αυτόνομα οχήματα θα είναι πιο ασφαλή, λιγότερο ασφαλή, ή το ίδιο ασφαλή με οχήματα που έχουν οδηγό;

- ☐ Πιο ασφαλή ☐ Το ίδιο ☐ Λιγότερο ασφαλή

B5. Πόσο άνετα θα αισθάνεστε με την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους;

- ☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

B6. Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω εν δυνάμει θετικά χαρακτηριστικά ενός αυτόνομου οχήματος;

- Λιγότερα ή και καθόλου ατυχήματα

- ☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Η δυνατότητα οι επιβάτες να απασχολούνται με άλλες δραστηριότητες εν κινήσει

- ☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Διευκόλυνση στη μετακίνηση ηλικιωμένων, ατόμων με αναπηρία, και άλλων ευπαθών ομάδων

- ☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Φιλικό προς το περιβάλλον με μηδενική εκπομπή ρύπων (ηλεκτροκίνηση)

- ☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Μικρότερο κόστος μετακίνησης (ηλεκτρικό ρεύμα πιο φθηνό από πετρέλαιο/βενζίνη)

- ☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

B7. **Πόσο σημαντικά** είναι για σας τα παρακάτω εν δυνάμει **αρνητικά** χαρακτηριστικά ενός αυτόνομου οχήματος;

- Μεγαλύτερο κόστος αντικατάστασης εξαρτημάτων σε περίπτωση βλάβης

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Προβλήματα στο λογισμικό ή στη βάση δεδομένων (π.χ χάρτες δρόμων)

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Απαγορευτική τιμή αγοράς οχήματος (σε σχέση με τα τωρινά οχήματα)

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Ευάλωτο σε επιθέσεις από χάκερς ως προς τον έλεγχο του οχήματος ή/και υποκλοπή προσωπικών δεδομένων (πχ η τοποθεσία του αυτοκινήτου)

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

B8. **Πόσο σημαντικά** είναι για σας τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα αυτόνομο όχημα;

- Εμφάνιση

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Υψηλή ταχύτητα

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Άνεση στο εσωτερικό

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Ενεργητική και παθητική ασφάλεια (συστήματα ESP, ABS, αερόσακοι, σκελετός αυτοκινήτου κλπ)

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Προσιτή τιμή

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

- Χαμηλή κατανάλωση

☐ Καθόλου ☐ Λίγο ☐ Αρκετά ☐ Πολύ

B9. Θα ταξιδεύατε περισσότερο, το ίδιο ή λιγότερο με ένα αυτόνομο όχημα;

☐ Περισσότερο ☐ Το ίδιο ☐ Λιγότερο

B10. Με τι πιστεύετε ότι θα ασχολείστε όταν βρίσκεστε σε ένα αυτόνομο όχημα; (μπορείτε να επιλέξετε πάνω από μία απάντηση)

☐ Με το κινητό

☐ Ύπνος

☐ Χαλάρωση (μουσική, διάβασμα, απόλαυση της διαδρομής)

☐ Με θέματα δουλειάς

- ☐ Συζήτηση με συνεπιβάτες
- ☐ Θα ήμουν ανήσυχος

Τρίτο Μέρος

Υποθέτουμε ότι σε 20 χρόνια τα αυτόνομα οχήματα θα κυκλοφορούν στους δρόμους παράλληλα με αυτοκίνητα όπως τα γνωρίζουμε σήμερα.

Γ1. Θα αγοράζατε ένα αυτόνομο όχημα;

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

Γ2. Πόσο θα ήσασταν διατεθειμένοι να πληρώσετε για την αγορά ενός αυτόνομου οχήματος;

- ☐ Κάτω από 10.000€
- ☐ 10.000€ έως 30.000€
- ☐ Πάνω από 30.000€

Γ3. Θα αγοράζατε ένα αυτόνομο όχημα μέσα στον πρώτο χρόνο από την κυκλοφορία τους ή θα περιμένατε περισσότερα χρόνια;

- ☐ Θα αγόραζα μέσα στον πρώτο χρόνο
- ☐ Θα περίμενα μέχρι να αισθανόμουν άνετα
- ☐ Θα αγόραζα μόνο αν δεν είχα την επιλογή αγοράς παραδοσιακών αυτοκινήτων
- ☐ Δεν θα αγόραζα ποτέ

Με βάση ορισμένα σενάρια που βασίζονται σε τρεις παραμέτρους (**κόστος**, **ασφάλεια**, και **χρόνος**) ζητείται να επιλέξετε μεταξύ τριών εναλλακτικών προτάσεων. Τα χαρακτηριστικά των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται στα σενάρια είναι τα εξής:

Χρόνος (λεπτά)

Περιγράφει τον συνολικό χρόνο για μετακίνηση από και προς τη δουλειά από τον τόπο κατοικίας. Τα διαφορετικά σενάρια λαμβάνουν υπόψιν τη μετακίνηση σε ειδικές λωρίδες κυκλοφορίας και την εύρεση χώρου στάθμευσης.

Κόστος (€)

Τα διαφορετικά σενάρια λαμβάνουν υπόψιν το κόστος λειτουργίας (καυσίμων/ρεύματος), απόκτησης, τελών κυκλοφορίας, ασφάλιστρων, και χώρου στάθμευσης.

Ασφάλεια (Πολύ Υψηλή, Υψηλή, Μεσαία, Χαμηλή, Πολύ Χαμηλή)

Πολύ Υψηλή ασφάλεια περιγράφει όχημα που πολύ δύσκολα θα βρεθεί σε συνθήκες ατυχήματος. Αντίστοιχα, *Πολύ Χαμηλή* περιγράφει όχημα που εύκολα θα βρεθεί σε συνθήκες ατυχήματος.

Για καθένα από τα παρακάτω 8 σενάρια που αφορούν **διαδρομή από το σπίτι στο χώρο εργασίας κανονικής διάρκειας 60 λεπτών μετ' επιστροφής** κυκλώστε τον τύπο αυτοκινήτου που θα προτιμούσατε:

Σ1	Παραδοσιακό	Ημι-αυτόνομο	Πλήρως αυτόνομο
Κόστος €	30	30	40
Χρόνος (λεπτά)	60	40	30
Ασφάλεια	Πολύ Χαμηλή	Μεσαία	Πολύ Υψηλή

Σ2	Παραδοσιακό	Ημι-αυτόνομο	Πλήρως αυτόνομο
Κόστος €	30	40	50
Χρόνος (λεπτά)	50	50	60
Ασφάλεια	Χαμηλή	Μεσαία	Πολύ Υψηλή

Σ3	Παραδοσιακό	Ημι-αυτόνομο	Πλήρως αυτόνομο
Κόστος €	40	30	30
Χρόνος (λεπτά)	40	50	40
Ασφάλεια	Χαμηλή	Μεσαία	Υψηλή

Σ4	Παραδοσιακό	Ημι-αυτόνομο	Πλήρως αυτόνομο
Κόστος €	30	30	40
Χρόνος (λεπτά)	50	50	40
Ασφάλεια	Πολύ Χαμηλή	Μεσαία	Πολύ Υψηλή

Σ5	Παραδοσιακό	Ημι-αυτόνομο	Πλήρως αυτόνομο
Κόστος €	40	40	30
Χρόνος (λεπτά)	30	50	60
Ασφάλεια	Χαμηλή	Μεσαία	Πολύ Υψηλή

Σ6	Παραδοσιακό	Ημι-αυτόνομο	Πλήρως αυτόνομο
Κόστος €	30	40	60
Χρόνος (λεπτά)	50	40	30
Ασφάλεια	Μεσαία	Υψηλή	Μεσαία

Σ7	Παραδοσιακό	Ημι-αυτόνομο	Πλήρως αυτόνομο
Κόστος €	40	30	20
Χρόνος (λεπτά)	60	50	40
Ασφάλεια	Υψηλή	Μεσαία	Χαμηλή

Σ8	Παραδοσιακό	Ημι-αυτόνομο	Πλήρως αυτόνομο
Κόστος €	40	30	30
Χρόνος (λεπτά)	60	50	30
Ασφάλεια	Μεσαία	Μεσαία	Υψηλή

Τέταρτο Μέρος

Δ1. Φύλο

☐ Άνδρας ☐ Γυναίκα

Δ2. Ηλικία

☐ 18-24 ☐ 25-34 ☐ 35-54 ☐ > 55

Δ3. Οικογενειακή κατάσταση

☐ Ανύπαντρος ☐ Παντρεμένος ☐ Αριθμός τέκνων _____

Δ4. Επάγγελμα

☐ Φοιτητής ☐ Ελ. Επαγγελματίας/Ιδιωτικός υπάλληλος
☐ Δημόσιος υπάλληλος ☐ Άνεργος ☐ Οικιακά

Δ5. Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα

☐ Έως 10.000€ ☐ 10.000 έως 25.000€ ☐ Πάνω από 25.000€

Δ6. Μορφωτικό επίπεδο

☐ Γυμνάσιο ☐ Λύκειο ☐ ΑΕΙ ☐ ΤΕΙ/ΙΕΚ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στατιστική κατανομή στις απαντήσεις του ερωτηματολογίου συμπεριλαμβανομένης της κατανομής στην ερώτηση «Θα αγοράζατε αυτόνομο όχημα»

A1. Έχετε δίπλωμα αυτοκινήτου;

Ναι	Όχι
100,00%	0,00%

A2. Πόσα χρόνια οδηγείτε αυτοκίνητο;

	Λιγότερα από 5 χρόνια	5 έως 10 χρόνια	Περισσότερα από 10 χρόνια
Όχι	7%	11%	11%
Ναι	21%	23%	27%
Σύνολο	28%	34%	38%

A3. Ο κυριότερος λόγος που χρησιμοποιείτε το αυτοκίνητο είναι:

	Επαγγελματικός	Αναψυχής	Άλλο
Όχι	18%	8%	3%
Ναι	46%	21%	4%
Σύνολο	64%	29%	7%

A4. Πόσες ώρες οδηγείτε καθημερινά;

	Λιγότερο από 1 ώρα	1 έως 3 ώρες	Περισσότερο από 3 ώρες
Όχι	16%	10%	3%
Ναι	36%	32%	3%
Σύνολο	52%	42%	6%

A5. Χρησιμοποιείτε Μέσα Μαζικής Μεταφοράς και πόσο συχνά (την βδομάδα);

	Πολύ συχνά	Συχνά	Ποτέ
Όχι	4%	6%	19%
Ναι	8%	14%	49%
Σύνολο	12%	20%	68%

A6. Ποιο είναι το κόστος αγοράς του αυτοκινήτου σας;

	<10.000€ / Δεν έχω δικό μου	>10,000€
Όχι	16%	13%
Ναι	44%	26%
Σύνολο	60%	40%

A7. Έχετε εμπλακεί ποτέ ο ίδιος σε ατύχημα με θύματα (τραυματίες, νεκροί) με το αυτοκίνητο σας;

	Ναι	Όχι
Όχι	1%	28%
Ναι	4%	67%
Σύνολο	5%	95%

A8. Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα αυτοκίνητο;

- Ενεργητική και παθητική ασφάλεια

	Λίγο	Πολύ
Όχι	0%	29%
Ναι	1%	70%
Σύνολο	1%	99%

- Εμφάνιση

	Λίγο	Πολύ
Όχι	5%	24%
Ναι	19%	52%
Σύνολο	24%	76%

- Υψηλή ταχύτητα

	Λίγο	Πολύ
Όχι	18%	11%
Ναι	44%	27%
Σύνολο	62%	38%

- Άνεση στο εσωτερικό ή/και στην οδήγηση

	Λίγο	Πολύ
Όχι	1%	29%
Ναι	4%	67%
Σύνολο	5%	95%

- Συστήματα υποστήριξης οδηγού (GPS, υποβοήθηση στάθμευσης, οθόνη, σύνδεση με smartphone, κλπ)

	Λίγο	Πολύ
Όχι	18%	11%
Ναι	24%	47%
Σύνολο	42%	58%

- Προσιτή τιμή

	Λίγο	Πολύ
Όχι	2%	27%
Ναι	5%	66%
Σύνολο	7%	93%

- Χαμηλή κατανάλωση

	Λίγο	Πολύ
Όχι	2%	27%
Ναι	4%	67%
Σύνολο	6%	94%

A10. Πως θα χαρακτηρίζατε τη σχέση σας με την τεχνολογία;

- Χρησιμοποιώ ίντερνέτ

	Λίγο	Πολύ
Όχι	1%	29%
Ναι	1%	69%
Σύνολο	2%	98%

- Χρησιμοποιώ smartphones/tablets

	Λίγο	Πολύ
Όχι	2%	27%
Ναι	8%	63%
Σύνολο	10%	90%

- Παρακολουθώ τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις

	Λίγο	Πολύ
Όχι	10%	19%
Ναι	17%	54%
Σύνολο	27%	73%

B1. Είχατε ακούσει για τα αυτόνομα οχήματα πριν λάβετε μέρος σε αυτή την έρευνα;

	Ναι	Όχι
Όχι	21%	8%
Ναι	60%	11%
Σύνολο	81%	19%

B2. Πόσα χρήματα πιστεύετε θα κοστίζει σε δέκα χρόνια ένα πλήρως αυτόνομο μέσο όχημα;

	<10.000€	10.000-30.000€	>30.000€
Όχι	3%	13%	14%
Ναι	4%	38%	28%
Σύνολο	7%	51%	42%

B3. Πόσο σημαντική είναι για εσάς η δυνατότητα ο οδηγός να μπορεί να αναλάβει τον έλεγχο του οχήματος ανά πάσα στιγμή;

	Λίγο	Πολύ
Όχι	1%	29%
Ναι	0,00%	70%
Σύνολο	1%	99%

B4. Πιστεύετε ότι τα αυτόνομα οχήματα θα είναι πιο ασφαλή, λιγότερο ασφαλή, ή το ίδιο ασφαλή με οχήματα που έχουν οδηγό;

	Πιο ασφαλή	Το ίδιο	Λιγότερο ασφαλή
Όχι	3%	11%	15%
Ναι	41%	16%	13%
Σύνολο	44%	27%	29%

B5. Πόσο άνετα θα αισθάνεστε με την κυκλοφορία αυτόνομων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και ταξί στους δρόμους;

	Λίγο	Πολύ
Όχι	22%	7%
Ναι	25%	46%
Σύνολο	47%	53%

B6. Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω εν δυνάμει θετικά χαρακτηριστικά ενός αυτόνομου οχήματος;

- Λιγότερα ή και καθόλου ατυχήματα

	Λίγο	Πολύ
Όχι	3%	26%
Ναι	4%	67%
Σύνολο	7%	93%

- Η δυνατότητα οι επιβάτες να απασχολούνται με άλλες δραστηριότητες εν κινήσει

	Λίγο	Πολύ
Όχι	17%	12%
Ναι	33%	39%
Σύνολο	50%	50%

- Διευκόλυνση στη μετακίνηση ηλικιωμένων, ατόμων με αναπηρία, και άλλων ευπαθών ομάδων

	Λίγο	Πολύ
Όχι	1%	28%
Ναι	1%	70%
Σύνολο	2%	98%

- Φιλικό προς το περιβάλλον με μηδενική εκπομπή ρύπων (ηλεκτροκίνηση)

	Λίγο	Πολύ
Όχι	3%	26%
Ναι	3%	67%
Σύνολο	6%	93%

- Μικρότερο κόστος μετακίνησης (ηλεκτρικό ρεύμα πιο φθηνό από πετρέλαιο/βενζίνη)

	Λίγο	Πολύ
Όχι	3%	25%
Ναι	3%	69%
Σύνολο	6%	94%

B7. Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω εν δυνάμει αρνητικά χαρακτηριστικά ενός αυτόνομου οχήματος;

- Μεγαλύτερο κόστος αντικατάστασης εξαρτημάτων σε περίπτωση βλάβης

	Λίγο	Πολύ
Όχι	1%	28%
Ναι	12%	59%
Σύνολο	13%	87%

- Προβλήματα στο λογισμικό ή στη βάση δεδομένων (π.χ χάρτες δρόμων)

	Λίγο	Πολύ
Όχι	3%	26%
Ναι	14%	57%
Σύνολο	17%	83%

- Απαγορευτική τιμή αγοράς οχήματος (σε σχέση με τα τωρινά οχήματα)

	Λίγο	Πολύ
Όχι	1%	28,50%
Ναι	8%	62,50%
Σύνολο	9%	91,00%

- Ευάλωτο σε επιθέσεις από χάκερς ως προς τον έλεγχο του οχήματος ή/και υποκλοπή προσωπικών δεδομένων (πχ η τοποθεσία του αυτοκινήτου)

	Λίγο	Πολύ
Όχι	3%	26%
Ναι	10%	61%
Σύνολο	13%	87%

B8. Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα αυτόνομο όχημα;

- Εμφάνιση

	Λίγο	Πολύ
Όχι	12%	17%
Ναι	22%	49%
Σύνολο	34%	66%

- Υψηλή ταχύτητα

	Λίγο	Πολύ
Όχι	22%	8%
Ναι	41%	29%
Σύνολο	63%	37%

- Άνεση στο εσωτερικό

	Λίγο	Πολύ
Όχι	2%	27%
Ναι	2%	69%
Σύνολο	4%	96%

- Ενεργητική και παθητική ασφάλεια (συστήματα ESP, ABS, αερόσακοι, σκελετός αυτοκινήτου κλπ)

	Λίγο	Πολύ
Όχι	1%	28%
Ναι	1%	70%
Σύνολο	2%	98%

- Προσιτή τιμή

	Λίγο	Πολύ
Όχι	0,70%	28,50%
Ναι	3,50%	67,40%
Σύνολο	4,20%	95,80%

- Χαμηλή κατανάλωση

	Λίγο	Πολύ
Όχι	2%	27%
Ναι	6%	65%
Σύνολο	8%	92%

B9. Θα ταξιδεύατε περισσότερο, το ίδιο ή λιγότερο με ένα αυτόνομο όχημα;

	Περισσότερο	Το ίδιο	Λιγότερο
Όχι	2%	20%	7%
Ναι	13%	54%	4%
Σύνολο	15%	74%	11%

Γ2. Πόσο θα ήσασταν διατεθειμένοι να πληρώσετε για την αγορά ενός αυτόνομου οχήματος;

	<10.000€	10.000-30.000€	>30.000€
Όχι	12%	17%	0,00%
Ναι	8%	55%	8%
Σύνολο	20%	72%	8%

Δ1. Φύλο

	Ανδρας	Γυναίκα
Όχι	19%	10%
Ναι	47%	24%
Σύνολο	66%	34%

Δ2. Ηλικία

	18-34	>34
Όχι	23%	6%
Ναι	51%	20%
Σύνολο	74%	26%

	18-24	>24
Όχι	6%	23%
Ναι	15%	56%
Σύνολο	21%	79%

Δ3. Οικογενειακή κατάσταση

	Ανύπαντρος	Παντρεμένος
Όχι	23%	6%
Ναι	49%	22%
Σύνολο	72%	28%

Δ4. Επάγγελμα

	Φοιτητής	Ελ. Επαγγελματίας / Ιδιωτικός Υπάλληλος	Δημόσιος Υπάλληλος	Άνεργος
Όχι	8%	17%	1%	3%
Ναι	16%	34%	13%	8%
Σύνολο	24%	51%	14%	11%

Δ5. Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα

	<10.000€	10.000-25.000€	>25.000€
Όχι	11%	11%	6%
Ναι	26%	23%	23%
Σύνολο	37%	34%	29%

Δ6. Μορφωτικό επίπεδο

	Λύκειο	ΑΕΙ	ΤΕΙ/ΙΕΚ
Όχι	4%	19%	7%
Ναι	7%	53%	10%
Σύνολο	11%	72%	17%

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Ο κώδικας της πολυωνυμικής λογιστικής ανάλυσης στο R-Studio


```

library(mlogit)

####metasximatismos data

data1<-data[complete.cases(data),]

data1$choice<-as.factor(data1$choice)

data2<- mlogit.data(data1, shape = "wide", choice = "choice", varying = 3:11,
                    sep = "", alt.levels = c(1, 2, 3), id = "choice_id")

##D28=ano ton 24, D27=18 os 24
data2$D2[data2$D2>1]<-8
data2$D2[data2$D2<=1]<-7
##A47=kato apo 1 ora, A48=pano apo mia ora
data2$A4[data2$A4>1]<-8
data2$A4[data2$A4<=1]<-7
##X8=Arketa+Poli, X7=Katholou+Ligo
data2$A8a[data2$A8a>2]<-8
data2$A8a[data2$A8a<=2]<-7
data2$A8b[data2$A8b>2]<-8
data2$A8b[data2$A8b<=2]<-7
data2$A8c[data2$A8c>2]<-8
data2$A8c[data2$A8c<=2]<-7
data2$A8d[data2$A8d>2]<-8
data2$A8d[data2$A8d<=2]<-7
data2$A8e[data2$A8e>2]<-8
data2$A8e[data2$A8e<=2]<-7
data2$A8f[data2$A8f>2]<-8
data2$A8f[data2$A8f<=2]<-7
data2$A8g[data2$A8g>2]<-8
data2$A8g[data2$A8g<=2]<-7
data2$A10a[data2$A10a>2]<-8

```

data2\$A10a[data2\$A10a<=2]<-7
 data2\$A10b[data2\$A10b>2]<-8
 data2\$A10b[data2\$A10b<=2]<-7
 data2\$A10c[data2\$A10c>2]<-8
 data2\$A10c[data2\$A10c<=2]<-7
 data2\$B3[data2\$B3>2]<-8
 data2\$B3[data2\$B3<=2]<-7
 data2\$B5[data2\$B5>2]<-8
 data2\$B5[data2\$B5<=2]<-7
 data2\$B6a[data2\$B6a>2]<-8
 data2\$B6a[data2\$B6a<=2]<-7
 data2\$B6b[data2\$B6b>2]<-8
 data2\$B6b[data2\$B6b<=2]<-7
 data2\$B6c[data2\$B6c>2]<-8
 data2\$B6c[data2\$B6c<=2]<-7
 data2\$B6d[data2\$B6d>2]<-8
 data2\$B6d[data2\$B6d<=2]<-7
 data2\$B6e[data2\$B6e>2]<-8
 data2\$B6e[data2\$B6e<=2]<-7
 data2\$B7a[data2\$B7a>2]<-8
 data2\$B7a[data2\$B7a<=2]<-7
 data2\$B7b[data2\$B7b>2]<-8
 data2\$B7b[data2\$B7b<=2]<-7
 data2\$B7c[data2\$B7c>2]<-8
 data2\$B7c[data2\$B7c<=2]<-7
 data2\$B7d[data2\$B7d>2]<-8
 data2\$B7d[data2\$B7d<=2]<-7
 data2\$B8a[data2\$B8a>2]<-8
 data2\$B8a[data2\$B8a<=2]<-7
 data2\$B8b[data2\$B8b>2]<-8
 data2\$B8b[data2\$B8b<=2]<-7
 data2\$B8c[data2\$B8c>2]<-8
 data2\$B8c[data2\$B8c<=2]<-7

```

data2$B8d[data2$B8d>2]<-8
data2$B8d[data2$B8d<=2]<-7
data2$B8e[data2$B8e>2]<-8
data2$B8e[data2$B8e<=2]<-7
data2$B8f[data2$B8f>2]<-8
data2$B8f[data2$B8f<=2]<-7

```

```

data2$A1<-as.factor(data2$A1)
data2$A2<-as.factor(data2$A2)
data2$A3<-as.factor(data2$A3)
data2$A4<-as.factor(data2$A4)
data2$A5<-as.factor(data2$A5)
data2$A6<-as.factor(data2$A6)
data2$A7<-as.factor(data2$A7)
data2$A8a<-as.factor(data2$A8a)
data2$A8b<-as.factor(data2$A8b)
data2$A8c<-as.factor(data2$A8c)
data2$A8d<-as.factor(data2$A8d)
data2$A8e<-as.factor(data2$A8e)
data2$A8f<-as.factor(data2$A8f)
data2$A8g<-as.factor(data2$A8g)
data2$A10a<-as.factor(data2$A10a)
data2$A10b<-as.factor(data2$A10b)
data2$A10c<-as.factor(data2$A10c)
data2$B1<-as.factor(data2$B1)
data2$B2<-as.factor(data2$B2)
data2$B3<-as.factor(data2$B3)
data2$B4<-as.factor(data2$B4)
data2$B5<-as.factor(data2$B5)
data2$B6a<-as.factor(data2$B6a)
data2$B6b<-as.factor(data2$B6b)
data2$B6c<-as.factor(data2$B6c)
data2$B6d<-as.factor(data2$B6d)

```

```

data2$B6e<-as.factor(data2$B6e)
data2$B7a<-as.factor(data2$B7a)
data2$B7b<-as.factor(data2$B7b)
data2$B7c<-as.factor(data2$B7c)
data2$B7d<-as.factor(data2$B7d)
data2$B8a<-as.factor(data2$B8a)
data2$B8b<-as.factor(data2$B8b)
data2$B8c<-as.factor(data2$B8c)
data2$B8d<-as.factor(data2$B8d)
data2$B8e<-as.factor(data2$B8e)
data2$B8f<-as.factor(data2$B8f)
data2$B9<-as.factor(data2$B9)
data2$B10<-as.factor(data2$B10)
data2$C1<-as.factor(data2$C1)
data2$C2<-as.factor(data2$C2)
data2$C3<-as.factor(data2$C3)
data2$D1<-as.factor(data2$D1)
data2$D2<-as.factor(data2$D2)
data2$D3<-as.factor(data2$D3)
data2$D4<-as.factor(data2$D4)
data2$D5<-as.factor(data2$D5)
data2$D6<-as.factor(data2$D6)
data2$safety<-as.factor(data2$safety)
data2$time<-as.numeric(data2$time)
data2$cost<-as.numeric(data2$cost)

```

```
##Candidate_3
```

```

model1<-mlogit(choice ~ cost+time+safety|A2+A4+A8e+B6a+D2+D5, panel=TRUE,
rpar = c("1:(intercept)"="n","2:(intercept)"="u",time ="n"), reflevel="3", R=100,
halton=NA, data2)
summary(model1)

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

Πίνακες στατιστικής κατανομής

Ποσοστιαία κατανομή του κόστους αγοράς αυτοκινήτου ανά ομάδα ηλικιών:

	< 10.000€ / Δεν έχω	> 10.000€
18 έως 34	70%	30%
> 34	34%	66%

Ποσοστιαία κατανομή του εισοδήματος ανά ομάδα ηλικιών:

	< 10.000€	10.000 - 25.000€	> 25.000€
18 έως 34	45%	35%	20,00%
> 34	17%	33%	50,00%

Ποσοστιαία κατανομή των χρόνων οδήγησης ανά ομάδα ηλικιών:

	< 5 χρόνια	5 έως 10 χρόνια	> 10 χρόνια
18 έως 34	38%	44%	18%
> 34	3%	5%	92%

Ποσοστιαία κατανομή ανά ομάδα ηλικιών για την άποψη των ερωτηθέντων ως προς την ασφάλεια των αυτόνομων οχημάτων σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα:

	Πιο ασφαλή	Το ίδιο	Λιγότερο ασφαλή
18 έως 34	47%	21%	32%
> 34	38%	43%	19%