



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΡΕΥΝΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΤΩΝ ΙΠΤΑΜΕΝΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Γιώργος Πρίφτης

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

Αθήνα, 2019

Ευχαριστίες

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

Επιπλέον οφείλω να ευχαριστήσω εξίσου θερμά την Αρμίρα Κονταξή, υποψήφια Διδάκτορα Ε.Μ.Π., για τις συμβουλές και τις παραγωγικές υποδείξεις της πάνω σε σημαντικά θέματα της Διπλωματικής Εργασίας, καθώς και το εξαιρετικό κλίμα συνεργασίας που διαμόρφωσε.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την υποστήριξη που μου προσέφεραν καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Μάρτιος 2020

Γιώργος Πρίφτης

Έρευνα αποδοχής των Ιπτάμενων Αυτόνομων Οχημάτων στην Ελλάδα

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

Σύνοψη

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της αποδοχής των **ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων στην Ελλάδα**, καθώς και ο εντοπισμός των βασικότερων παραγόντων που επηρεάζουν την αποδοχή αυτή. Για τη συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης και υποθετικά σενάρια κόστους, χρόνου, και άνεσης ταξιδιού, τα οποία συμπεριελήφθησαν σε ένα ειδικά σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο που απάντησαν 193 μετακινούμενοι. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκαν μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης (πολυωνυμικό και διωνυμικό) από τα οποία εξήχθησαν οι συναρτήσεις χρησιμότητας που περιγράφουν με μαθηματικό τρόπο τη συμπεριφορά των Ελλήνων απέναντι στα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η τάση αποδοχής τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το κόστος, τον χρόνο, την άνεση, τις απόψεις, συνήθειες και δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτηθέντων. Όσο γρηγορότερη και φθηνότερη είναι η μετακίνηση και όσο μεγαλύτερη η τεχνολογική συνείδηση των μετακινούμενων, τόσο περισσότεροι προτιμούν τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα.

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

Investigation of Flying Autonomous Vehicles traveller acceptance in Greece

George Priftis

Supervisor: George Yannis, Professor, NTUA

Abstract

The objective of the present Diploma Thesis is to investigate traveller acceptance of Flying Autonomous Vehicles in Greece, as well as the identification of the most significant factors affecting that decision. On that purpose, a questionnaire-based stated-preference survey was carried out including hypothetical scenarios of cost, time, and comfort, answered by 193 travellers. Logistic regression (multinomial and binary) were developed and through the respective utility functions, a mathematical description of the drivers' attitude towards autonomous vehicles was extracted. Results show that the acceptance mostly depends on the cost, time, comfort, choices, habits and demographics of Greek travellers. Faster and cheaper trips together with higher technology culture lead to higher acceptance of flying autonomous vehicles.

Keywords: flying autonomous vehicles, logistic regression, multinomial logistic model, binary logistic model, stated-preference

Περίληψη

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της αποδοχής των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων στην Ελλάδα**, καθώς και η **πρόθεση χρήσης** αυτών των οχημάτων, ενώ, παράλληλα, καταγράφηκαν οι απόψεις των Ελλήνων για τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα και τα πιθανά χαρακτηριστικά τους αλλά και για την τεχνολογική τους συνείδηση.

Για τον σκοπό αυτό αναζητήθηκε βιβλιογραφία σχετική με το αντικείμενο της έρευνας σε διεθνές επίπεδο. Ταυτόχρονα, αποφασίστηκε η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων να πραγματοποιηθεί μέσω **ερωτηματολογίου**, στο οποίο συμπεριελήφθησαν δέκα σενάρια σύμφωνα με τη μέθοδο της **δεδηλωμένης προτίμησης** από τα οποία οι ερωτηθέντες έπρεπε να επιλέξουν μεταξύ τριών εναλλακτικών: Ι.Χ., ταξί και ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.

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 χρήσης ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων. Τα μαθηματικά μοντέλα που προέκυψαν από τις αναλύσεις αυτές παρατίθενται παρακάτω:

Πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση

Συνάρτηση επιλογής **ταξί**:

$$U2 = -0,081 * time - 0,104 * cost - 0,393 * comfort - 2,588 * C23 - 0,566 * D43 - 0,580 * D44 - 1,392 * A345 + 0,486 * C1$$

Συνάρτηση επιλογής **ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος**:

$$U3 = 2,268 - 0,081 * time - 0,104 * cost - 0,393 * comfort - 0,522 * C22 - 0,683 * D42 - 0,830 * D43 - 0,595 * D44 - 1,096 * A342 - 2,157 * A343 - 1,932 * A344 - 1,645 * A345 - 0,820 * B33 + 2,145 * C1 - 1,568 * A413 - 2,209 * A416 - 0,883 * D24$$

Τα αποτελέσματα του μοντέλου φαίνονται στον πίνακα της επόμενης σελίδας:

Περιεχόμενα

Μεταβλητές	Επιλογή Ταξί			Επιλογή Ιπτάμενου Αυτόνομου Οχήματος		
	Συντελεστές	P-Value	Odds Ratio	Συντελεστές	P-Value	Odds Ratio
Σταθερός όρος				2,268	0,003	
Χρόνος	-0,081	<0,001	0,92	-0,081	<0,001	0,92
Κόστος	-0,104	<0,001	0,9	-0,104	<0,001	0,9
Άνεση	-0,393	<0,001	0,68	-0,393	<0,001	0,68
Χρήση ΙΑΟ μόνο χωρίς επιλογή χρήσης ταξί	-2,588	0,02	0,08			
Θα περίμεναν μέχρι να αισθανθούν άνετα για χρήση ΙΑΟ				-0,522	0,008	0,59
Νοικοκυριό 2 ατόμων				-0,683	0,001	0,51
Νοικοκυριό 3 ατόμων	-0,566	0,028	0,57	-0,83	<0,001	0,44
Νοικοκυριό 4 ατόμων	-0,58	0,012	0,56	-0,595	0,004	0,55
Λίγο σημαντική η άνεση κατά την μετακίνηση				-1,096	0,042	0,33
Σημαντική η άνεση κατά την μετακίνηση				-2,157	<0,001	0,12
Αρκετά σημαντική η άνεση κατά την μετακίνηση				-1,932	<0,001	0,14
Πολύ σημαντική η άνεση κατά την μετακίνηση	-1,392	0,033	0	-1,645	0,001	0,19
Θεωρούν τα ΙΑΟ λιγότερο ασφαλή έναντι των κοινών οχημάτων				-0,82	<0,001	0,44
Θα χρησιμοποιούσαν ΙΑΟ	0,486	0,047	1,63	2,145	<0,001	8,54
Ούτε τους προκαλούν, ούτε δεν τους προκαλούν ενθουσιασμό οι δυνατότητες της τεχνολογίας				-1,568	0,004	0,21
Δεν γνωρίζουν αν τους προκαλούν ενθουσιασμό οι δυνατότητες της τεχνολογίας				-2,209	0,002	0,11
Ηλικία άνω των 55 ετών				-0,883	0,005	0,41

Πίνακας 6.1: Μοντέλο επιλογής μέσου –Συναρτήσεις χρησιμότητας ταξί-ΙΑΟ.

Πρόθεση μελλοντικής χρήσης ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος είναι:

$$\begin{aligned}
 U = & 2,909 * A442 + 1,102 * A443 + 2,245 * A422 + 2,158 * A423 + 3,569 * A424 - 3,886 \\
 & * B73 - 0,843 * B86 - 0,728 * D22 - 2,260 * D23 - 0,793 * A23 - 1,180 * A24 \\
 & + 2,816 * A323 + 4,305 * A324 + 2,619 * A325 + 1,224 * D52
 \end{aligned}$$

Τα αποτελέσματα του μοντέλου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Μεταβλητές	Πρόθεση χρήσης Ιπτάμενου Αυτόνομου Οχήματος		
	Συντελεστές	P-Value	Odds Ratio
Η νέα τεχνολογία ΔΕΝ προκαλεί περισσότερα προβλήματα από όσα λύνει	2,909	<0,001	18,34
Ούτε συμφωνώ, ούτε διαφωνώ με την πρόταση "Η νέα τεχνολογία προκαλεί περισσότερα προβλήματα από όσα λύνει"	1,102	0,007	3,01
Σπάνια χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα παρόλο που είναι ακριβά	2,245	<0,001	9,44
Μερικές φορές χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα παρόλο που είναι ακριβά	2,158	<0,001	8,65
Συχνά χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα παρόλο που είναι ακριβά	3,569	<0,001	35,48
Θα ταξίδευα λιγότερο με ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα	-3,886	<0,001	0,02
Θα ήμουν ανήσυχος μέσα σε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα	-0,843	0,003	0,43
Ηλικία μεταξύ 25-34 ετών	-0,728	0,044	0,48
Ηλικία μεταξύ 35-54 ετών	-2,26	<0,001	0,1
Συνδυασμός διαφόρων μέσων κατά την μετακίνηση μου	-0,793	0,041	0,45
Δεν χρησιμοποιώ Ι.Χ. ή ταξί ή συνδυασμό διαφόρων μέσων κατά την μετακίνηση μου	-1,18	0,005	0,31
Η διάρκεια είναι σημαντική κατά την μετακίνηση μου	2,816	<0,001	16,71
Η διάρκεια είναι αρκετά σημαντική κατά την μετακίνηση μου	4,305	<0,001	74,07
Η διάρκεια είναι πολύ σημαντική κατά την μετακίνηση μου	2,619	0,002	13,72
Οικογενειακό εισόδημα μεταξύ 10.000-25.000 ευρώ	1,224	<0,001	3,4

Πίνακας 6.2: Μοντέλο πρόθεσης χρήσης ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος και συνάρτηση χρησιμότητας

Περιεχόμενα

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

- Οι Έλληνες στην πλειοψηφία τους φαίνεται να διατηρούν μια απόμακρη στάση από την επιλογή χρήσης ταξί για τις μετακινήσεις τους, αλλά **εμφανίζονται θετικοί ως προς τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα**, όταν αυτά γίνουν φθηνά και ασφαλή. Ειδικότερα, όσο εξοικονομείται χρόνος στις μετακινήσεις η πιθανότητα μελλοντικής επιλογής ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων αυξάνεται και για χαμηλά κόστη ξεπερνάει και εκείνη της επιλογής Ι.Χ.
- Η επιλογή ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος εξαρτάται από το **κόστος, τον χρόνο και το επίπεδο άνεσης** που αυτά προσφέρουν, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τη διεθνή βιβλιογραφία για την επιλογή μέσου μετακίνησης. Κυριότερος ανταγωνιστής των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων φαίνεται να είναι το Ι.Χ. Παρόλα αυτά, όταν ο χρόνος και το κόστος μετακίνησης παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα και ταυτόχρονα η άνεση κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα τότε η πιθανότητα χρήσης των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων ξεπερνά εκείνη της χρήσης Ι.Χ.
- Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η **στάση** που έχουν οι ερωτηθέντες απέναντι στα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα, αφού η συντριπτική πλειοψηφία εκείνων που είχαν θετική άποψη και θεωρούσαν ότι θα χρησιμοποιούσαν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα φάνηκε να επιλέγουν πιο συχνά αυτό το μέσο για τις μετακινήσεις τους.
- Ένα μεγάλο μέρος του δείγματος διατηρεί επιφυλακτική στάση απέναντι στην αποδοχή των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων αφού θεωρεί ότι θα είναι **λιγότερο ασφαλή από τα κοινά οχήματα** της εποχής μας και η πλειοψηφία τους δηλώνει ότι θα περίμενε να αισθανθεί άνετα μέχρι να κάνει χρήση τους. Όσοι ανήκουν σε αυτά τα ποσοστά έχουν περίπου τις μισές πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα έναντι Ι.Χ.
- Τα στατιστικά μοντέλα έδειξαν ότι όσο σημαντικότερη θεωρούν οι ερωτηθέντες την **άνεση** στις μετακινήσεις τους τόσο μειώνονται οι πιθανότητες να επιλέξουν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα έναντι του Ι.Χ τους. Ενδεχομένως αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι οι Έλληνες φαίνεται να συνδυάζουν την άνεση με τη χρήση του δικού τους αυτοκινήτου.
- Όσο περισσότερο σημαντική θεωρούν οι Έλληνες τη **διάρκεια** στις μετακινήσεις τους τόσο αυξάνονται οι πιθανότητες να επιλέξουν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα για αυτές, καταδεικνύοντας ότι τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα ίσως να συμβάλουν σημαντικά στη μείωση της διάρκειας των μετακινήσεων τους.
- Οι Έλληνες που φαίνεται να είναι πιο ψυχροί απέναντι στις δυνατότητες που προσφέρονται από τις **νέες τεχνολογίες** και δεν ενθουσιάζονται εύκολα από αυτές ή είναι αδιάφοροι για αυτές, εμφανίζουν σημαντικά μειωμένες πιθανότητες να επιλέξουν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα για τις μετακινήσεις τους. Αυτό το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο καθώς τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα ενδεχομένως βασίζονται ολοκληρωτικά στην άρτια λειτουργία της τεχνολογίας τους. Έτσι, όσοι δεν διατηρούν στενή επαφή με την εξέλιξη της τεχνολογίας, δυσκολεύονται να δείξουν εμπιστοσύνη σε ένα τέτοιο όχημα.
- Αντίστοιχα, **όσοι χρησιμοποιούν νέα τεχνολογικά προϊόντα**, παρόλο το υψηλό κόστος τους και δείχνουν εμπιστοσύνη στην τεχνολογία θεωρώντας πως προσφέρει

Περιεχόμενα

περισσότερες λύσεις στην καθημερινότητα του ανθρώπου από ότι προβλήματα έχουν περισσότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.

- Οι **μεγαλύτεροι των 55 ετών δηλώνουν χαμηλότερη προτίμηση στα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα** ενώ οι νεότεροι (18-24) φαίνονται πολύ πιο θετικοί απέναντι στην χρήση τους. Ίσως, οι μεγαλύτεροι ηλικιακά άνθρωποι συνήθως δεν έχουν την ευχέρεια και τη διάθεση να ενημερωθούν για τα νέα δρώμενα και παραμένουν περισσότερο πιστοί στις τεχνολογίες που οι ίδιοι γνωρίζουν καλύτερα, στην προκειμένη περίπτωση το Ι.Χ.
- Οι ερωτηθέντες που ανήκουν σε **πολυμελείς οικογένειες** έχουν την τάση να **επιλέγουν σπανιότερα στις μετακινήσεις τους το ιπτάμενο αυτόνομο όχημα**. Αυτό μπορεί ενδεχομένως να εξηγηθεί, αφού συνήθως οι οικογενειάρχες μεγαλύτερων οικογενειών να έχουν αυξημένο αίσθημα ευθύνης απέναντι στις οικογένειες τους και να αποφεύγουν δραστηριότητες και συνθήκες που θεωρούν πιο επικίνδυνες. Αντίστοιχα, τα έξοδα μιας μεγάλης οικογένειας αυξάνονται εκθετικά και για αυτόν το λόγο καταφεύγουν σε πιο οικονομικές λύσεις κατά τις μετακινήσεις τους.
- Το **οικογενειακό εισόδημα** παίζει επίσης ρόλο στην επιλογή των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων. Συγκεκριμένα, όσων το οικογενειακό εισόδημα κυμαίνεται σε μέσα επίπεδα (10.000-25.000 ευρώ), έχουν περισσότερες πιθανότητες να επιλέξουν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα. Το γεγονός αυτό εξηγείται από το ότι οι οικογένειες με χαμηλότερο εισόδημα ίσως να προτιμούν οικονομικότερες λύσεις ενώ εκείνες με υψηλότερο εισόδημα να επιλέγουν τη χρήση και την άνεση του προσωπικού τους αυτοκινήτου.

Περιεχόμενα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Ευχαριστίες.....	3
Investigation of Greek citizens' acceptance of Flying Autonomous Vehicles	6
Περίληψη	viii
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	1
1.1.1 Πλεονεκτήματα.....	2
1.1.2 Ανοικτά ζητήματα.....	2
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	3
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	4
1.4 ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	4
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	6
2.1 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ	6
2.1.1 ΙΠΤΑΜΕΝΑ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	6
2.1.2 ΕΡΕΥΝΕΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΤΟΥ ΚΟΙΝΟΥ	7
2.1.3 ΕΠΙΓΕΙΟ ΚΑΙ ΕΝΑΕΡΙΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ, ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ.....	9
2.2 ΣΥΝΟΨΗ	10
3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	12
3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ	12
3.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ ΜΕ ΑΠΟΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ	13
3.3 ΘΕΩΡΙΑ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ – ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ	14
3.4 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ.....	15
3.4.2 ΠΙΘΑΝΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	15
3.4.3 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ.....	15
3.4.4 ΣΥΝΟΨΗ	15
3.5 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ	16
3.6 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	17
4 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	20
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	20
4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	20

Περιεχόμενα

4.2.1 ΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ.....	20
4.2.2 ΤΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	20
4.2.3 ΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ	21
4.2.4 ΣΥΛΛΟΓΗ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ.....	22
4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	23
4.4 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	25
5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	33
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	33
5.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΟΛΥΩΝΥΜΙΚΗΣ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ.....	33
5.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ R-Studio.....	33
5.2.2 Ο ΚΩΔΙΚΑΣ	34
5.2.3 ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ	37
5.2.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	40
5.2.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	42
5.2.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	45
5.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΔΙΩΝΥΜΙΚΗΣ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	49
5.3.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	49
5.3.2 Ο ΚΩΔΙΚΑΣ	50
5.3.3 ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ	51
5.3.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	53
5.3.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	55
6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	57
6.1 ΣΥΝΟΨΗ	57
6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	59
6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΩΝ ΙΠΤΑΜΕΝΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	60
6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	62
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	64
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	64
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - Ο ΚΩΔΙΚΑΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΤΟ R-STUDIO	79

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται ραγδαία, η ανάπτυξη της υπηρεσίας των MMM παρέχει, σε όλο και περισσότερους χρήστες, αποτελεσματικότερες μετακινήσεις, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μικρότερες απαιτήσεις για θέσεις στάθμευσης, χαμηλότερη ιδιοκτησία αυτοκινήτων, αλλά και μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις εξαιτίας περιορισμού των εκπομπών ρύπων (Baptista et al., 2014). Ταυτόχρονα, τα αυτόνομα οχήματα υπόσχονται ασφαλείς και άνετες μεταφορές κατά την δεκαετία που διανύουμε (Bimbraw, 2015). Αυτή η τάση οδηγεί σε ερευνητικό ενδιαφέρον για τις επίγειες – κοινής χρήσης – αυτόνομες μετακινήσεις (Fagnant & Konkelman, 2014) αλλά πιθανόν και για την εξερεύνηση της τρίτης διάστασης: του εναέριου χώρου. Η τελευταία, αποκτά όλο και μεγαλύτερη προσοχή, εμφανής ιδιαίτερα στην λεγόμενη ερευνητική κοινότητα των «**Αστικών Εναέριων Μετακινήσεων**» (UAM – Urban Air Mobility). Ήδη πολλά διαφορετικά επιχειρηματικά μοντέλα έχουν αρχίσει να προκύπτουν. Η Airbus (2017) παρουσίασε την UAM ως την πιο απαραίτητη κοινής χρήσης μετακίνηση, η οποία θα εξυπηρετείται από **πλήρως ιπτάμενα αυτόνομα**, κάθετης προσγείωσης και απογείωσης, **οχήματα** (VTOL vehicles) για αστικές μεταφορές. Προς το παρόν, αυτό το σενάριο μετακινήσεων περιορίζεται από πολλούς παράγοντες σχετικούς με κανονισμούς, διαθέσιμες υποδομές, εναέριο έλεγχο κυκλοφορίας, περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά κυρίως και κοινωνικής αποδοχής (Vascik, 2017).

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



Εικόνα 0.1.1: Εικόνα από το εσωτερικό ηλεκτρικού ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος της Bell

1 Εισαγωγή

1.1.1 Πλεονεκτήματα

Ασφάλεια

Με βάση στατιστικά στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, το 2018 στους δρόμους ευρωπαϊκών χωρών σημειώθηκαν 25.100 θανατηφόρα οχήματα από τα οποία τουλάχιστον το 90% αυτών οφείλονταν σε ανθρώπινο λάθος. Ταυτόχρονα, είναι πλέον επιβεβαιωμένο πως το ασφαλέστερο μέσο μεταφοράς είναι το αεροπλάνο. Αυτό σημαίνει, πως η κατασκευή ενός ιπτάμενου οχήματος το οποίο θα εξαλείφει τον ανθρώπινο παράγοντα από τον χειρισμό του, θα επιφέρει την μεγαλύτερη δυνατή μείωση ατυχημάτων και ως εκ τούτου μείωση των θανάτων επιβατών.

Άνεση

Οι επιβάτες ενός ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος θα έχουν σίγουρα μεγαλύτερα προνόμια από εκείνους ενός παραδοσιακού μέσου μεταφοράς, όπως ένα Ι.Χ ή ένα ταξί. Θα τους δίνεται η ευκαιρία να απολαύσουν τη διαδρομή, να εργαστούν κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους, να έρθουν σε κοινωνική επαφή με τους συνεπιβάτες τους, να χαλαρώσουν, και όλα αυτά σε έναν σύγχρονο χώρο που εξαιτίας της σημερινής τεχνολογίας θα παρέχει πολλές ανέσεις, χωρίς μάλιστα να διέπονται από πιθανή ανησυχία για την αξιοπιστία του οδηγού τους.

1.1.2 Ανοικτά ζητήματα

Όπως με κάθε νέα τεχνολογική εξέλιξη υπάρχουν και ορισμένα θέματα που παραμένουν ανοικτά. Στα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα το πρώτο ζήτημα έχει να κάνει με **την ίδια την τεχνολογία** και το κατά πόσο θα μπορεί να ανταποκριθεί σε οποιοδήποτε 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 ιπτάμενου οχήματος καθώς και ένα ξεκάθαρο νομικό πλαίσιο για το ποιος θα φέρει την ευθύνη (οι κατασκευαστές του οχήματος ή οι κατασκευαστές του αυτόνομου συστήματος, αν αυτοί είναι διαφορετικοί).

Το δεύτερο μείζον ζήτημα έχει να κάνει με το **κόστος**. Αρχικά, τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα, σε σχέση με τα αυτόνομα οχήματα που ήδη κάνουν τις πρώτες εμφανίσεις στους δρόμους, δεν θα είναι, σε αρχικό στάδιο τουλάχιστον, σε διάθεση προς πώληση για τον πολίτη. Θα έχουν την **μορφή υπηρεσίας**, ως ένα νέο μέσο μαζικής μεταφοράς. Αυτό γεννά το ερώτημα της **τιμής του κομίστρου** μεταφοράς, για μια τόσο καινοτόμα τεχνολογία που πιθανότατα θα μειώνει σημαντικά τον χρόνο μετακίνησης. Κάνοντας βάσιμες υποθέσεις και συγκρίσεις με παραδοσιακά μέσα μετακίνησης, θεωρείται πως, στις περισσότερες περιπτώσεις, το κόστος θα είναι σίγουρα μεγαλύτερο σε σχέση με ένα κοινό Ι.Χ ή ταξί. Αυτό από μόνο του, καθιστά την επιλογή του μέσου απαγορευτική για ορισμένο επιβατικό κοινό. Στο ίδιο πλαίσιο, θα πρέπει να συνυπολογισθεί και **το κόστος της μελέτης του δικτύου** που θα εξυπηρετεί τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα και το κόστος των υποδομών και οργάνων που ίσως χρειαστούν για την υποστήριξη της κυκλοφορίας τους.

Τέλος, ίσως ο πιο καταλυτικός παράγοντας είναι **η γνώμη του κοινού**. Η πλειοψηφία των κατασκευαστών ιπτάμενων οχημάτων (Ehang, Airbus, Hyundai και Opeener μεταξύ άλλων)

1 Εισαγωγή

και ορισμένες εταιρείες τεχνολογίας (Google, Intel, 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 **κατευνάζει τις ανησυχίες του** και θα υποστηρίξει τα πλεονεκτήματα που θα προσφέρει στην καθημερινότητα όλων.



Εικόνα 1.2: Ιπτάμενο Όχημα της Airbus & Italdesign

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

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

Πιο συγκεκριμένα, θα διερευνηθεί το κατά **πόσο είναι διατεθειμένοι να χρησιμοποιήσουν ένα ιπτάμενο 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 και που θα επηρεάσουν την γνώμη τους για αυτά.

Για το σκοπό αυτό θα αναπτυχθούν **μαθηματικά μοντέλα** μέσω των οποίων θα προσδιοριστεί η επιρροή του κόστους, του χρόνου και της άνεσης στην επιλογή ενός ιπτάμενου 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 να 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 Εισαγωγή

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, πραγματοποιήθηκε αρχικά μια **σύντομη έρευνα στο Διαδίκτυο** με σκοπό την εμβάθυνση στο ευρύτερο πεδίο των ιπτάμενων 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 την ανάπτυξη 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, την εξέλιξη της τεχνολογίας και τις πτήσεις γενικότερα. Συμπεριελήφθησαν, επίσης, δέκα σενάρια μετακίνησης με τρεις εναλλακτικές προτάσεις τα Ι.Χ, τα ταξί και τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα και μεταβλητές το κόστος, τον χρόνο, και την άνεση. Συνολικά, συγκεντρώθηκαν 193 ερωτηματολόγια από ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα οδηγών και επιβατών, 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 (Ι.Χ, ταξί ή ιπτάμενο αυτόνομο όχημα) και ανεξάρτητες μεταβλητές το κόστος, τον χρόνο, και την άνεση. Επιπρόσθετα, εφαρμόστηκε η **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (binary logistic regression), με την οποία βρέθηκαν οι μεταβλητές που επηρεάζουν σημαντικά την απόφαση επιλογής χρήσης ή μη ενός ιπτάμενου 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 ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος. Τα αποτελέσματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν στη διατύπωση προτάσεων για την αντιμετώπιση του ζητήματος, αλλά και για την περαιτέρω έρευνα στο συγκεκριμένο πεδίο.

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 ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων. Παρατίθενται οι απαραίτητοι ορισμοί, ο τρόπος λειτουργίας, καθώς και τα αναμενόμενα πλεονεκτήματα και ανησυχίες που προκύπτουν από την υιοθέτησή 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 ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα και αφετέρου μεθοδολογιών συναφών με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία. Τέλος, αναφέρονται συνοπτικά τα

1 Εισαγωγή

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 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 ιπτάμενων 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 ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων αποτελεί την τελευταία δεκαετία σημαντική πηγή για τη δημοσίευση σειράς ερευνών σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας τους όσον αφορά στο τεχνολογικό τους κομμάτι, αλλά και για τις πιθανές κοινωνικές και συγκοινωνιακές επιπτώσεις που θα επιφέρουν με την ευρεία χρήση τους.

2.1.1 ΙΠΤΑΜΕΝΑ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

Σύμφωνα με την **Airbus (2018)**, η ιδέα των «Εναέριων Αστικών Μετακινήσεων» (UAM) δημιουργήθηκε με στόχο να μορφοποιήσει τον κόσμο έτσι ώστε άνθρωποι ή αγαθά να μπορούν να μεταφερθούν μέσα σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Οι Εναέριες Αστικές Μετακινήσεις θα μπορούσαν να φαντασιωθούν με εναέρια ταξί, κοινόχρηστα ή ιδιόκτητα συνδεδεμένα οχήματα μετακινήσεων που θα παραλαμβάνουν επιβάτες κατά ζήτηση ως μία νέα υπηρεσία αστικού δικτύου (Airbus 2018). Σήμερα, πολλές έρευνες σχετικές με διαφόρων ειδών επιβατικών ιπτάμενων οχημάτων εκτελούνται από μεγάλες εταιρίες (e.g. A3, 2018; Joby Aviation, 2018; Volocopter GmbH, 2018; Lilium GmbH, 2018; Ehang, 2018). Με βάση την έρευνα που σχετίζεται με τις μετακινήσεις του μέλλοντος η οποία έγινε από τους **Lineberger, Hussain, Mehra, & Pankratz (2018)**, ένα επιβατικό ιπτάμενο όχημα (passenger drone) αναμένεται να είναι ηλεκτρικό ή υβριδικό, με τέσσερις έλικες, το οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μεταφέρει ανθρώπους ή φορτίο μεταξύ καθιερωμένης και κατά παραγγελίας προέλευσης και προορισμού. Τα οχήματα αυτά μπορεί να είναι χειροκίνητα ελεγχόμενα, μερικώς χειροκίνητα ελεγχόμενα ή πλήρως αυτόνομα και θα μπορούν να καλύπτουν μικρές έως μεσαίες αποστάσεις (Lineberger et al., 2018). Οι περισσότερες εταιρίες εστιάζουν σε ηλεκτρικά ή υβριδικά VTOL οχήματα (eVTOLs), τα οποία είναι ιπτάμενα οχήματα που μπορούν να απογειώνονται, να αιωρούνται και να προσγειώνονται καθέτως και επομένως δεν χρειάζονται διάδρομο προσγείωσης-απογείωσης (Lineberger et al., 2018).

Τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα αναμένεται να λειτουργούν με έως και πέντε φορές την ταχύτητα των κοινών επίγειων οχημάτων. Επίσης, ως ηλεκτρικά οχήματα, πρόκειται για οχήματα ενεργειακής απόδοσης (**Airbus 2018**) τα οποία θα χαρακτηρίζονται από μηδενικές λειτουργικές εκπομπές και θα περιορίζουν την ηχορύπανση αφού η λειτουργία τους θα είναι σημαντικά πιο αθόρυβη από τα παραδοσιακά ελικόπτερα (**Lineberger et al., 2018**).

Το όραμα είναι να χρησιμοποιούνται ως μια εναλλακτική επιλογή εναέριας ζήτησης μετακινήσεων για μικρών αποστάσεων (10χμ – 50χμ) αστικών μεταφορών, όπως Ι.Χ. ή ΜΜΜ, χωρίς όμως να υπάρχει σημαντική διαφορά κόστους (**Aurora Flight Sciences, 2018; Volocopter GmbH, 2018; Ehang, 2018**). Τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα, αντίθετα με τα παραδοσιακά ή αυτόνομα ταξί, θα πρέπει να συνδέουν τους κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους απογείωσης και προσγείωσης, οι οποίοι θα είναι μοιρασμένοι σε διάφορες περιοχές της πόλης. Θα είναι ικανά να μεταφέρουν έως τέσσερις επιβάτες και να μειώνουν τον χρόνο παραμονής τους μέσα στο όχημα παρέχοντας τους άνεση κατά το ταξίδι τους. Παρόλα αυτά, αναμένεται το κόστος μεταφοράς για συχνούς χρήστες να ξεπερνάει εκείνο της χρήσης παραδοσιακών ή αυτόνομων ταξί.



Εικόνα 2.1: Πιθανό σχέδιο εγκαταστάσεων προσγείωσης-απογείωσης ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων της Uber.

2.1.2 ΕΡΕΥΝΕΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΤΟΥ ΚΟΙΝΟΥ

Το σημαντικότερο εμπόδιο όλων, το οποίο είναι και εκείνο το οποίο θα κρίνει το μέλλον και την ευδοκίμηση των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων είναι η αποδοχή του κοινού. Οι πιθανοί επιβάτες θα πρέπει να ξεπεράσουν ψυχολογικούς περιορισμούς που τους αποτρέπουν από την χρήση ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων.

Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα λειτουργούν, όπως είναι αναμενόμενο, σε ένα υποθετικό επίπεδο μιας και η πλειοψηφία των ανθρώπων δεν διαθέτει εμπειρία στο χώρο των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων

Μία έρευνα που έγινε σχετικά με την αποδοχή των συστημάτων αυτόνομων κοινόχρηστων οχημάτων, έδειξε πως οι προσδοκίες ιδανικής απόδοσης αυξάνουν και την πιθανότητα αποδοχής των συστημάτων αυτών, αλλά μπορεί να χαθεί αυτή η εμπιστοσύνη ακόμα και για μεγάλο χρονικό διάστημα σε περίπτωση λάθους κατά την λειτουργία. Έτσι, οι υψηλές προσδοκίες φαίνεται να είναι κρίσιμες στην αποδοχή των αυτόνομων οχημάτων, ιδίως όσον αφορά τον εποπτικό ρόλο του χρήστη. Συνεπώς, η μελέτη αυτή αναφέρει την αξιοπιστία ως παράγοντα επιρροής για την αποδοχή από τον χρήστη (Nees 2016).

Το **Deloitte Analytics Institute 2017**, σε έρευνα του σχετικά με την αυτόνομη οδήγηση στην Γερμανία, διαπίστωσε πως το 90% των ερωτηθέντων δήλωσαν πως θα ένιωθαν πιο ασφαλείς εάν είχαν τη δυνατότητα να παρέμβουν στον έλεγχο του οχήματος ανά πάσα στιγμή, ή τουλάχιστον σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Ο έλεγχος του οχήματος επίσης έχει συσχετισθεί με την αίσθηση της ανεξαρτησίας του χρήστη (Gaggi 2017). Γενικά, οι χρήστες πρέπει να είναι ενήμεροι και πεπεισμένοι για τα πλεονεκτήματα της νέας τεχνολογίας έτσι ώστε να μπορούν να την εμπιστευθούν και να την χρησιμοποιήσουν. Η φήμη των κατασκευαστών θα παίξει μεγάλο ρόλο στον σχηματισμό αυτής της εμπιστοσύνης (Deloitte Analytics Institute 2017).

Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε από την **UBS**, μια Ελβετική παγκόσμια οικονομικών παροχών εταιρία, το 54% των ερωτηθέντων απάντησε πως είναι σχετικά απίθανο να μπου σε πτήση χωρίς πιλότο (Castle et al., 2017). Επομένως θα πρέπει να

2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

δοθεί μέγιστη προσοχή, καθώς το οποιοδήποτε σφάλμα κατά την λειτουργία των οχημάτων θα προκαλέσει μεγάλη ανεπιθύμητη προσοχή που θα καθυστερήσει τον ρυθμό της αποδοχής. Οι κατασκευαστές και οι ρυθμιστικές αρχές πρέπει να επιδείξουν άψογα αρχεία που να καλύπτουν ταυτόχρονα μηχανική ακεραιότητα αλλά και ασφαλή λειτουργία.

Σε έρευνα που έγινε από την **Mengying Fu, 2018 στο Μόναχο**, ανάμεσα σε 248 ερωτηθέντες, τα αποτελέσματα έδειξαν πως η χρόνος διαδρομής, το κόστος αλλά και η ασφάλεια είναι οι πιο κρίσιμοι παράγοντες που οδηγούν στην απόφαση χρήσης ή όχι αυτόνομων οχημάτων (επίγειων και ιπτάμενων). Αυτοί μάλιστα που θεωρούν την εξοικονόμηση χρόνου μεγαλύτερης σημασίας στις μετακινήσεις τους φαίνεται πως είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν παραπάνω για να χρησιμοποιήσουν αυτόνομα οχήματα και κυρίως ιπτάμενα. Επίσης, οι νεότεροι από τους ερωτηθέντες αλλά και οι μεγαλύτεροι σε ηλικία που όμως έχουν υψηλό εισόδημα, είναι πιο πιθανό να αποδεχθούν υπηρεσίες των Αστικών Εναέριων Μετακινήσεων. Τέλος, σε αυτή την έρευνα μελετήθηκε και η επιρροή του σκοπού μεταφοράς στην απόφαση χρήσης Αστικών Εναέριων Μετακινήσεων.

Η **Christelle Al Haddad, 2018** σε έρευνα που εκπόνησε στοχευμένα στους παράγοντες που επηρεάζουν την χρήση και την αποδοχή των Εναέριων Αστικών Μετακινήσεων, αφού συλλέχθηκαν διαδικτυακά 300 απαντήσεις ερωτηματολογίων, διαπίστωσε πως τον πιο σημαντικό ρόλο στην αποδοχή της υπηρεσίας τον παίζει η ασφάλεια και η εμπιστοσύνη που εμπνέουν οι κατασκευαστές των οχημάτων. Εξίσου σημαντικοί παράγοντες είναι η εξοικείωση που είχαν οι ερωτηθέντες με τον αυτοματισμό και η ανησυχία τους σχετικά με την ασφάλεια των προσωπικών τους δεδομένων. Παράγοντες όπως η εξοικονόμηση χρόνου, τα κόστη του αυτοματισμού και της αξιοπιστίας της υπηρεσίας επηρεάζουν σημαντικά την απόφαση του κοινού όπως και ανησυχίες σχετικά με την ένταση του ήχου των οχημάτων και τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, οι νέοι φαίνεται να είναι λιγότερο ενθουσιασμένοι με την είσοδο των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων στο προσκήνιο ενώ όσοι έχουν υψηλότερο εισόδημα εκδηλώνουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την νωρίτερη αποδοχή τους. Τέλος, οι σκεπτικοί προς τις Εναέριες Αστικές Μετακινήσεις, δηλαδή αυτοί που απαντούσαν συχνά σε ερωτήσεις με «Δεν είμαι σίγουρος» είχαν την τάση να αποδέχονται τα ιπτάμενα οχήματα σε βάθος χρόνου και όχι άμεσα.

Ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας που εξετάζουν ορισμένες έρευνες είναι η αίσθηση ασφάλειας. Αυτή παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην αύξηση της εμπιστοσύνης των χρηστών. Σε αστικές περιοχές συγκεκριμένα, η ασφάλεια των επιβατών κυρίως τις νυχτερινές ώρες έχει σημειωθεί ως σημαντική για την αποδοχή ή όχι των αυτόνομων οχημάτων (**Piao et al. 2016**). Η αίσθηση ασφάλειας του χρήστη μπορεί να εξαρτάται ακόμα και από το εσωτερικό των οχημάτων (**Merat, Madigan, and Nordhoff 2016**), αλλά μπορεί επίσης να παρεμποδιστεί από ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο (**Kyriakidis, Happee, and Winter 2015**).

Η έρευνα των **Merat, Madigan και Nordhoff 2016**, έδειξε ακόμα πως η ευκολία της χρήσης, όσον αφορά την προσιτότητα των χρηστών, αλλά κυρίως των εξαρτώμενων ατόμων και αυτών με αναπηρία επηρεάζει την πρόθεση χρήσης των αυτόνομων οχημάτων. Όσον αφορά τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα, το παραπάνω μεταφράζεται σε ευκολία της διαδικασίας κράτησης και επιβίβασης, αφού δεν αναμένεται ο επιβάτης να αναλάβει τον έλεγχο του οχήματος σε καμία περίπτωση.

Τέλος, τα ίδια τα οχήματα και τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας τους παίζουν ρόλο στην πρόθεση της χρήσης του, όπως αναφέρεται σε έρευνες για τα αυτόνομα οχήματα κοινής χρήσης. Σε αυτά τα χαρακτηριστικά τους εμπεριέχεται η άνεση (**Rychel 2016**), η καθαριότητα του οχήματος αλλά και η διάθεση της υπηρεσίας σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες (**Merat, Madigan, and Nordhoff 2016**).

2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1.3 ΕΠΙΓΕΙΟ ΚΑΙ ΕΝΑΕΡΙΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ, ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Οι μελέτες στις οποίες πρέπει να δοθεί εξίσου έμφαση, πριν το σχεδιασμό και την κατασκευή των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων, είναι εκείνες που αφορούν το κομμάτι των **υποδομών που θα υποστηρίξουν το εναέριο δίκτυο** και την ομαλή ένταξη της νέας υπηρεσίας στην καθημερινότητα μας, χωρίς να προκληθεί αναστάτωση στην υπάρχουσα οργάνωση.

Στο ίδιο πλάνο δημιουργίας υπηρεσίας κοινών μετακινήσεων με αυτόνομα οχήματα, βρίσκεται πλέον και η κοινότητα των «Αστικών Εναέριων Μετακινήσεων» (UAM) με την μόνη διαφορά πως τώρα πρόκειται για ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα (autonomous passenger drones). Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την έρευνα των **Anna Straubinger και Mengying Fu (2019)**, αυτήν τη στιγμή περισσότερες από 70 εταιρίες εκτελούν έρευνες σχετικές με τις Αστικές Εναέριες Μετακινήσεις και επιχειρούν να κάνουν τα πρώτα οχήματα να απογειωθούν. Καθώς όμως τα συγκεκριμένα οχήματα θεωρητικά θα χρειάζονται ειδικές κατασκευές και χώρους για τις κάθετες απογειώσεις και προσγειώσεις τους, υπάρχουν σημαντικοί παράγοντες που αποτελούν περιορισμό για την εξέλιξη των μελετών. Αυτό συμβαίνει διότι οι Αστικές Εναέριες Μετακινήσεις θα πρέπει να σχεδιάσουν πάνω σε ένα σύστημα κινητικότητας το οποίο ήδη ενσωματώνει λειτουργίες και μεγάλες χωρητικότητες για επίγειες μετακινήσεις. Έτσι, οι δημόσιες μετακινήσεις παραμένουν ένα σημαντικό κομμάτι του αστικού συστήματος μετακινήσεων και προσφέρουν αποτελεσματικές μεταφορές σε όλο και αυξανόμενο κομμάτι του πληθυσμού. Η συγκεκριμένη έρευνα λοιπόν, στοχεύει στην δημιουργία στρατηγικών ώστε να παρουσιαστούν οι Αστικές Εναέριες Μετακινήσεις ως συμπληρωματικές και όχι ως αντικατάσταση των υπάρχοντων δημόσιων επίγειων μετακινήσεων.

Κατά τους **Holden & Goel, 2016**, παρόλη την ραγδαία πρόοδο της τεχνολογίας και της πιθανής εφαρμογής των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων, πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί κρίσιμοι παράγοντες που αποτελούν εμπόδιο στην παρουσίαση των Εναέριων Αστικών Μετακινήσεων στην αγορά. Αρχικά, χρειάζεται να αναπτυχθούν περισσότερες προχωρημένες τεχνολογίες έτσι ώστε να βελτιωθούν οι ικανότητες ανίχνευσης και αναγνώρισης, οι δυνατότητες αποφυγής καθώς και η διαχείριση ενέργειας (**Lineberger et al., 2018**). Από την οπτική των κανονισμών και της διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας, νέοι κανονισμοί και συστήματα ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας για τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα γίνονται απαραίτητα. Τα παραπάνω θα κληθούν να αντιμετωπίσουν προβλήματα σχετικά με την σωστή κατανομή του εναέριου χώρου, λαμβάνοντας υπόψη την πιθανή συνεχή αύξηση του αριθμού των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων που βρίσκονται σε αυτόν (**Lineberger et al., 2018**). Το μεγαλύτερο όμως λειτουργικό εμπόδιο, για την ανάπτυξη στόλων ιπτάμενων οχημάτων σε αστικές περιοχές, θα είναι η έλλειψη επαρκούς χώρου για την τοποθέτηση ζωνών προσγείωσης και απογείωσης, δημιουργία χώρων στάθμευσης, δημιουργία σταθμών επαναφόρτισης και κτηρίων λειτουργίας και ελέγχου (**Holden & Goel, 2016**).



Εικόνα 2.2: Πρόταση για μικρό “Vertiport”.

2.2 ΣΥΝΟΨΗ

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία προκύπτει ότι τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα αφορούν σε **ηλεκτρικά ή υβριδικά** επιβατικά ιπτάμενα οχήματα τα οποία θα μπορούν να εξυπηρετήσουν σε **αστικές διαδρομές έως 4 άτομα**. Οι χρήστες θα μπορούν να επιβιβαστούν σε αυτά σε ειδικούς σταθμούς μοιρασμένους μέσα στην πόλη στους οποίους θα προσγειώνονται και θα απογειώνονται από αυτούς **καθέτως**. Θα λειτουργούν επίσης με ταχύτητα έως και **5 φορές μεγαλύτερη** των επίγειων οχημάτων και κατά την πτήση τους **δεν θα χρειάζεται η παρουσία πιλότου**, αφού θα είναι πλήρως αυτόνομα.

Όσον αφορά στην **αποδοχή από το κοινό**, οι έρευνες έδειξαν πως η μεγαλύτερη προσοχή **πρέπει να δοθεί στην άρτια λειτουργία των τεχνολογικών μέσων των ιπτάμενων** αυτόνομων οχημάτων, έτσι ώστε να μην υπάρξουν ανεπιθύμητες αστοχίες και χαθεί άμεσα η εμπιστοσύνη του κόσμου προς αυτά. Επίσης χρειάζεται να κερδηθούν οι εντυπώσεις των πιο σκεπτικών, αφού φαίνεται ότι ένα μεγάλο ποσοστό του κοινού δεν είναι θετικό απέναντι στη χρήση του οχήματος χωρίς πιλότο.

Το **κόστος, ο χρόνος και η ασφάλεια** αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοχή των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων από τους μελλοντικούς χρήστες. Μάλιστα, φαίνεται ότι κυρίως οι **μεγαλύτεροι σε ηλικία με υψηλό εισόδημα**, στο όνομα της **εξοικονόμησης χρόνου** κατά τις μετακινήσεις τους, είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν και λίγο ακριβότερα σε περίπτωση που το νέο αυτό μέσο μειώνει τη διάρκεια του ταξιδιού τους.

Παράγοντες όπως η **ηχορύπανση αλλά και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις** που θα προκύπτουν από τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα, παίζουν ταυτόχρονα ρόλο στην αποδοχή του κοινού. Για την μεγαλύτερη εύνοια του κοινού, πρέπει να δοθεί η απαραίτητη προσοχή στην προσιτότητα ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούν με άνεση το μέσο όλοι ακόμα και

2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

άτομα με αναπηρίες. Από την μεριά των κατασκευαστών, σύμφωνα με τις έρευνες, εξίσου σημαντική είναι η κατασκευή, η διαμόρφωση αλλά και ο σχεδιασμός των οχημάτων έτσι ώστε να **εμπνέουν ασφάλεια** στον χρήστη.

Τέλος, είναι απαραίτητο να γίνουν **κατάλληλες και εκτενείς μελέτες** έτσι ώστε η **ενσωμάτωση** των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων στην κοινωνία να μην αποτελέσει πηγή προβλημάτων για την υπάρχουσα δομή του δικτύου επίγειων μετακινήσεων, καθώς επίσης για να πραγματοποιηθούν με τον σωστό τρόπο όλες οι απαραίτητες προσαρμογές στις υποδομές και στη διαχείριση της κυκλοφορίας που θα υποστηρίξουν αυτό το νέο μέσο.

3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναλύεται το **θεωρητικό υπόβαθρο** με βάση το οποίο εκπονήθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία. Συγκεκριμένα θα αναφερθούμε στις δύο βασικές μεθόδους ανάλυσης που αναπτύχθηκαν για την ανάλυση των δεδομένων, δηλαδή στην **πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (multinomial logistic regression) και στην **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (binary logistic regression), αλλά και στην μεθοδο με την οποία έγινε η **συλλογή** των δεδομένων αυτών.

3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ

Η μέθοδος δεδηλωμένης προτίμησης αρχικά, είχε προταθεί από τους CiriacyWantrup το 1947, σχετικά με τα οφέλη, ως δημόσια αγαθά, που προκύπτουν από την προστασία από την εδαφολογική διάβρωση. Ωστόσο, ο Davis το 1963, ήταν ο πρώτος που σχεδίασε και εφάρμοσε την πρώτη έρευνα, για να εκτιμήσει τη αξία που έδιναν οι τουρίστες και οι κυνηγοί σε μία συγκεκριμένη ερμηκή περιοχή.

Η μέθοδος βασίζεται στην απλή ιδέα ότι εάν θέλει κανείς να αποκτήσει πληροφόρηση για την προθυμία των ατόμων να πληρώσουν για κάποιο αγαθό, μπορεί **απλά να τους ρωτήσει**. Έτσι, διεξάγει έρευνες με χρήση **ερωτηματολογίων** για να εκμαιεύσει τις ατομικές προτιμήσεις για ένα αγαθό, ρωτώντας άμεσα την προθυμία των ατόμων να πληρώσουν προκειμένου να διατηρήσουν ένα συγκεκριμένο αγαθό ή την προθυμία τους να αποδεχτούν μία επιδείνωση στην ωφέλεια και την ευημερία τους. Οι τιμές αυτές δε βασίζονται σε πραγματικές τιμές αγοράς ή σε πραγματικές καταναλωτικές συμπεριφορές, αλλά προέρχονται μέσα από τις απαντήσεις που δίνουν τα άτομα σε ένα υποθετικό σενάριο, μία «υποθετική αγορά», η οποία προσομοιάζει μία πραγματική αγορά (Ο' Doherty, 1996).

Η μέθοδος κατά τη διάρκεια των δεκαετιών βελτιώθηκε και εξελίχθηκε τόσο εμπειρικά όσο και θεωρητικά και σήμερα είναι ευρύτατα διαδεδομένη σε πολλά επιστημονικά πεδία. Στον τομέα της οδικής ασφάλειας οι πρώτες εκτιμήσεις έγιναν τη δεκαετία του 1950 στις Η.Π.Α. και στη Μ. Βρετανία.

Η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης είναι απλή στην κατανόηση και τη χρήση της και μπορεί να εφαρμοστεί και να αποφέρει αποτελέσματα σε σύντομο χρονικό διάστημα και με μικρό σχετικά κόστος. Έτσι, έχει καταστεί ένα πολύ χρήσιμο και ευρέως διαδεδομένο εργαλείο για την εκπόνηση συγκοινωνιακών ερευνών και μελετών, αφού στις περισσότερες περιπτώσεις η βασικότερη επιδίωξη των ερευνών αυτών είναι να προσδιορίσουν τα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς των χρηστών της οδού.

Ένας πολύ συνηθισμένος τρόπος συλλογής των απαραίτητων στοιχείων, όπως αναφέρθηκε, στο πλαίσιο της μεθόδου της δεδηλωμένης προτίμησης, είναι μέσω κατάλληλα σχεδιασμένου **ερωτηματολογίου** (John Bates, 1998). Η μορφή και το μέγεθος του ερωτηματολογίου, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο είναι διατυπωμένες οι ερωτήσεις που περιέχει, ποικίλουν ανάλογα με το αντικείμενο της έρευνας.

Από τις απαντήσεις του κοινού προκύπτουν οι απαραίτητες πληροφορίες για τις τιμές των αγνώστων του προβλήματος. Σειρά έχει ο καθορισμός του είδους των **μεταβλητών** (αγνώστων) του προβλήματος σε συνεχείς και διακριτές καθώς και του εύρους των τιμών που μπορούν να πάρουν.

Ακολουθεί ο σχεδιασμός του ερωτηματολογίου, το οποίο πρέπει να εξυπηρετεί μεν τους σκοπούς της εκάστοτε έρευνας αλλά και να βρίσκεται σε συμφωνία με ορισμένες βασικές

3 Θεωρητικό υπόβαθρο

αρχές που διέπουν την έρευνα πεδίου.. Η τελική εφαρμογή στην πράξη όσων σχεδιάστηκαν με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης αποτελεί την εκτέλεση της έρευνας πεδίου. Η σωστή εκτέλεσή της σε συνδυασμό με τον κατάλληλο αρχικό σχεδιασμό, είναι καθοριστικοί παράγοντες για την αξιοπιστία και την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

3.2 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.

3.3 ΘΕΩΡΙΑ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ – ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Τα μοντέλα των διακριτών επιλογών, όπως αυτές παρουσιάζονται σε μία έρευνα δεδηλωμένης προτίμησης, είναι εξατομικευμένα μοντέλα (disaggregate models), με την έννοια ότι εξετάζονται οι επιλογές μεμονωμένων ατόμων και όχι πληθυσμών, σε σχέση με τα χαρακτηριστικά των ατόμων (characteristics) και τα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών επιλογών (attributes). Η ανάλυση της επιλογής του ατόμου προϋποθέτει τη γνώση των εναλλακτικών επιλογών που αντιλαμβάνεται ότι διαθέτει. Το σύνολο που εμπεριέχει όλες τις δυνατές διακριτές επιλογές ονομάζεται **σύνολο επιλογών** (choice set) και περιέχει πεπερασμένο αριθμό εναλλακτικών. Επιπλέον, τα σύνολα επιλογών διαχωρίζονται σε καθολικά σύνολα (universal choice set), τα οποία εμπεριέχουν όλες τις δυνατές εναλλακτικές και τα μειωμένα σύνολα (reduced choice set), τα οποία είναι υποσύνολα των καθολικών και εμπεριέχουν μόνο τις εναλλακτικές που είναι διαθέσιμες στο κάθε άτομο.

Σε κάθε περίπτωση, ορίζεται μια συνάρτηση χρησιμότητας ως ένα μαθηματικό μοντέλο που περιγράφει την ικανοποίηση του κάθε ατόμου από τα χαρακτηριστικά της κάθε εναλλακτικής, και επιλέγεται η εναλλακτική με τη μέγιστη τιμή χρησιμότητας. Ωστόσο, η χρησιμότητα είναι μια λανθάνουσα έννοια (latent concept) η οποία είναι συνάρτηση τόσο συστηματικών (systematic) όσο και τυχαίων (random) μεταβλητών. Οι συστηματικές μεταβλητές περιλαμβάνουν την ποσοτική επιρροή των μετρήσιμων χαρακτηριστικών των εναλλακτικών επιλογών αλλά και του ίδιου του ατόμου στην ικανοποίηση του ατόμου από την κάθε εναλλακτική.

Η αβεβαιότητα στον υπολογισμό της χρησιμότητας μπορεί να οφείλεται σε ελλιπή ή λανθασμένη γνώση/πληροφόρηση του ατόμου για τις εναλλακτικές επιλογές και τα χαρακτηριστικά τους, αλλά και σε διακύμανση στις προτιμήσεις του ατόμου σε σχέση με διάφορους παράγοντες που δε μπορούν να ποσοτικοποιηθούν. Η τυχαιότητα αυτή λαμβάνεται υπόψη στα μοντέλα διακριτών επιλογών στο πλαίσιο της **θεωρίας στοχαστικής χρησιμότητας**.

Για κάθε εναλλακτική (i) του συνόλου επιλογών C_n θεωρείται μια **συνάρτηση χρησιμότητας του ατόμου** (n) ως εξής:

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

όπου $V_{in} = \beta_i x_{in}$ είναι το συστηματικό (deterministic) μέρος της χρησιμότητας, με β_i το διάνυσμα (vector) των συντελεστών, x_{in} το διάνυσμα των τιμών των μεταβλητών και ε_{in} το στοχαστικό μέρος της χρησιμότητας της εναλλακτικής.

Η πιθανότητα επιλογής της κάθε εναλλακτικής του ατόμου υπολογίζεται ως:

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

Κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί εδώ ότι μια βασική υπόθεση της θεωρίας στοχαστικής χρησιμότητας είναι ότι τα σφάλματα ε_{in} του συνόλου των επιλογών είναι μεταξύ τους ανεξάρτητα και ακολουθούν μια κοινή κατανομή (independent and identically distributed – i.i.d.). Ανάλογα με τις εκάστοτε υποθέσεις που γίνονται για τη στατιστική αυτή κατανομή, προκύπτουν διάφορες μορφές της παραπάνω εξίσωσης. Οι πιο συνηθισμένες παραδοχές είναι ότι τα σφάλματα ε_{in} ακολουθούν την κανονική κατανομή ή την κατανομή Gumbel. Έτσι, προκύπτουν τα δύο πιο διαδεδομένα είδη προτύπων διακριτών επιλογών, τα **πιθανοτικά** (probit) και τα **λογιστικά** (logit).

3.4 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

3.4.1 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

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 ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος**) λαμβάνει **διακριτές** τιμές (ναι, όχι) και, ως εκ τούτου, **δεν μπορεί να αναλυθεί με το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης**.

3.4.2 ΠΙΘΑΝΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

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**.

3.4.3 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

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.

3.4.4 ΣΥΝΟΨΗ

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

3 Θεωρητικό υπόβαθρο

- 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.

3.5 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

Σε αντίθεση με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης στο οποίο η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής, τα μοντέλα **λογιστικής παλινδρόμησης** (logistic regression) χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι **διακριτή** (όπως για παράδειγμα η επιλογή χρήσης ή όχι ενός ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος). Η λογιστική παλινδρόμηση χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης της επιρροής από την παρουσία ή την απουσία κάποιων χαρακτηριστικών στην επιλογή αναφορικά με κάποιο συγκεκριμένο γεγονός. Οδηγεί στην ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου που δίνει τη συνάρτηση χρησιμότητας του συγκεκριμένου γεγονότος, συναρτήσει κάποιων παραγόντων που το επηρεάζουν. Από τη συνάρτηση χρησιμότητας (utility function) υπολογίζεται εύκολα, μετά από κατάλληλο μετασχηματισμό, η πιθανότητα που υπάρχει το γεγονός αυτό να πραγματοποιηθεί.

Το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης χρησιμοποιείται συχνά σε συγκοινωνιακές έρευνες, στις οποίες ζητείται η πρόβλεψη της επιρροής ορισμένων χαρακτηριστικών στην επιλογή κάποιου 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 $1-P_i$.

Η λογιστική παλινδρόμηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την ανάπτυξη **διωνυμικού προτύπου πρόβλεψης** (binary model) (όπου τα πιθανά ενδεχόμενα είναι δύο), όσο και για την ανάπτυξη προτύπου με περισσότερες εναλλακτικές επιλογές – **πολυωνυμικού προτύπου πρόβλεψης** - (multinomial model). Η λειτουργία της μεθόδου είναι ίδια και για τις δύο περιπτώσεις. Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάζει και τα δύο μοντέλα. Με το διωνυμικό μοντέλο αναλύεται η ερώτηση «θα χρησιμοποιούσατε ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;» με πιθανές απαντήσεις «ναι» ή «όχι» και με το πολυωνυμικό πρότυπο αναλύονται τα σενάρια, όπου οι επιλογές είναι «Ι.Χ.», «παραδοσιακό ταξί» και «ιπτάμενο αυτόνομο όχημα».

3 Θεωρητικό υπόβαθρο

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:

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:

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

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

3.6 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

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

- Λογική ερμηνεία των προσήμων των συντελεστών

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

- Ελαστικότητα

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

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

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

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

Όπου:

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

3 Θεωρητικό υπόβαθρο

- β_{ik} , η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{ik}
- Στατιστική σημαντικότητα

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

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

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

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι μείωση του τυπικού σφάλματος επιφέρει αύξηση του συντελεστή t_{stat} και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t κατά απόλυτη τιμή, τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στον πίνακα που παρατίθεται στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι κρίσιμες τιμές του συντελεστή t για το εκάστοτε επίπεδο εμπιστοσύνης.

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

Πίνακας 3.1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t της Κατανομής Student

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

- 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.

- Μέγιστη πιθανοφάνεια

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

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

$$LRT = -2(L(b) - L(0)) > \chi^2_{b,0,05}$$

3 Θεωρητικό υπόβαθρο

όπου:

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

Αν ισχύει η παραπάνω ανισότητα, τότε το μοντέλο με τις μεταβλητές είναι **στατιστικά προτιμότερο** από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές. Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία γίνεται χρήση αυτού του ελέγχου στο μοντέλο της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.

- Το κριτήριο του R^2

Η συνολική ποιότητα του μοντέλου ελέγχεται με τον συντελεστή προσαρμογής και ως κριτήριο καλής προσαρμογής χρησιμοποιείται ο **συντελεστής R^2** . Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας μιας μεταβλητής από μια άλλη μεταβλητή και λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Όσο πιο κοντά στο 1 βρίσκεται η τιμή του R^2 , τόσο πιο ισχυρή είναι η σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Συνήθως, η τιμή του R^2 δεν ξεπερνά το 0.45. Ως εκ τούτου, εάν η τιμή του R^2 βρίσκεται πάνω από το 0.20 θεωρείται στις περισσότερες περιπτώσεις αποδεκτή.

- Το κριτήριο πληροφορίας του Ακάικε

Το Akaike Information Criterion (AIC) είναι ένας **εκτιμητής της σχετικής ποιότητας** των στατιστικών μοντέλων για ένα συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων. Με δεδομένο ένα σύνολο μοντέλων που ερμηνεύουν κάποια δεδομένα, το AIC υπολογίζει την ποιότητα του κάθε μοντέλου σε σχέση με τα υπόλοιπα μοντέλα. Έτσι το AIC παρέχει ένα μέσο για την επιλογή του μοντέλου που ερμηνεύει καλύτερα τα δεδομένα μας. Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία γίνεται χρήση του συγκεκριμένου ελέγχου στο μοντέλο της διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.

- Το τεστ Hosmer – Lemeshow

Η δοκιμή Hosmer-Lemeshow είναι μια στατιστική δοκιμασία για την καταλληλότητα μοντέλων λογιστικής παλινδρόμησης. Χρησιμοποιείται συχνά σε μοντέλα πρόβλεψης κινδύνου. Η δοκιμή αξιολογεί κατά πόσο τα παρατηρούμενα ποσοστά συμβάντος αντιστοιχούν στα αναμενόμενα ποσοστά συμβάντων σε υποομάδες του πληθυσμού μοντέλου. Η δοκιμή Hosmer-Lemeshow προσδιορίζει συγκεκριμένα τις υποομάδες ως δεκάδες των προσαρμοσμένων τιμών κινδύνου. Τα μοντέλα για τα οποία τα αναμενόμενα και τα παρατηρούμενα ποσοστά συμβάντων σε υποομάδες είναι παρόμοια, καλούνται καλά βαθμονομημένα. Ο έλεγχος Hosmer-Lemeshow test πρέπει να εμφανίζει τιμή πάνω από 0,05 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και ο συντελεστής συσχέτισης χ^2 να είναι κατά το δυνατόν μεγαλύτερος.

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 ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων από τους Έλληνες**, καθώς και τον προσδιορισμό των βασικότερων παραμέτρων που επηρεάζουν το επίπεδο αυτής της αποδοχής.

Μετά από αναζήτηση σε ξένη βιβλιογραφία, κρίθηκε ότι η πλέον κατάλληλη μέθοδος για τη καταγραφή αυτή είναι η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference) καθώς αποτελεί το πλέον ελκυστικό εργαλείο για έρευνα σε μη υφιστάμενα σενάρια. Στο πλαίσιο της μεθόδου αυτής, τα απαιτούμενα στοιχεία συλλέχθηκαν μέσω ενός **ειδικά σχεδιασμένου ερωτηματολογίου** που συμπληρώθηκε υπό μορφή διαδικτυακής έρευνας.

4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.2.1 ΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

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 **τέσσερις ενότητες** καλύπτοντας συνολικά 31 ερωτήσεις. Ο χρόνος συμπλήρωσής του κυμαίνεται μεταξύ 7 και 12 λεπτών, χρόνος που θεωρείται σχετικά μεγάλος για έρευνες πεδίου αλλά εξαιτίας της φύσης του αντικειμένου και του έμφυτου ενδιαφέροντος που παρουσιάζουν τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα ως νέα τεχνολογία αποφασίστηκε να μην τροποποιηθούν περαιτέρω οι ερωτήσεις.

Στο **εξώφυλλο του ερωτηματολογίου** φαίνονται ξεκάθαρα ο τίτλος της έρευνας, ο οποίος είναι πλήρως κατατοπιστικός προς τον ερωτώμενο, καθώς και ένα κάποιες ενημερωτικές σημειώσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για την συνέχεια της διαδικασίας συμπλήρωσης.

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.

4.2.2 ΤΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Το **πρώτο μέρος** του ερωτηματολογίου αποτελεί την εισαγωγή του ερωτώμενου στη φιλοσοφία του ερωτηματολογίου και το περιεχόμενο της έρευνας. Σε αυτήν την ενότητα συμπεριλαμβάνεται ένας αριθμός ερωτήσεων που αφορούν την οδηγική εμπειρία, τις συνήθειες, τις απαιτήσεις των ερωτηθέντων για τις μετακινήσεις, αλλά και την τεχνολογική τους συνείδηση. Οι πληροφορίες αυτές αργότερα θα φανούν ιδιαίτερα χρήσιμες στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στο **δεύτερο μέρος** παρατίθεται αρχικά μια μικρή εισαγωγή στα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα, αναγνωρίζοντας με αυτόν τον τρόπο το γεγονός ότι ορισμένοι ενδεχομένως να μην

4 Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

είναι οικείοι με την τεχνολογία αυτή. Το είδος των ερωτήσεων παραμένει στο πλαίσιο των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων σε όλο το δεύτερο μέρος, εξετάζοντας μεταξύ άλλων και τις απόψεις των ερωτηθέντων για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους αλλά και την διάθεση τους κατά τη διάρκεια αεροπορικών πτήσεων, ώστε τελικώς οι ερωτώμενοι να αποκτήσουν μια καλύτερη εικόνα για τα μελλοντικά ιπτάμενα οχήματα.

Το **τρίτο μέρος** περιλαμβάνει τρεις ερωτήσεις πάνω στις δύο εκ των οποίων στηρίζεται και το μεγαλύτερο μέρος της ανάλυσης της Διπλωματικής Εργασίας.

Στην πρώτη ερώτηση του μέρους αυτού, παρουσιάζεται για πρώτη φορά στον ερωτώμενο το ενδεχόμενο της χρήσης ή όχι ενός ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος. Σε αυτό το σημείο, οι ερωτώμενοι καλούνται να αποφασίσουν, με βάση των όσων προηγήθηκαν και της γνώμης που διαμόρφωσαν, για το αν θα χρησιμοποιούσαν στο μέλλον ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.

Η δεύτερη ερώτηση αφορά στο διάστημα κατά το οποίο οι ερωτώμενοι θα διέθεταν για τους εαυτούς τους, μέχρι να νιώσουν άνετα και να αποφασίσουν την χρήση ενός ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος. Προφανώς, οι απαντήσεις άμεσα και ποτέ ήταν διαθέσιμες.

Στην Τρίτη ερώτηση εισάγονται δέκα (10) διαφορετικά σενάρια για μία υπόθεση συνήθους διαδρομής από το σπίτι στην εργασία και ζητείται η επιλογή μεταξύ τριών εναλλακτικών προτάσεων (Ι.Χ, ταξί, και ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα) με βάση τρεις παραμέτρους (χρόνος, κόστος και άνεση).

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, ο αριθμός απόμων νοικοκυριού και το οικογενειακό εισόδημα. Η καταγραφή των παραπάνω κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών χρησιμεύει:

- α) στον έλεγχο της αντιπροσωπευτικότητας του δείγματος,
- β) στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων συνδυαζόμενα με τις απαντήσεις στο τρίτο μέρος και
- γ) στη χρήση κάποιων από αυτά τα χαρακτηριστικά, στο μαθηματικό μοντέλο.

4.2.3 ΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου περιλαμβάνονται τα **σενάρια**. Ζητείται από τους ερωτηθέντες η επιλογή μεταξύ τριών εναλλακτικών προτάσεων (Ι.Χ., ταξί και ιπτάμενο αυτόνομο όχημα) με βάση τρεις παραμέτρους (χρόνος, κόστος και άνεση). Συνολικά, παρουσιάζονται δέκα διαφορετικά σενάρια που αφορούν μια υποθετική διαδρομή από το σπίτι στο χώρο εργασίας κανονικής διάρκειας 45 λεπτών (προάστια-κέντρο).

Η επιλογή των σεναρίων και των τιμών των παραμέτρων ακολούθησε έναν **σχεδιασμό** ο οποίος θα έκανε τον ερωτηθέντα να σκεφτεί και να ζυγίσει κάθε δυνατή επιλογή πριν συμπληρώσει την απάντηση του. Έτσι, δεν θα ήταν προφανής για κανέναν συμμετέχοντα η απάντηση σε κάθε σενάριο και θα οδηγούμασταν σε **διαφορετικές μεταξύ τους απαντήσεις** που θα είχαν περισσότερες πληροφορίες να προσφέρουν κατά την στατιστική τους ανάλυση.

Για την οπτική παρουσίαση των σεναρίων χρησιμοποιήθηκαν **πίνακες**, όπως αυτός που φαίνεται στον Πίνακα 4.1, και δεν παρουσιάστηκαν προβλήματα στην ανάγνωση ή την

4 Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

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

Σενάριο 6 ^ο	Ι.Χ.	Ταξί	Ιπτάμενο Όχημα
Χρόνος	45	40	40
Κόστος	10	15	25
Άνεση	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή

Πίνακας 4.1: Το σενάριο 6 που χρησιμοποιήθηκε στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου.

4.2.4 ΣΥΛΛΟΓΗ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ

Η λογική πάνω στην οποία βασίζεται όλη η επιστήμη της στατιστικής, καθώς και το γεγονός που την κάνει ένα πολυτιμότερο εργαλείο για πλήθος άλλων επιστημών είναι το ότι μέσα από την εξέταση ενός μικρού αλλά επαρκούς τμήματος του συνόλου που ονομάζεται δείγμα, εξαγεί ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα που αντιπροσωπεύουν ολόκληρο το σύνολο. Καθίσταται λοιπόν σαφές ότι όσο καταλληλότερο είναι το δείγμα που θα επιλεγεί για μελέτη, τόσο πιο αντιπροσωπευτικά θα είναι τα εξαγόμενα αποτελέσματα για ολόκληρο τον πληθυσμό, δηλαδή πιο **αξιόπιστα**.

Η καταλληλότητα του δείγματος εξαρτάται από το αν αυτό πληροί ή όχι κάποιες προϋποθέσεις που σύμφωνα με τον P. Kotler οι βασικότερες από αυτές είναι:

1. Το δείγμα πρέπει να επιλέγεται κάθε φορά από τον κατάλληλο **πληθυσμό**. Έτσι για παράδειγμα σε μια έρευνα γύρω από την αποδοχή ενός νέου τεχνολογικά μέσου μεταφοράς στην Ελλάδα θα πρέπει να επιλεγεί από έναν πληθυσμό ελλήνων επιβατών και οδηγών.
2. Το **μέγεθος** του δείγματος έχει μεγάλη σημασία και πιο συγκεκριμένα όσο πιο μεγάλο είναι, τόσο πιο αξιόπιστα είναι τα αποτελέσματα της έρευνας. Στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας αυτής συγκεντρώθηκαν 193 απαντημένα ερωτηματολόγια, ικανοποιητικός αριθμός για τη φύση της συγκεκριμένης έρευνας.
3. Η επιλογή του δείγματος πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε αυτό να είναι **αντιπροσωπευτικό** του πληθυσμού ως προς τα χαρακτηριστικά του. Για παράδειγμα, εδώ που ο πληθυσμός ήταν Έλληνες επιβάτες και οδηγοί το δείγμα έπρεπε να αποτελείται από άτομα με ποικίλα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά. Έτσι μελετώντας το τέταρτο μέρος του ερωτηματολογίου που περιέχει τα δημογραφικά χαρακτηριστικά, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στο να αποτελείται το δείγμα από άτομα που ανήκουν σε όλες τις αναφερόμενες κατηγορίες με όσο το δυνατό λογικότερες αναλογίες.

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

B8. Με τι πιστεύετε ότι θα ασχολείστε όταν βρίσκεστε σε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα; (μπορείτε να επιλέξετε πάνω από μία απάντηση)

☒ Με το κινητό

☐ Υπνος

☐ Χαλάρωση (μουσική, διάβασμα, απόλαυση της διαδρομής)

☐ Με θέματα δουλειάς - Υποχρεώσεις

☐ Συζήτηση με συνεπιβάτες

Εικόνα 4.1: Παράδειγμα ερώτησης πολλαπλής επιλογής με το Google Forms

4 Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Μετά τη συλλογή των απαντηθέντων ερωτηματολογίων, συντάχθηκε ένας **πίνακας excel** με το σύνολο των απαντήσεων ο οποίος όμως χρειαζόταν επεξεργασία προκειμένου να μπορέσουν να γίνουν αντιληπτά τα στατιστικά στοιχεία του δείγματος. Οι απαντήσεις δεν ήταν όλες κωδικοποιημένες, υπήρχαν ερωτήματα που δεν είχαν απαντηθεί, ενώ υπήρχαν αρκετές στήλες με πληροφορίες που τελικώς δεν χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα.

Η πρώτη στήλη ήταν η “Rxx” στην οποία φαινόταν ο αύξων αριθμός του κάθε ερωτώμενου που απάντησε το ερωτηματολόγιο. Λόγω των δέκα σεναρίων, για την καλύτερη ανάγνωση και χρήση του excel, σε κάθε “Rxx” αντιστοιχούσαν δέκα σειρές – οι οποίες είχαν τα ίδια στοιχεία ανά στήλη για κάθε σειρά, με διαφορές μόνο στις στήλες που αφορούσαν τις απαντήσεις στα σενάρια.

Όταν το αρχείο των αποτελεσμάτων κατέστη επεξεργάσιμο, έγιναν όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι για την αξιοπιστία των στοιχείων και την εγκυρότητα των απαντήσεων.

Έτσι, στη συνέχεια, κωδικοποιήθηκαν οι απαντήσεις με τη μορφή αριθμών, ούτως ώστε το τελικό αρχείο excel που προέκυψε να είναι έτοιμο και για το επόμενο βήμα, αυτό της επεξεργασίας μέσω του προγράμματος **R-Studio**.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	Rxxx	choice	time1	time2	time3	cost1	cost2	cost3	comfort1	comfort2	comfort3	A1	A2	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37	A41	A42
2	R001	1	30	30	20	10	15	25	2	1	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2
3	R001	2	45	30	30	30	20	35	1	2	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2
4	R001	2	60	50	40	30	25	45	1	1	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2
5	R001	3	45	50	20	30	25	45	2	2	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2
6	R001	3	30	40	30	20	25	25	2	1	2	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2
7	R001	3	45	40	40	10	15	25	2	2	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2
8	R001	2	30	30	40	30	20	45	1	1	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2
9	R001	1	30	50	20	10	20	35	2	1	2	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2
10	R001	2	60	40	20	10	15	35	1	2	2	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2
11	R001	3	45	50	40	20	15	25	2	1	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2
12	R002	3	30	30	20	10	15	25	2	1	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4
13	R002	3	45	30	30	30	20	35	1	2	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4
14	R002	2	60	50	40	30	25	45	1	1	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4
15	R002	3	45	50	20	30	25	45	2	2	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4
16	R002	3	30	40	30	20	25	25	2	1	2	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4
17	R002	1	45	40	40	10	15	25	2	2	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4
18	R002	1	30	30	40	30	20	45	1	1	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4
19	R002	1	30	50	20	10	20	35	2	1	2	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4
20	R002	1	60	40	20	10	15	35	1	2	2	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4
21	R002	3	45	50	40	20	15	25	2	1	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4
22	R003	2	30	30	20	10	15	25	2	1	1	1	4	5	3	4	2	4	4	5	4	3
23	R003	3	45	30	30	30	20	35	1	2	1	1	4	5	3	4	2	4	4	5	4	3
24	R003	3	60	50	40	30	25	45	1	1	1	1	4	5	3	4	2	4	4	5	4	3
25	R003	1	45	50	20	30	25	45	2	2	1	1	4	5	3	4	2	4	4	5	4	3
26	R003	3	30	40	30	20	25	25	2	1	2	1	4	5	3	4	2	4	4	5	4	3
27	R003	2	45	40	40	10	15	25	2	2	1	1	4	5	3	4	2	4	4	5	4	3
28	R003	2	30	30	40	30	20	45	1	1	1	1	4	5	3	4	2	4	4	5	4	3
29	R003	1	30	50	20	10	20	35	2	1	2	1	4	5	3	4	2	4	4	5	4	3
30	R003	2	60	40	20	10	15	35	1	2	2	1	4	5	3	4	2	4	4	5	4	3
31	R003	3	45	50	40	20	15	25	2	1	1	1	4	5	3	4	2	4	4	5	4	3
32	R004	3	30	30	20	10	15	25	2	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	3	4

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

4 Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

Η πρώτη γραμμή περιέχει τις στήλες:

- Rxxx, ο αύξων αριθμός των ερωτηθέντων
- choice, η επιλογή μίας εκ των τριών εναλλακτικών στα σενάρια, με 1=Ι.Χ., 2=ταξί, και 3 =ιπτάμενο αυτόνομο όχημα
- time1, time2, time3, η τιμή της μεταβλητής του χρόνου για το Ι.Χ., ταξί και ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντίστοιχα
- cost1, cost2, cost3, η τιμή της μεταβλητής του κόστους για το Ι.Χ., ταξί και ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντίστοιχα
- comfort1, comfort2, comfort3, η τιμή της μεταβλητής της άνεσης για το Ι.Χ., ταξί και ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντίστοιχα, όπου 1= Υψηλή, 2= Χαμηλή.
- A1, A2,..., η αρίθμηση των ερωτήσεων σύμφωνα με το ερωτηματολόγιο του Παραρτήματος Α

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59										
60										
61										
62										
63										
64										
65										
66										
67										
68										
69										
70										
71										
72										
73										
74										
75										
76										
77										
78										
79										
80										
81										
82										
83										
84										
85										
86										
87										
88										
89										
90										
91										
92										
93										
94										
95										
96										
97										
98										
99										
100										

Εικόνα 4.3: Μέρος του βοηθητικού αρχείου Excel που φαίνεται η κωδικοποίηση των ερωτήσεων που χρησιμοποιήθηκαν στο προηγούμενο αρχείο Excel.

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

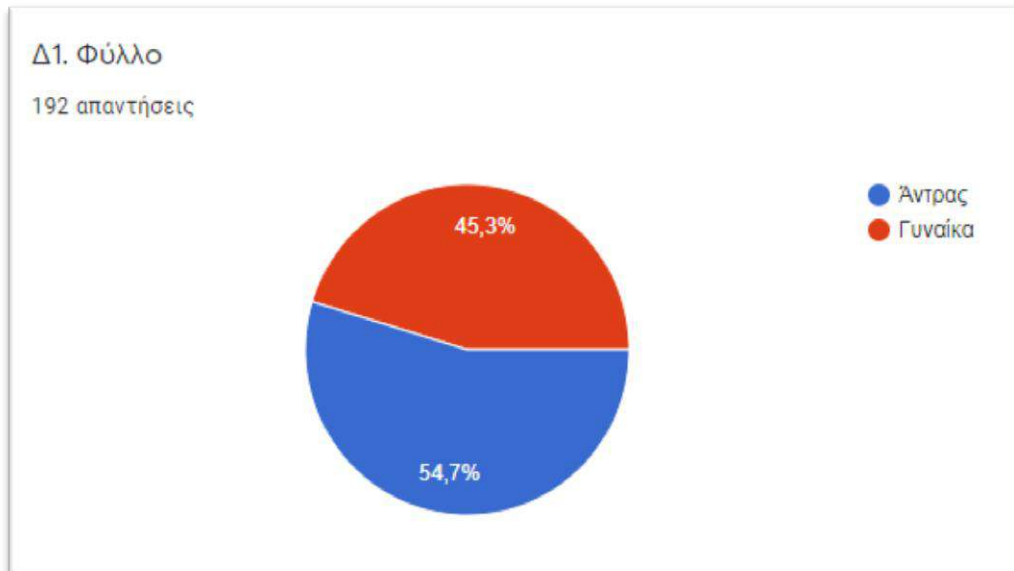
- Σε ερωτήσεις, στις οποίες οι απαντήσεις ήταν δύο, για παράδειγμα μεταξύ Ναι ή Όχι, η κωδικοποίηση στο Excel αντιστοιχεί Ναι=0 και Όχι=1. Σε ερωτήσεις, στις οποίες οι απαντήσεις ήταν άνω των δύο, η πρώτη απάντηση αντιστοιχεί στο 1, η δεύτερη απάντηση στο 2, και ούτω καθεξής.
- Οι ερωτήσεις, στις οποίες δεν έχει δοθεί απάντηση, απεικονίζονται με κενό στο αντίστοιχο κελί τους στο Excel.

4 Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

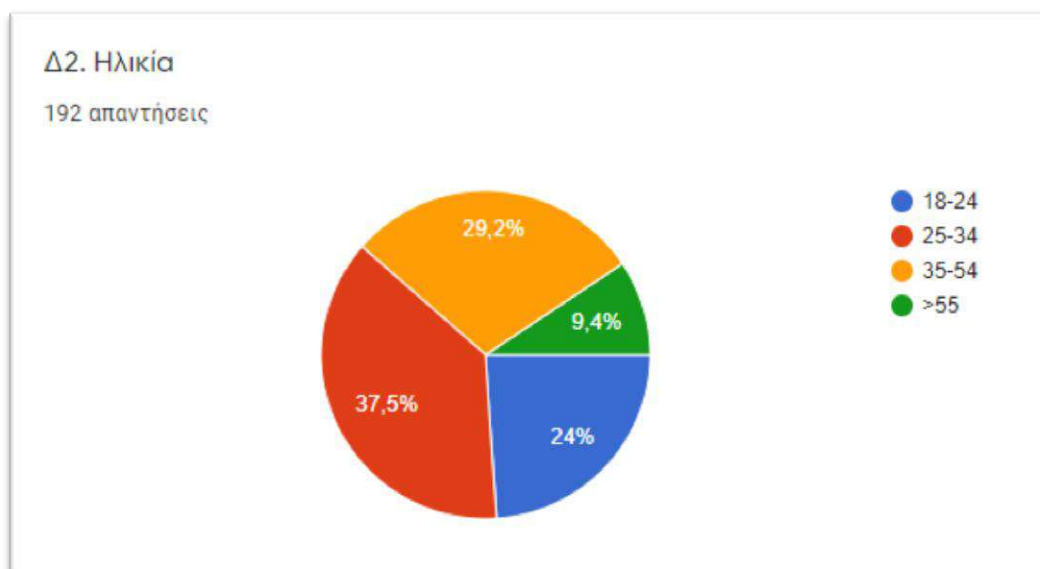
4.4 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

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.

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

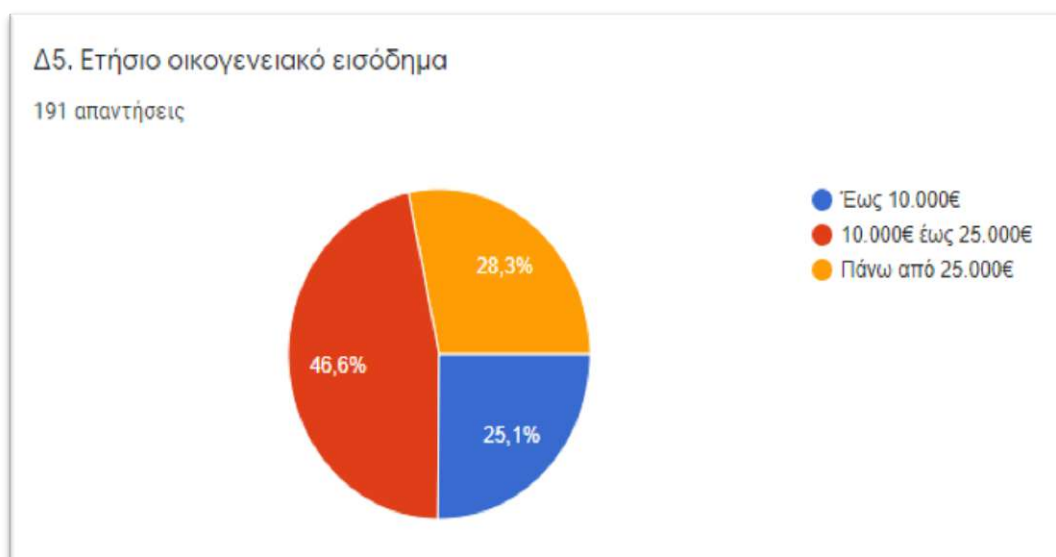


Διάγραμμα 4.1: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος ανά φύλο.

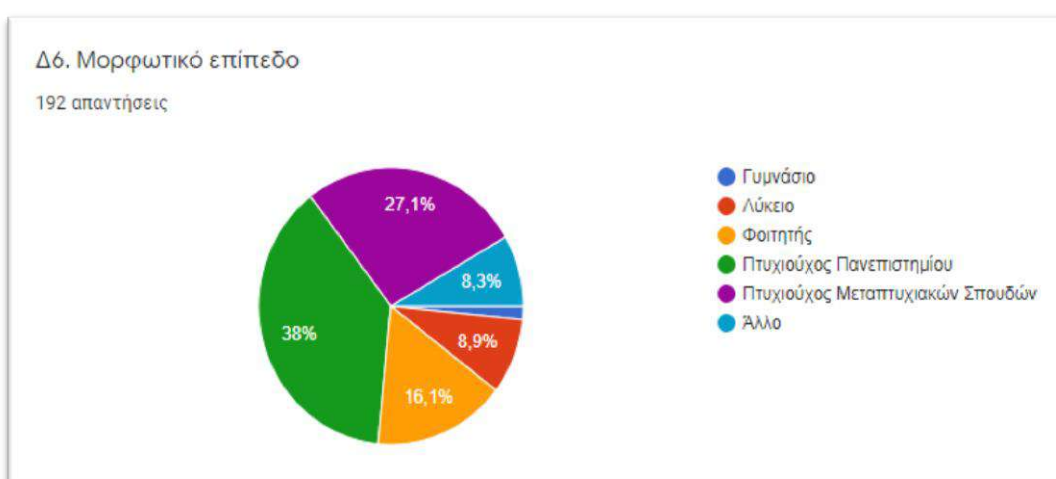


Διάγραμμα 4.2: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος ανά ηλικία

4 Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων



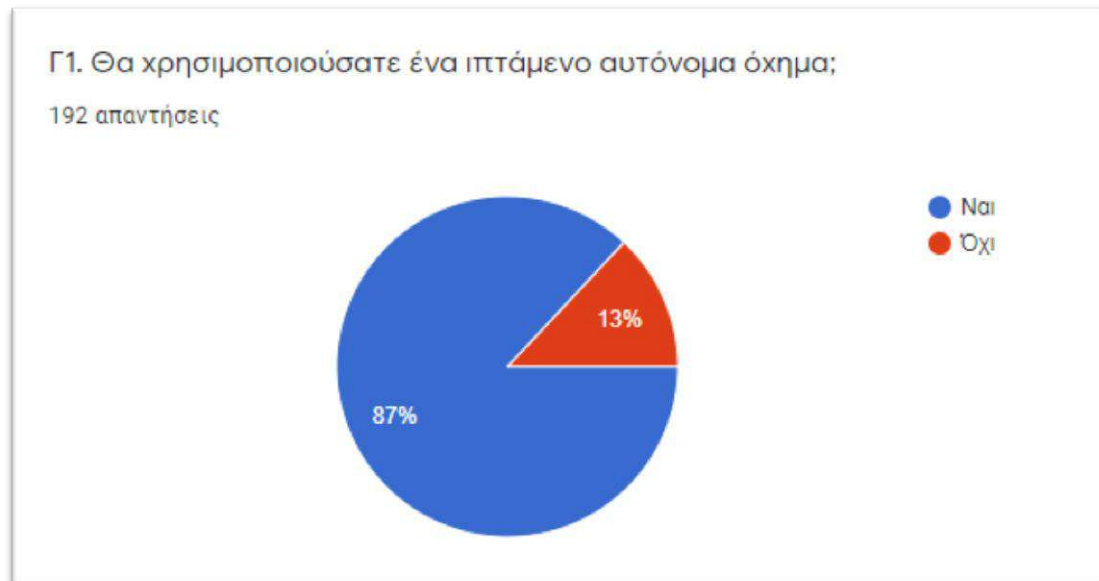
Διάγραμμα 4.3: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος ανά οικογενειακό εισόδημα.



Διάγραμμα 4.4: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος ανά μορφωτικό επίπεδο.

4 Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή του δείγματος στην ερώτηση «Θα χρησιμοποιούσατε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;»

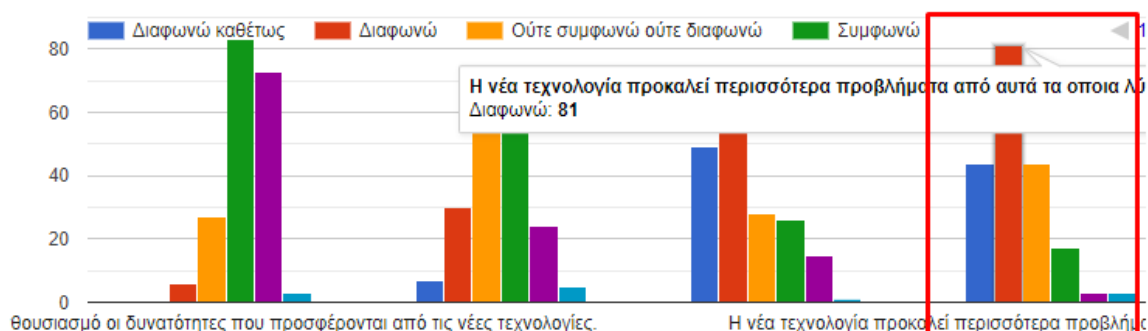


Διάγραμμα 4.5: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος στην ερώτηση «Θα χρησιμοποιούσατε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;».

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι οι ερωτηθέντες ήταν **στην πλειοψηφία τους νέοι** 25-34 ετών, **άνδρες**, με **υψηλό μορφωτικό επίπεδο** επιπέδου ΑΕΙ ή ΤΕΙ/ΙΕΚ, και **ικανοποιητική κατανομή** όσον αφορά στο φύλο.

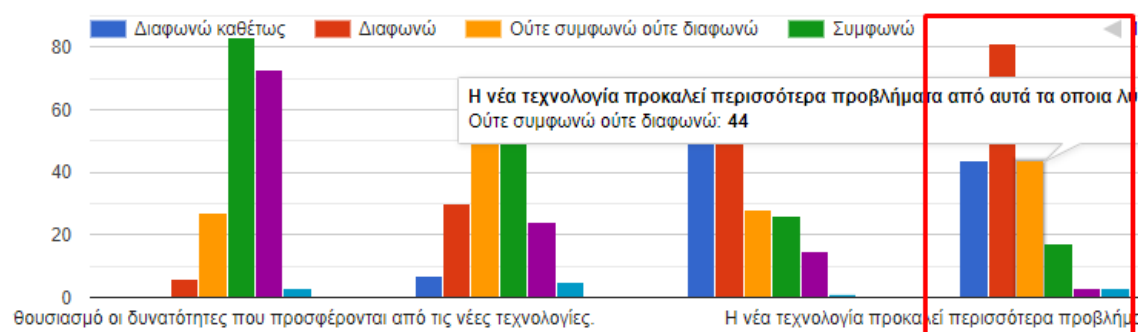
Παρακάτω, παρατίθενται μερικά εξίσου σημαντικά στατιστικά στοιχεία που αντλήθηκαν από τις απαντήσεις του ερωτηματολογίου.

Α4. Πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τις παρακάτω προτάσεις σχετικά με την τεχνολογική σας συνείδηση;



4 Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

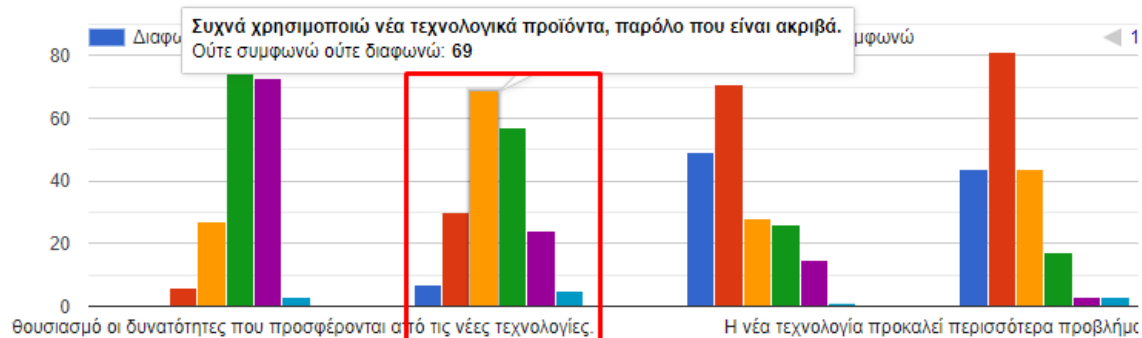
A4. Πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τις παρακάτω προτάσεις σχετικά με την τεχνολογική σας συνείδηση;



A4. Πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τις παρακάτω προτάσεις σχετικά με την τεχνολογική σας συνείδηση;

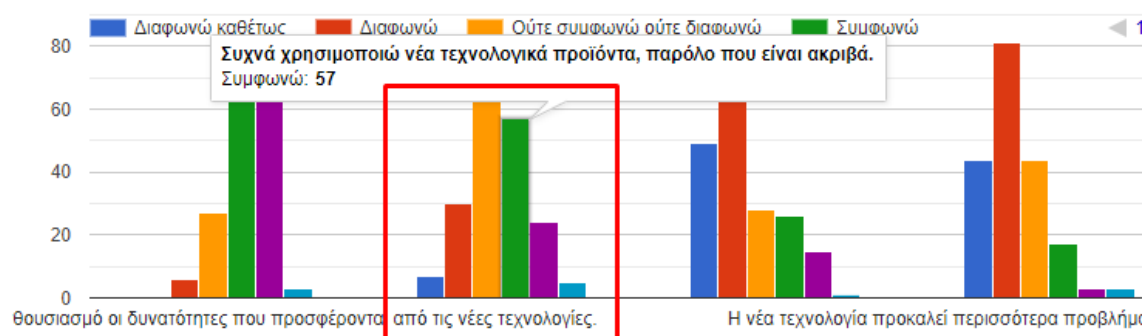


A4. Πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τις παρακάτω προτάσεις σχετικά με την τεχνολογική σας συνείδηση;



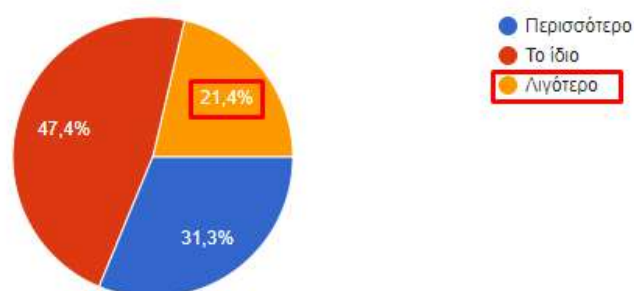
4 Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

A4. Πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τις παρακάτω προτάσεις σχετικά με την τεχνολογική σας συνείδηση;



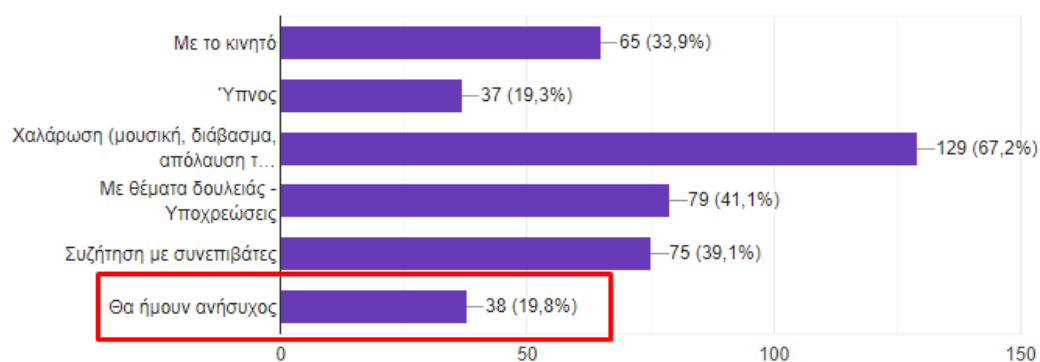
B7. Θα ταξιδεύατε περισσότερο, το ίδιο ή λιγότερο με ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;

192 απαντήσεις



B8. Με τι πιστεύετε ότι θα ασχολείστε όταν βρίσκεστε σε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα; (μπορείτε να επιλέξετε πάνω από μία απάντηση)

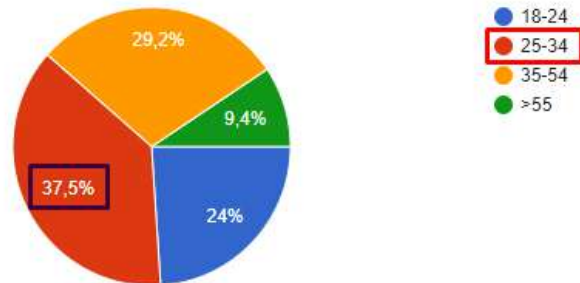
192 απαντήσεις



4 Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

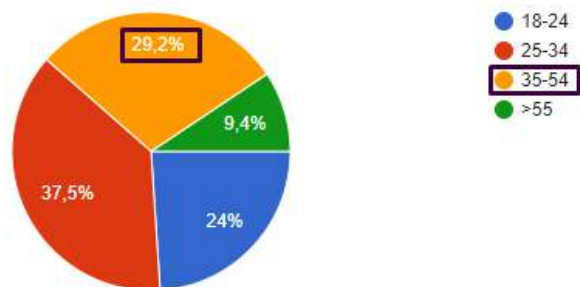
Δ2. Ηλικία

192 απαντήσεις



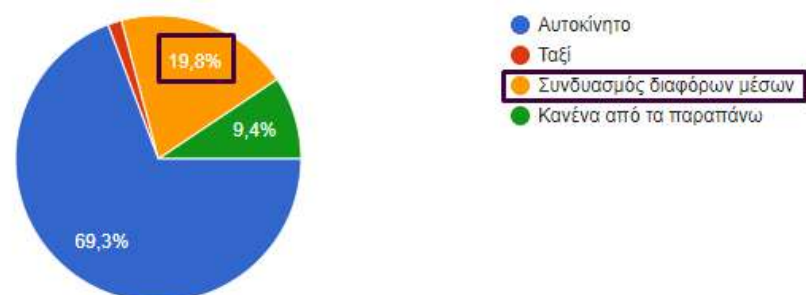
Δ2. Ηλικία

192 απαντήσεις



A2. Ποιο είναι το κύριο μέσο με το οποίο μετακινείστε από και προς την εργασία σας;

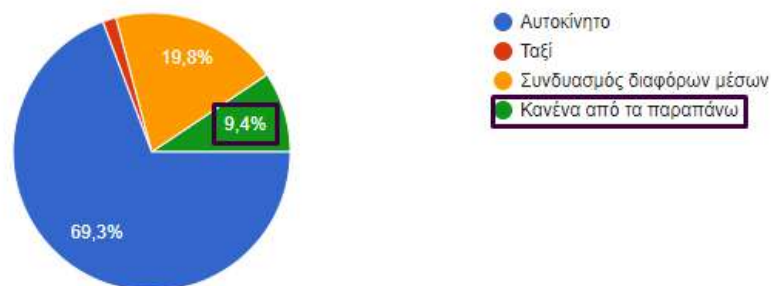
192 απαντήσεις



4 Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

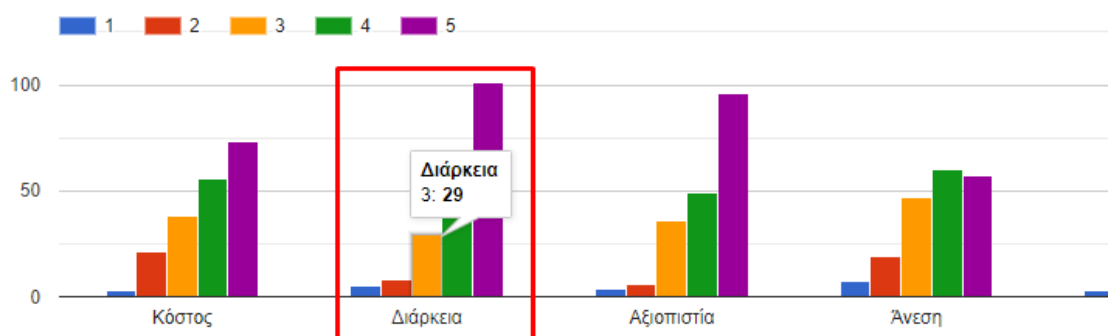
A2. Ποιο είναι το κύριο μέσο με το οποίο μετακινείστε από και προς την εργασία σας;

192 απαντήσεις



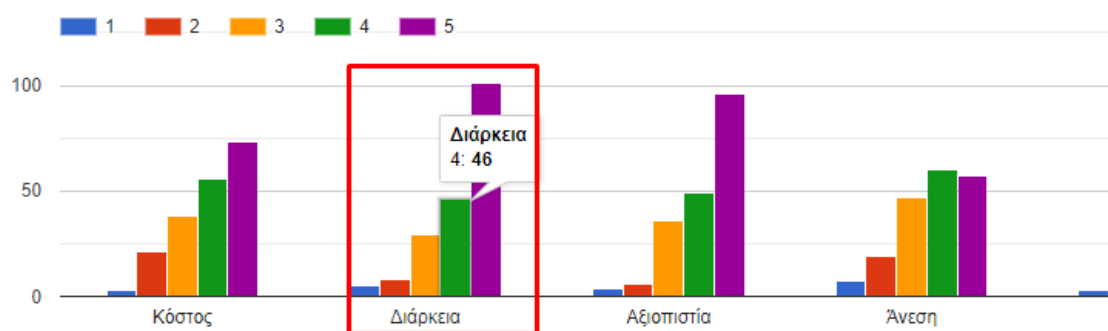
A3. Πόσο σημαντικά είναι τα παρακάτω χαρακτηριστικά κατά τη μετακίνησή σας; (

1=καθόλου σημαντικό και 5 = πολύ σημαντικό)



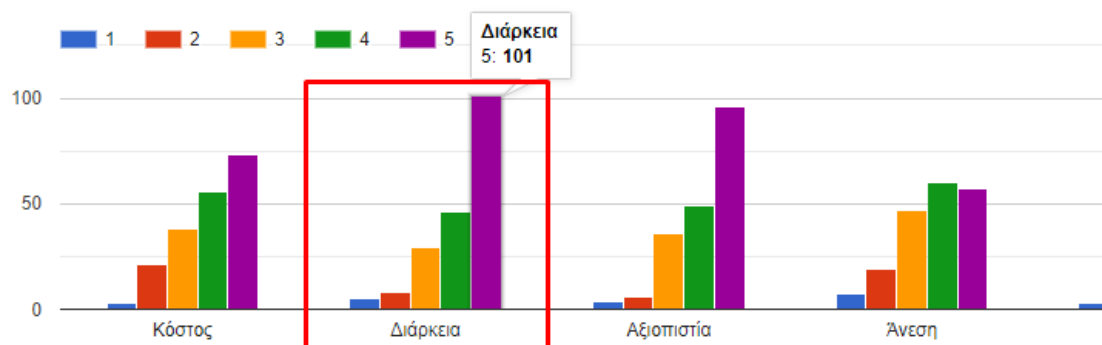
A3. Πόσο σημαντικά είναι τα παρακάτω χαρακτηριστικά κατά τη μετακίνησή σας; (

1=καθόλου σημαντικό και 5 = πολύ σημαντικό)



4 Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

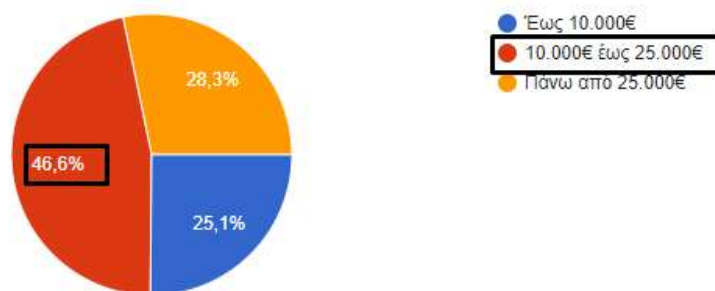
A3. Πόσο σημαντικά είναι τα παρακάτω χαρακτηριστικά κατά τη μετακίνησή σας; (1=καθόλου σημαντικό και 5 = πολύ σημαντικό)



Δ5. Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα



191 απαντήσεις



5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνονται η αναλυτική περιγραφή της **μεθοδολογίας** που ακολουθήθηκε καθώς και η παρουσίαση των **αποτελεσμάτων** της Διπλωματικής αυτής Εργασίας. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, μετά τη συλλογή των στοιχείων και την επεξεργασία τους σε πρόγραμμα excel, ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων η οποία έγινε με τη μέθοδο της Λογιστικής Παλινδρόμησης και συγκεκριμένα με χρήση του πολυωνυμικού λογιστικού προτύπου για το κομμάτι των σεναρίων και με χρήση του διωνυμικού λογιστικού προτύπου για την ερώτηση που σχετίζεται με την χρήση ή όχι ενός ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος.

Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά τα **βήματα** που έγιναν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης των κατάλληλων μοντέλων. Σημαντικό κομμάτι των αποτελεσμάτων αποτελούν οι στατιστικοί έλεγχοι που απαιτούνται για την αποδοχή ή απόρριψη των μοντέλων.

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

5.2 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.

5.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ R-Studio

Σε πρώτο στάδιο 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.

Ξεκινώντας εισάγεται μέσω της εντολής “read_excel” το αρχείο MASTERTABLE.xlsx που περιέχει κωδικοποιημένα τα στοιχεία του ερωτηματολογίου, αφού όμως πρώτα κατεβάσουμε και εγκαταστήσουμε στην βιβλιοθήκη μας την εντολή mlogit που θα χρησιμοποιηθεί εκτενώς στην συνέχεια. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία το νέο αρχείο .xlsx είχε το όνομα RDATA.xlsx.

```
library(mlogit)

library(readxl)
RDATA <- read_excel("C:/Users/user/Desktop/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ - FLYING VEHICLES/Questionnaire/MASTERTABLE.xlsx")
view(RDATA)
```

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

Και η τελική μορφή του RDATA μετά την εισαγωγή του στο R-Studio:

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

Rxxx	choice	time1	time2	time3	cost1	cost2	cost3	comfort1	comfort2	comfort3	A1	A2	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37	A41	A42	A43	A44	B1
1 R001	1	30	30	20	10	15	25	2	1	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
2 R001	2	45	30	30	30	20	35	1	2	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
3 R001	2	60	50	40	30	25	45	1	1	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
4 R001	3	45	50	20	30	25	45	2	2	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
5 R001	3	30	40	30	20	25	25	2	1	2	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
6 R001	3	45	40	40	10	15	25	2	2	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
7 R001	2	30	30	40	30	20	45	1	1	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
8 R001	1	30	50	20	10	20	35	2	1	2	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
9 R001	2	60	40	20	10	15	35	1	2	2	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
10 R001	3	45	50	40	20	15	25	2	1	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
11 R002	3	30	30	20	10	15	25	2	1	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	4	1	1	1	1
12 R002	3	45	30	30	20	20	35	1	2	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	4	1	1	1	1
13 R002	2	60	50	40	30	25	45	1	1	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	4	1	1	1	1
14 R002	3	45	50	20	30	25	45	2	2	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	4	1	1	1	1
15 R002	3	30	40	30	20	25	25	2	1	2	1	1	5	5	5	4	5	4	5	4	1	1	1	1
16 R002	1	45	40	40	10	15	25	2	2	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	4	1	1	1	1
17 R002	1	30	30	40	30	20	45	1	1	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	4	1	1	1	1
18 R002	1	30	50	20	10	20	35	2	1	2	1	1	5	5	5	4	5	4	5	4	1	1	1	1
19 R002	1	60	40	20	10	15	35	1	2	2	1	1	5	5	5	4	5	4	5	4	1	1	1	1
20 R002	3	45	50	40	20	15	25	2	1	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	4	1	1	1	1
21 R004	3	30	30	20	10	15	25	2	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5
22 R004	3	45	30	30	30	20	35	1	2	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5
23 R004	3	60	50	40	30	25	45	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5
24 R004	3	45	50	20	30	25	45	2	2	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5
25 R004	3	30	40	30	20	25	25	2	1	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5
26 R004	3	45	40	40	10	15	25	2	2	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5
27 R004	3	30	30	40	30	20	45	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5
28 R004	3	30	50	20	10	20	35	2	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5

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

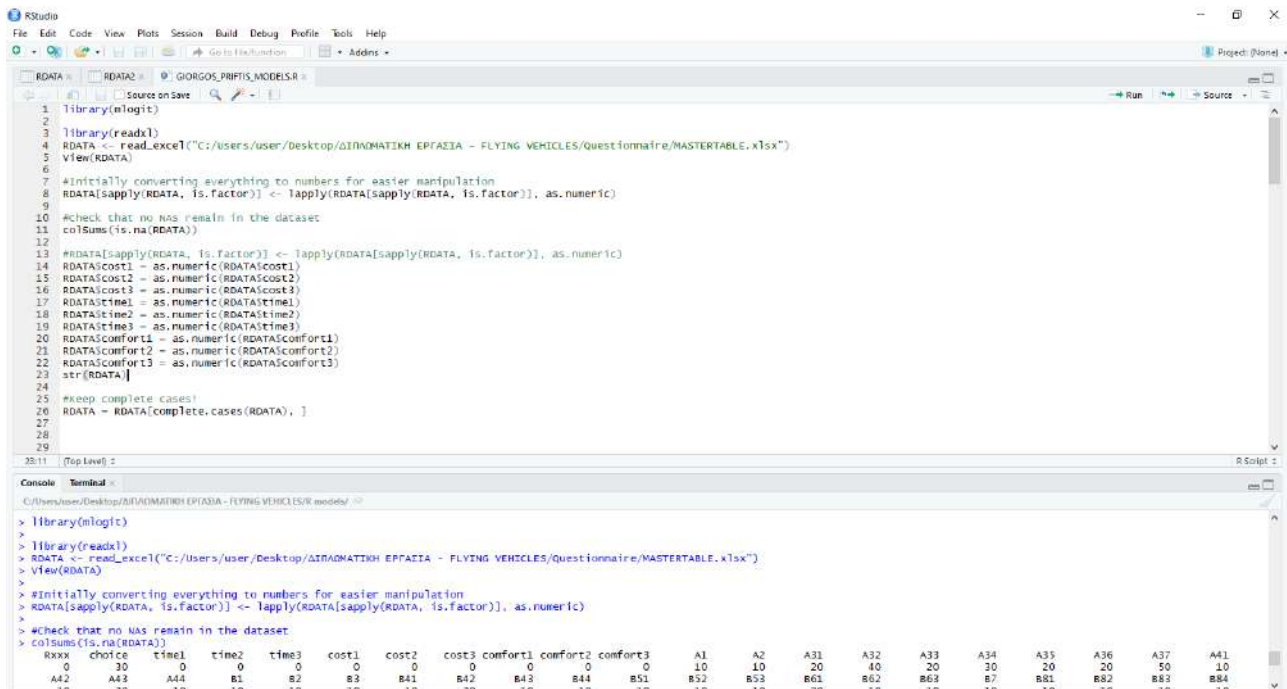
Αναλυτικότερα, στο αρχείο RDATA περιλαμβάνονται οι παρακάτω μεταβλητές και αντίστοιχες τιμές:

- Rxxx, ο αύξων αριθμός των σεναρίων ανά ερωτηθέντα ανά δεκάδες, αφού δέκα 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=I.X., choice2=ταξί, και choice3=ιπτάμενο αυτόνομο όχημα
- time1, time2, time3, η τιμή της μεταβλητής του χρόνου για το I.X., το ταξί και το ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντίστοιχα
- cost1, cost2, cost3, η τιμή της μεταβλητής του κόστους για το I.X., το ταξί και το ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντίστοιχα
- comfort1, comfort2, comfort3, η τιμή της μεταβλητής της άνεσης για το I.X., το ταξί και το ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντίστοιχα, όπου 1= Υψηλή και 2= Χαμηλή.
- A1, A2,..., η αρίθμηση των ερωτήσεων σύμφωνα με το ερωτηματολόγιο του Παραρτήματος Α

5.2.2 Ο ΚΩΔΙΚΑΣ

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 Β. Παρακάτω, περιγράφονται τα βήματα που οδήγησαν στο τελικό μοντέλο.

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα



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

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, με την εντολή `RDATA[sapply(RDATA, is.factor)] <- lapply(RDATA[sapply(RDATA, is.factor)], as.numeric)` επιβεβαιώνουμε πως όλα τα στοιχεία μας στο αρχείο RDATA είναι αριθμοί έτσι ώστε να είναι πιο εύκολη η διαχείρισή τους, ενώ με την εντολή `colSums(is.na(RDATA))` αφαιρούνται οι τιμές των παρατηρήσεων που ήταν κενές στο αρχείο.

Η **σημαντικότερη εντολή** για την εφαρμογή της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης είναι η `RDATA2 <- mlogit.data(data = RDATA, shape = "wide", choice = "choice", varying = 3:11, sep = "", id = "Rxxx", alt.levels = c(1, 2, 3))`, με την οποία το σκετ δεδομένων RDATA μετατρέπεται σε κατάλληλη μορφή σε ένα άλλο σκετ RDATA2 ώστε να είναι αναγνωρίσιμο από το στατιστικό πρόγραμμα και, έτσι, να συνεχιστεί η επεξεργασία του. Συγκεκριμένα:

- Με το `shape="wide"` μετατρέπεται το αρχικό σκετ 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 δέκα σειρές για κάθε ερωτηθέντα το RDATA2 περιλαμβάνει 30 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 ο χρόνος, το κόστος, και η άνεση για κάθε εναλλακτική επιλογή.
- Με το `id="Rxxx"` αναφέρεται η μεταβλητή που αντιπροσωπεύει τον κάθε ερωτηθέντα.
- 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=Ι.Χ., 2=ταξί, και 3=ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

Εικόνα 5.4: Το σετ δεδομένων RDATA2

Στο επόμενο βήμα, **ανατίθεται για κάθε μεταβλητή του αρχείου RDATA2 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, του κόστους και της άνεσης. Οι εντολές για την διαδικασία αυτή φαίνονται παρακάτω. (Οι μεταβλητές στις οποίες οι επιλογές είναι 2 (συνήθως Ναι ή Όχι) είναι αυτομάτως διακριτές, επομένως δεν χρειάζεται να μπουν στις εντολές).

```
RDATA2$A2 = as.factor(RDATA2$A2)
RDATA2$A31 = as.factor(RDATA2$A31)
RDATA2$A32 = as.factor(RDATA2$A32)
RDATA2$A33 = as.factor(RDATA2$A33)
RDATA2$A34 = as.factor(RDATA2$A34)
RDATA2$A35 = as.factor(RDATA2$A35)
RDATA2$A36 = as.factor(RDATA2$A36)
RDATA2$A37 = as.factor(RDATA2$A37)
RDATA2$A41 = as.factor(RDATA2$A41)
RDATA2$A42 = as.factor(RDATA2$A42)
RDATA2$A43 = as.factor(RDATA2$A43)
RDATA2$A44 = as.factor(RDATA2$A44)
RDATA2$B1 = as.factor(RDATA2$B1)
RDATA2$B3 = as.factor(RDATA2$B3)
RDATA2$B41 = as.factor(RDATA2$B41)
RDATA2$B42 = as.factor(RDATA2$B42)
RDATA2$B43 = as.factor(RDATA2$B43)
RDATA2$B44 = as.factor(RDATA2$B44)
RDATA2$B51 = as.factor(RDATA2$B51)
RDATA2$B52 = as.factor(RDATA2$B52)
RDATA2$B53 = as.factor(RDATA2$B53)
RDATA2$B61 = as.factor(RDATA2$B61)
RDATA2$B62 = as.factor(RDATA2$B62)
RDATA2$B63 = as.factor(RDATA2$B63)
RDATA2$B7 = as.factor(RDATA2$B7)
RDATA2$C2 = as.factor(RDATA2$C2)
RDATA2$D2 = as.factor(RDATA2$D2)
RDATA2$D3 = as.factor(RDATA2$D3)
RDATA2$D4 = as.factor(RDATA2$D4)
RDATA2$D5 = as.factor(RDATA2$D5)
RDATA2$D6 = as.factor(RDATA2$D6)
RDATA2$D7 = as.factor(RDATA2$D7)

RDATA$cost1 = as.numeric(RDATA$cost1)
RDATA$cost2 = as.numeric(RDATA$cost2)
RDATA$cost3 = as.numeric(RDATA$cost3)
RDATA$time1 = as.numeric(RDATA$time1)
RDATA$time2 = as.numeric(RDATA$time2)
RDATA$time3 = as.numeric(RDATA$time3)
RDATA$comfort1 = as.numeric(RDATA$comfort1)
RDATA$comfort2 = as.numeric(RDATA$comfort2)
RDATA$comfort3 = as.numeric(RDATA$comfort3)
str(RDATA)
```

Εικόνα 5.5: Η δήλωση των διακριτών μεταβλητών του αρχείου RDATA2

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

Τέλος, συντάσσεται με το πακέτο `mlogit` το **τελικό μοντέλο MLR10** με τον κώδικα ως εξής:
`MLR10 <- mlogit(choice ~ time + cost + comfort | C2 + D4 + A34 + B3 + C1 + A41 + D2, data = RDATA2)`

Συγκεκριμένα:

Η **εξαρτημένη μεταβλητή** `choice` υπολογίζεται συναρτήσει των μεταβλητών του χρόνου, κόστους και άνεσης, οι οποίες λαμβάνουν διάφορες τιμές ανάλογα την εναλλακτική επιλογή, και των ανεξάρτητων μεταβλητών `C2`, `D4`, `A34`, `B3`, `C1`, `A41` και `D2`, των οποίων οι τιμές παραμένουν σταθερές ανεξάρτητα της εναλλακτικής επιλογής. Ο συνδυασμός αυτών των παραμέτρων επετεύχθη μετά από πολλές δοκιμές.

Ως **επίπεδο αναφοράς**, ορίζεται αυτόματα η πρώτη επιλογή των σεναρίων, δηλαδή το 1=Ι.Χ. Αυτό είναι και το επιθυμητό επίπεδο αναφοράς αφού οι πλειοψηφία του πληθυσμού μετακινείται με Ι.Χ. Έτσι, οι δύο συναρτήσεις που προκύπτουν από το μαθηματικό μοντέλο για τα ταξί και τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα ερμηνεύονται συγκριτικά με την επιλογή του Ι.Χ..

5.2.3 ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Από το `MLR10` που εξετάστηκε παραπάνω προκύπτουν οι **δύο συναρτήσεις χρησιμότητας** για τα ταξί και τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα αντίστοιχα. Οι συντελεστές αυτών των συναρτήσεων εμφανίζονται στο R-Studio με την εντολή `summary(MLR10)`, 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.

Η μορφή του τελικού μοντέλου στο R-Studio φαίνεται στην επόμενη σελίδα.

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

Coefficients :

	Estimate	Std. Error	z-value	Pr(> z)
2:(intercept)	-1.1537018	0.9945209	-1.1601	0.2460253
3:(intercept)	2.2679817	0.7787327	2.9124	0.0035866 **
time	-0.0810482	0.0056650	-14.3069	< 2.2e-16 ***
cost	-0.1037893	0.0079507	-13.0541	< 2.2e-16 ***
comfort	-0.3932550	0.0904432	-4.3481	1.373e-05 ***
2:C22	-0.0761384	0.2508224	-0.3036	0.7614668
3:C22	-0.5224659	0.1971811	-2.6497	0.0080569 **
2:C23	-2.5880349	1.1155681	-2.3199	0.0203449 *
3:C23	0.4960289	0.5637052	0.8799	0.3788898
2:C24	0.6760482	0.9724037	0.6952	0.4869086
3:C24	2.1885275	1.2473295	1.7546	0.0793328 .
2:D42	0.0231674	0.2391169	0.0969	0.9228160
3:D42	-0.6831140	0.2103661	-3.2473	0.0011652 **
2:D43	-0.5662156	0.2580158	-2.1945	0.0281995 *
3:D43	-0.8297461	0.2311257	-3.5900	0.0003307 ***
2:D44	-0.5800783	0.2299989	-2.5221	0.0116659 *
3:D44	-0.5952179	0.2046986	-2.9078	0.0036401 **
2:D45	-0.6136038	0.5365364	-1.1436	0.2527735
3:D45	0.6931180	0.3728938	1.8588	0.0630619 .
2:D46	-0.7412066	0.5000582	-1.4822	0.1382763
3:D46	-0.8095154	0.4557071	-1.7764	0.0756680 .
2:A342	0.1063280	0.6748602	0.1576	0.8748069
3:A342	-1.0956612	0.5398194	-2.0297	0.0423890 *
2:A343	-1.0325919	0.6585304	-1.5680	0.1168754
3:A343	-2.1573774	0.5129399	-4.2059	2.600e-05 ***
2:A344	-0.8697014	0.6526580	-1.3326	0.1826785
3:A344	-1.9317057	0.5083138	-3.8002	0.0001446 ***
2:A345	-1.3924941	0.6539395	-2.1294	0.0332218 *
3:A345	-1.6453848	0.5011442	-3.2833	0.0010262 **
2:B32	0.2999763	0.2206795	1.3593	0.1740420
3:B32	0.2571817	0.1790530	1.4363	0.1509046
2:B33	0.0999173	0.2137506	0.4674	0.6401793
3:B33	-0.8202544	0.1857850	-4.4151	1.010e-05 ***
2:C1	0.4859126	0.2446809	1.9859	0.0470441 *
3:C1	2.1451935	0.3290271	6.5198	7.040e-11 ***
2:A413	0.6972788	0.7229726	0.9645	0.3348149
3:A413	-1.5680707	0.5374974	-2.9174	0.0035301 **
2:A414	1.1851221	0.7008880	1.6909	0.0908584 .
3:A414	-0.9832683	0.5048587	-1.9476	0.0514615 .
2:A415	0.5515372	0.7004625	0.7874	0.4310536
3:A415	-0.8921270	0.4974887	-1.7933	0.0729312 .
2:A416	0.9233026	0.8636185	1.0691	0.2850204
3:A416	-2.2091539	0.7184540	-3.0749	0.0021059 **
2:D22	-0.0679087	0.2054394	-0.3306	0.7409818
3:D22	-0.1435340	0.1842762	-0.7789	0.4360346
2:D23	0.2455920	0.2185104	1.1239	0.2610397
3:D23	0.1755241	0.1910477	0.9187	0.3582292
2:D24	-0.4198582	0.3649421	-1.1505	0.2499467
3:D24	-0.8825196	0.3151681	-2.8002	0.0051078 **

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

Log-Likelihood: -1332.3

McFadden R²: 0.20558

Likelihood ratio test : chisq = 689.57 (p.value = < 2.22e-16)

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

Με βάση τα παραπάνω οι τελικές συναρτήσεις χρησιμότητας U_2 και U_3 για τα ταξί και τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα αντίστοιχα με επίπεδο αναφοράς το Ι.Χ. είναι οι εξής:

Συνάρτηση επιλογής ταξί:

$$U_2 = -0,081 * time - 0,104 * cost - 0,393 * comfort - 2,588 * C23 - 0,566 * D43 - 0,580 * D44 - 1,392 * A345 + 0,486 * C1$$

και η πιθανότητα επιλογής ταξί ορίζεται:

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

Συγκεκριμένα:

- Η συνάρτηση δεν διαθέτει σταθερό όρο
- time, η μεταβλητή του χρόνου
- cost, η μεταβλητή του κόστους
- comfort, η μεταβλητή της άνεσης
- C23, η επιλογή «Θα χρησιμοποιούσα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα μόνο αν δεν είχα την επιλογή χρήσης ταξί» στην ερώτηση «Θα χρησιμοποιούσατε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα μέσα στον πρώτο χρόνο από την κυκλοφορία τους ή θα περιμένατε περισσότερα χρόνια;».
- D43, η επιλογή «3 άτομα» στην ερώτηση «Αριθμός ατόμων νοικοκυριού».
- D44, η επιλογή «4 άτομα» στην ερώτηση «Αριθμός ατόμων νοικοκυριού»
- A345, η επιλογή «Πολύ σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η άνεση κατά τη μετακίνησή σας;»
- C1, η επιλογή «Ναι» στην ερώτηση «Θα χρησιμοποιούσατε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;»

Συνάρτηση επιλογής ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος:

$$U_3 = 2,268 - 0,081 * time - 0,104 * cost - 0,393 * comfort - 0,522 * C22 - 0,683 * D42 - 0,830 * D43 - 0,595 * D44 - 1,096 * A342 - 2,157 * A343 - 1,932 * A344 - 1,645 * A345 - 0,820 * B33 + 2,145 * C1 - 1,568 * A413 - 2,209 * A416 - 0,883 * D24$$

και η πιθανότητα επιλογής ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος ορίζεται:

$$P_3 = \frac{e^{U_3}}{1 + e^{U_3} + e^{U_2}}$$

Συγκεκριμένα:

- Ο όρος 2,268 αποτελεί τον σταθερό όρο της συνάρτησης
- time, η μεταβλητή του χρόνου
- cost, η μεταβλητή του κόστους
- comfort, η μεταβλητή της άνεσης
- C22, η επιλογή «Θα περίμενα μέχρι να αισθανόμουν άνετα» στην ερώτηση «Θα χρησιμοποιούσατε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα μέσα στον πρώτο χρόνο από την κυκλοφορία τους ή θα περιμένατε περισσότερα χρόνια;».
- D42, η επιλογή «2 άτομα» στην ερώτηση «Αριθμός ατόμων νοικοκυριού».
- D43, η επιλογή «3 άτομα» στην ερώτηση «Αριθμός ατόμων νοικοκυριού».
- D44, η επιλογή «4 άτομα» στην ερώτηση «Αριθμός ατόμων νοικοκυριού».
- A342, η επιλογή «Λίγο σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η άνεση κατά τη μετακίνησή σας;».
- A343, η επιλογή «Σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η άνεση κατά τη μετακίνησή σας;».

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

- A344, η επιλογή «Αρκετά σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η άνεση κατά τη μετακίνηση σας;».
- A345, η επιλογή «Πολύ σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η άνεση κατά τη μετακίνηση σας;».
- B33, η επιλογή «Λιγότερο ασφαλή» στην ερώτηση «Πόσο ασφαλή πιστεύετε ότι είναι τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα σε σχέση με τα κοινά οχήματα της εποχής μας;».
- C1, η επιλογή «Ναι» στην ερώτηση «Θα χρησιμοποιούσατε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;».
- A413, η επιλογή «Ούτε διαφωνώ ούτε συμφωνώ» στην ερώτηση «Πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με την παρακάτω πρόταση σχετικά με την τεχνολογική σας συνείδηση: Μου προκαλούν ενθουσιασμό οι δυνατότητες που προσφέρονται από τις νέες τεχνολογίες».
- A416, η επιλογή «Δε γνωρίζω» στην ερώτηση «Πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με την παρακάτω πρόταση σχετικά με την τεχνολογική σας συνείδηση: Μου προκαλούν ενθουσιασμό οι δυνατότητες που προσφέρονται από τις νέες τεχνολογίες».
- D24, η επιλογή «>55 χρονών» στην ερώτηση «Ηλικία».

5.2.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

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 της επόμενης σελίδας συγκεντρωτικά για κάθε συνάρτηση που αναπτύχθηκε παραπάνω.

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ	P-Value	Odds Ratio	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ
2: στ. όρος	-1,154	0,246	-	Μη Σημαντικό
3: στ. όρος	2,268	0,003	-	0,01
Time	-0,081	<0,001	0,92	0,001
Cost	-0,104	<0,001	0,90	0,001
Comfort	-0,393	<0,001	0,68	0,001
2:C22	-0,076	0,761	0,93	Μη Σημαντικό
3:C22	-0,522	0,008	0,59	0,01
2:C23	-2,588	0,020	0,08	0,05
3:C23	0,496	0,379	1,64	Μη Σημαντικό
2:C24	0,676	0,487	1,97	Μη Σημαντικό
3:C24	2,189	0,079	8,93	Μη Σημαντικό
2:D42	0,023	0,923	1,02	Μη Σημαντικό
3:D42	-0,683	0,001	0,51	0,01
2:D43	-0,566	0,028	0,57	0,05
3:D43	-0,830	<0,001	0,44	0,001
2:D44	-0,580	0,012	0,56	0,05
3:D44	-0,595	0,004	0,55	001
2:D45	-0,614	0,253	0,54	Μη Σημαντικό
3:D45	0,693	0,063	2,00	Μη Σημαντικό
2:D46	-0,741	0,138	0,48	Μη Σημαντικό
3:D46	-0,810	0,076	0,44	Μη Σημαντικό
2:A342	0,106	0,875	1,11	Μη Σημαντικό
3:A342	-1,096	0,042	0,33	0,05
2:A343	-1,033	0,117	0,36	Μη Σημαντικό
3:A343	-2,158	<0,001	0,12	0,001
2:A344	-0,870	0,183	0,42	Μη Σημαντικό
3:A344	-1,932	<0,001	0,14	0,001
2:A345	-1,392	0,033	0,00	0,05
3:A345	-1,645	0,001	0,19	0,01
2:B32	0,300	0,174	1,35	Μη Σημαντικό
3:B32	0,257	0,151	1,29	Μη Σημαντικό
2:B33	0,010	0,640	1,01	Μη Σημαντικό
3:B33	-0,820	<0,001	0,44	0,001
2:C1	0,486	0,047	1,63	0,05
3:C1	2,145	<0,001	8,54	0,001
2:A413	0,697	0,335	2,01	Μη Σημαντικό
3:A413	-1,568	0,004	0,21	0,01
2:A414	1,185	0,091	3,27	Μη Σημαντικό
3:A414	-0,983	0,051	0,37	Μη Σημαντικό
2:A415	0,552	0,431	1,74	Μη Σημαντικό
3:A415	-0,892	0,073	0,41	Μη Σημαντικό
2:A416	0,923	0,0285	2,52	Μη Σημαντικό
3:A416	-2,209	0,002	0,11	0,01
2:D22	-0,068	0,741	0,93	Μη Σημαντικό
3:D22	-0,144	0,436	0,87	Μη Σημαντικό
2:D23	0,246	0,261	1,28	Μη Σημαντικό
3:D23	0,176	0,358	1,19	Μη Σημαντικό
2:D24	-0,420	0,250	0,66	Μη Σημαντικό
3:D24	-0,883	0,005	0,41	0,01

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

Αναλυτικότερα:

- *Μεταβλητές*, το όνομα των μεταβλητών που έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο. Οι αριθμοί 2 και 3 στην αρχή του ονόματος αντιπροσωπεύουν τις συναρτήσεις

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

χρησιμότητας 2 και 3 αντίστοιχα, στις οποίες αναφέρονται οι μεταβλητές. Οι μεταβλητές *time*, *cost*, *comfort* 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 3.5.
- *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 3.6.

Όσον αφορά **στον έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών**, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3.6, ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα R-Studio με την εντολή `cor(RDATA2[,unlist(lapply(RDATA2,is.numeric))])` χωρίς να παρατηρηθεί συσχέτιση μεταξύ τους.

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε στο R-Studio διαθέτει **συντελεστή $R^2=0.20558$** , οποίος είναι μεταξύ 0.20-0.40 και, συνεπώς, γίνεται αποδεκτός.

5.2.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρατίθεται η ερμηνεία των συναρτήσεων χρησιμότητας που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Αρχικά, η **συνάρτηση χρησιμότητας U_2** , η οποία εκφράζει τη συνάρτηση για την επιλογή του ταξί ορίζεται ως εξής:

$$U_2 = -0,081 * time - 0,104 * cost - 0.393 * comfort - 2,588 * C23 - 0,566 * D43 - 0,580 * D44 - 1,392 * A345 + 0,486 * C1$$

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται **8 μεταβλητές και καμία σταθερά**. Αυτές είναι:

- *time*, η μεταβλητή του χρόνου
- *cost*, η μεταβλητή του κόστους
- *comfort*, η μεταβλητή της άνεσης
- C23, η επιλογή «Θα χρησιμοποιούσα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα μόνο αν δεν είχα την επιλογή χρήσης ταξί» στην ερώτηση «Θα χρησιμοποιούσατε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα μέσα στον πρώτο χρόνο από την κυκλοφορία τους ή θα περιμένατε περισσότερα χρόνια;».
- D43, η επιλογή «3 άτομα» στην ερώτηση «Αριθμός ατόμων νοικοκυριού».
- D44, η επιλογή «4 άτομα» στην ερώτηση «Αριθμός ατόμων νοικοκυριού»
- A345, η επιλογή «Πολύ σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η άνεση κατά τη μετακίνησή σας;»
- C1, η επιλογή «Ναι» στην ερώτηση «Θα χρησιμοποιούσατε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;».

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

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

- Αύξηση του **χρόνου** κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ταξί αντί Ι.Χ. κατά 0,92 φορές ή 8%.
- Αύξηση του **κόστους** κατά μια μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ταξί αντί Ι.Χ. κατά 0,90 φορές ή 10%.
- Μείωση του επιπέδου **άνεσης** από Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Χαμηλό οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ταξί αντί Ι.Χ. κατά 0,68 φορές ή 32%.
- Εκείνοι που θα χρησιμοποιούσαν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα μόνο αν **δεν είχαν την επιλογή χρήσης ταξί** ήταν κατά 92% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ταξί αντί Ι.Χ.
- Εκείνοι που το **νοικοκυριό** τους αποτελείται από 3 άτομα ήταν κατά 43% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ταξί αντί Ι.Χ. ενώ αντίστοιχα όσων το νοικοκυριό αποτελείται από 4 άτομα ήταν κατά 44% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ταξί αντί Ι.Χ. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως, συνήθως, οι οικογενειάρχες μεγαλύτερων οικογενειών έχουν μεγαλύτερο αίσθημα ευθύνης και προτιμούν να έχουν την κατάσταση στα χέρια τους και όχι στα χέρια κάποιου άλλου οδηγού. Επίσης, ως μεγαλύτερες οικογένειες τα έξοδα τους είναι αυξημένα, πράγμα που στρέφει την προσοχή τους σε οικονομικότερες επιλογές μετακίνησης από ένα ταξί.
- Εκείνοι που θεωρούν την **άνεση** «Πολύ σημαντική» στις μετακινήσεις τους ήταν κατά 100% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ταξί αντί Ι.Χ. Γίνεται επομένως αντιληπτό πως η άνεση στις μετακινήσεις μεταφράζεται για τους Έλληνες ως η χρήση του δικού τους προσωπικού οχήματος.
- Εκείνοι που **θα χρησιμοποιούσαν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα** είχαν 1,63 φορές περισσότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ταξί αντί Ι.Χ. Από αυτό συμπεραίνουμε πως αυτοί που θα αποδέχονταν την χρήση ενός ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος πιο εύκολα, έχουν στην φιλοσοφία τους την χρήση κοινόχρηστων μέσων για τις μεταφορές τους και για αυτό θα ήταν και πιο θετική ως προς την χρήση ταξί.

Η **συνάρτηση χρησιμότητας U3**, η οποία εκφράζει τη συνάρτηση για την επιλογή ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος ορίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} U3 = & 2,268 - 0,081 * time - 0,104 * cost - 0,393 * comfort - 0,522 * C22 - 0,683 \\ & * D42 - 0,830 * D43 - 0,595 * D44 - 1,096 * A342 - 2,157 * A343 \\ & - 1,932 * A344 - 1,645 * A345 - 0,820 * B33 + 2,145 * C1 - 1,568 \\ & * A413 - 2,209 * A416 - 0,883 * D24 \end{aligned}$$

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται **μία σταθερά και 16 μεταβλητές**. Αυτές είναι:

- time, η μεταβλητή του χρόνου
- cost, η μεταβλητή του κόστους
- comfort, η μεταβλητή της άνεσης
- C22, η επιλογή «Θα περίμενα μέχρι να αισθανόμουν άνετα» στην ερώτηση «Θα χρησιμοποιούσατε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα μέσα στον πρώτο χρόνο από την κυκλοφορία τους ή θα περιμένατε περισσότερα χρόνια;».

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

- D42, η επιλογή «2 άτομα» στην ερώτηση «Αριθμός ατόμων νοικοκυριού».
- D43, η επιλογή «3 άτομα» στην ερώτηση «Αριθμός ατόμων νοικοκυριού».
- D44, η επιλογή «4 άτομα» στην ερώτηση «Αριθμός ατόμων νοικοκυριού».
- A342, η επιλογή «Λίγο σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η άνεση κατά τη μετακίνησή σας;».
- A343, η επιλογή «Σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η άνεση κατά τη μετακίνησή σας;».
- A344, η επιλογή «Αρκετά σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η άνεση κατά τη μετακίνησή σας;».
- A345, η επιλογή «Πολύ σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η άνεση κατά τη μετακίνησή σας;».
- B33, η επιλογή «Λιγότερο ασφαλή» στην ερώτηση «Πόσο ασφαλή πιστεύετε ότι είναι τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα σε σχέση με τα κοινά οχήματα της εποχής μας;».
- C1, η επιλογή «Ναι» στην ερώτηση «Θα χρησιμοποιούσατε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;».
- A413, η επιλογή «Ούτε διαφωνώ ούτε συμφωνώ» στην ερώτηση «Πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με την παρακάτω πρόταση σχετικά με την τεχνολογική σας συνείδηση: Μου προκαλούν ενθουσιασμό οι δυνατότητες που προσφέρονται από τις νέες τεχνολογίες».
- A416, η επιλογή «Δε γνωρίζω» στην ερώτηση «Πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με την παρακάτω πρόταση σχετικά με την τεχνολογική σας συνείδηση: Μου προκαλούν ενθουσιασμό οι δυνατότητες που προσφέρονται από τις νέες τεχνολογίες».
- D24, η επιλογή «>55 χρονών» στην ερώτηση «Ηλικία».

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

- Αύξηση του **χρόνου** κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος αντί Ι.Χ. κατά 0,92 φορές ή 8%.
- Αύξηση του **κόστους** κατά μια μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος αντί Ι.Χ. κατά 0,90 φορές ή 10%.
- Μείωση του επιπέδου **άνεσης** από Υψηλό (επίπεδο αναφοράς) σε Χαμηλό οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος αντί Ι.Χ. κατά 0,68 φορές ή 32%.
- Εκείνοι που θα περίμεναν να **αισθανθούν άνετα** μέχρι να κάνουν χρήση ενός ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος ήταν κατά 41% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντί Ι.Χ.
- Εκείνοι που το **νοικοκυριό** τους αποτελείται από 2 άτομα ήταν κατά 49% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντί Ι.Χ, αυτοί που το νοικοκυριό τους αποτελείται από 3 άτομα ήταν κατά 56% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντί Ι.Χ. ενώ αντίστοιχα όσων το νοικοκυριό αποτελείται από 4 άτομα ήταν κατά 45% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντί Ι.Χ. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, συνήθως, οι οικογενειάρχες μεγαλύτερων οικογενειών έχουν μεγαλύτερο αίσθημα ευθύνης και προτιμούν να μην αφήνουν την κατάσταση «στα χέρια» της τεχνολογίας. Επίσης, ως μεγαλύτερες οικογένειες τα έξοδα τους είναι αυξημένα, πράγμα που στρέφει την προσοχή τους σε οικονομικότερες επιλογές μετακίνησης από ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

- Εκείνοι που θεωρούν την **άνεση** «Λίγο σημαντική» στις μετακινήσεις τους είχαν κατά 67% λιγότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντί Ι.Χ. Αυτοί που θεωρούν την άνεση «Σημαντική» στις μετακινήσεις τους είχαν κατά 88% λιγότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντί Ι.Χ. Αυτοί που θεωρούν την άνεση «Αρκετά σημαντική» στις μετακινήσεις τους είχαν κατά 86% λιγότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντί Ι.Χ. και τέλος αυτοί που θεωρούν την άνεση «Πολύ σημαντική» στις μετακινήσεις τους είχαν κατά 81% λιγότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντί Ι.Χ. Είναι ξεκάθαρο λοιπόν πως η άνεση στις μετακινήσεις μεταφράζεται για τους Έλληνες ως η χρήση του δικού τους προσωπικού οχήματος και πολύ δύσκολα θα την θυσιάσουν για κάποιο άλλο μέσο.
- Εκείνοι που θεωρούν ότι τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα θα είναι λιγότερο **ασφαλή** σε σχέση με τα κοινά οχήματα της εποχής μας είχαν κατά 56% λιγότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντί Ι.Χ.
- Εκείνοι που **θα χρησιμοποιούσαν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα** είχαν 8,54 φορές περισσότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν αυτόνομο ιπτάμενο όχημα αντί Ι.Χ.
- Εκείνοι που «Ούτε συμφωνούν ούτε διαφωνούν» με την πρόταση: «**Μου προκαλούν ενθουσιασμό οι δυνατότητες που προσφέρονται από τις νέες τεχνολογίες**» είχαν κατά 79% λιγότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντί Ι.Χ. Αυτοί που «Δεν γνωρίζουν» (είναι αδιάφοροι) για το αν τους προκαλούν ενθουσιασμό οι δυνατότητες που προσφέρονται από τις νέες τεχνολογίες είχαν κατά 89% λιγότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντί Ι.Χ. Επομένως, οι άνθρωποι που δεν έχουν τόσο μεγάλο ενδιαφέρον για την εξέλιξη της τεχνολογίας φαίνεται να αποφεύγουν την επιλογή χρήσης ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος, ενός μέσου δηλαδή που όλη η φιλοσοφία τους βασίζεται στις νέες τεχνολογικές ιδιότητες.
- Εκείνοι που είναι **μεγαλύτεροι των 55 ετών** είχαν κατά 59% λιγότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντί Ι.Χ. Αυτό είναι λογικό, αφού συνήθως μεγαλύτεροι σε ηλικία άνθρωποι δεν είναι σωστά ενημερωμένοι για την εξέλιξη και τις ικανότητες της νέας τεχνολογίας και προτιμούν να παραμείνουν πιστοί σε τεχνολογίες παλαιότερες, γνωστές σε αυτούς.

5.2.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

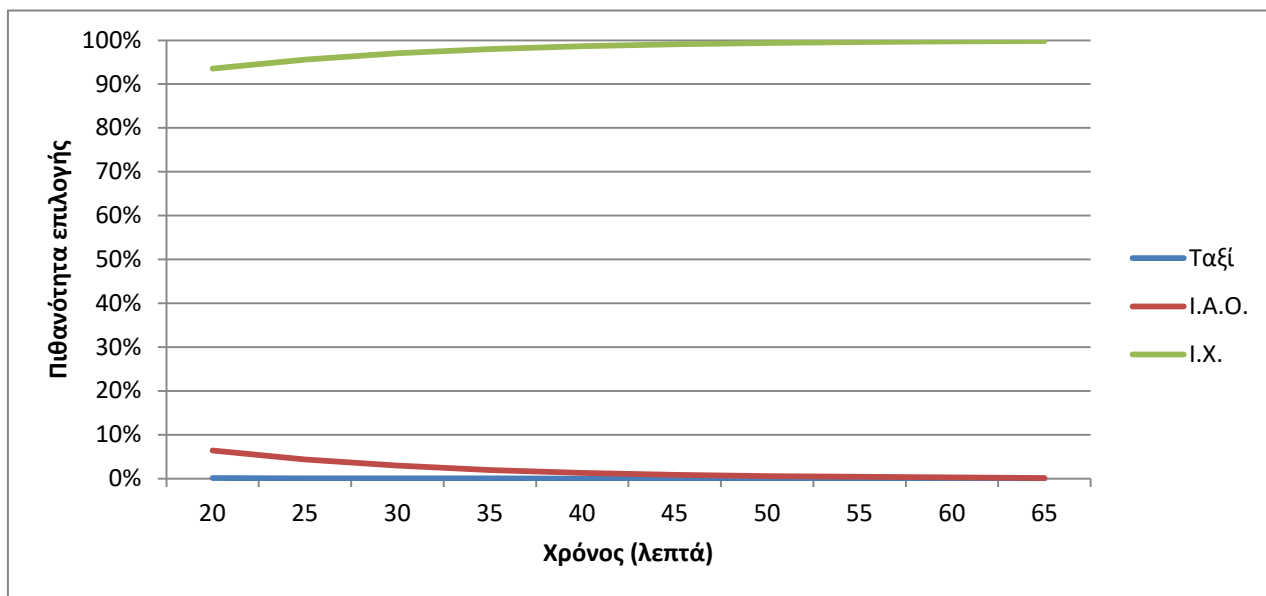
Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένα **διαγράμματα ευαισθησίας** που δημιουργήθηκαν με σκοπό την ευχερέστερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην επιλογή Ι.Χ., ταξί και ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος.

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

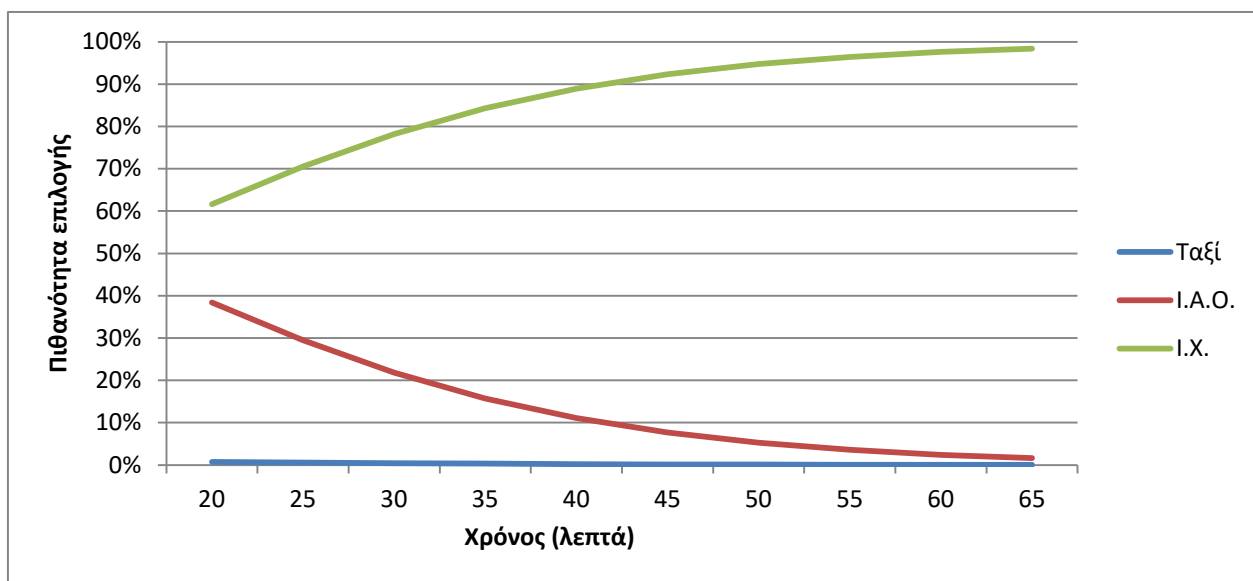
Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η παρούσα έρευνα βασίστηκε στη μέθοδο της δεδομένης προτίμησης και σε υποθετικά σενάρια πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα **ενδεχομένως να διαφέρουν** σε περίπτωση που η έρευνα διεξαχθεί με κάποια άλλη μεθοδολογία ή εάν αλλάξουν τα δεδομένα, όπως για παράδειγμα εάν ξεκινήσει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

Τα διαγράμματα ανάλυσης ευαισθησίας **παρουσιάζονται παρακάτω:**

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

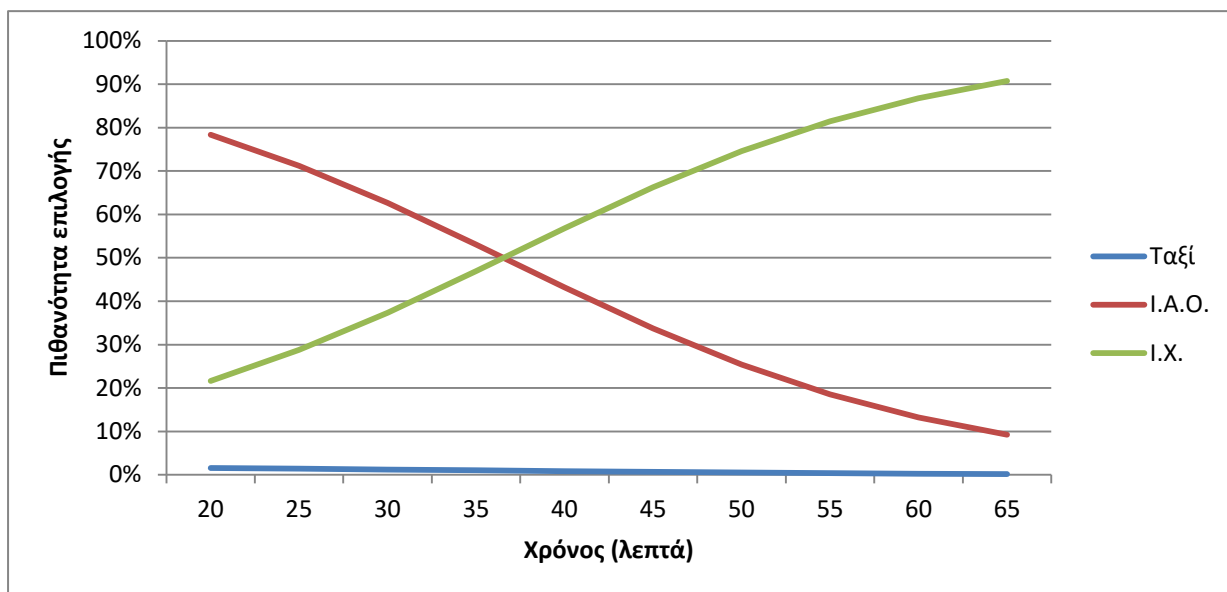


Διάγραμμα 5.1 : Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για υψηλό κόστος, υψηλή άνεση και Έλληνες που δήλωσαν πως θα χρησιμοποιούσαν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.

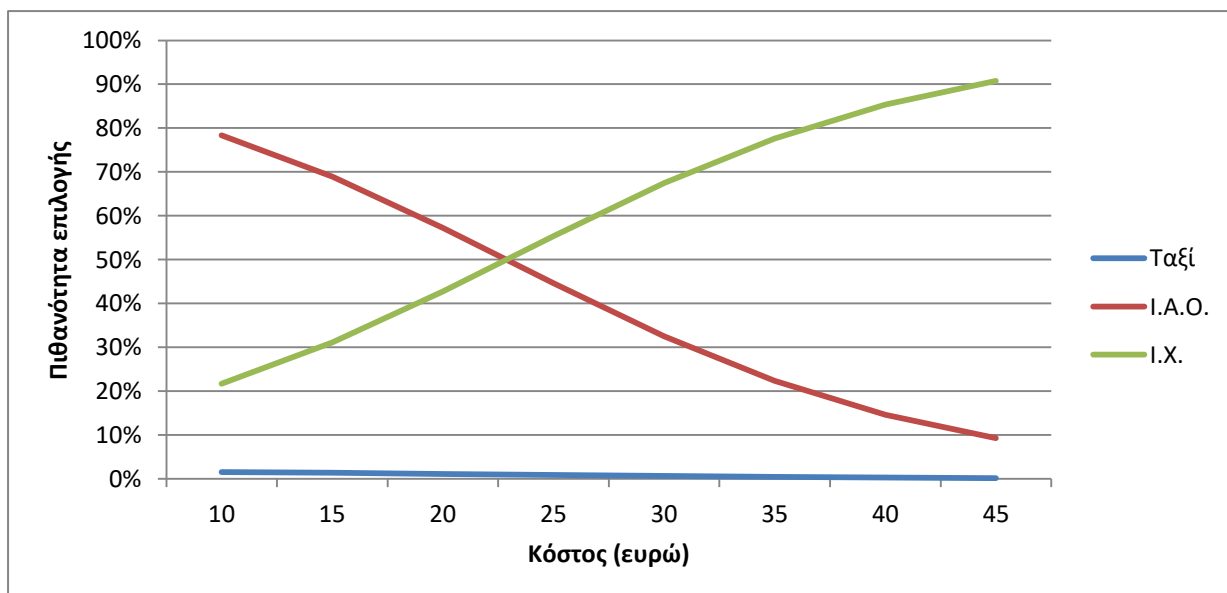


Διάγραμμα 5.2 : Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για μέσο κόστος, χαμηλή άνεση και Έλληνες που δήλωσαν πως θα χρησιμοποιούσαν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

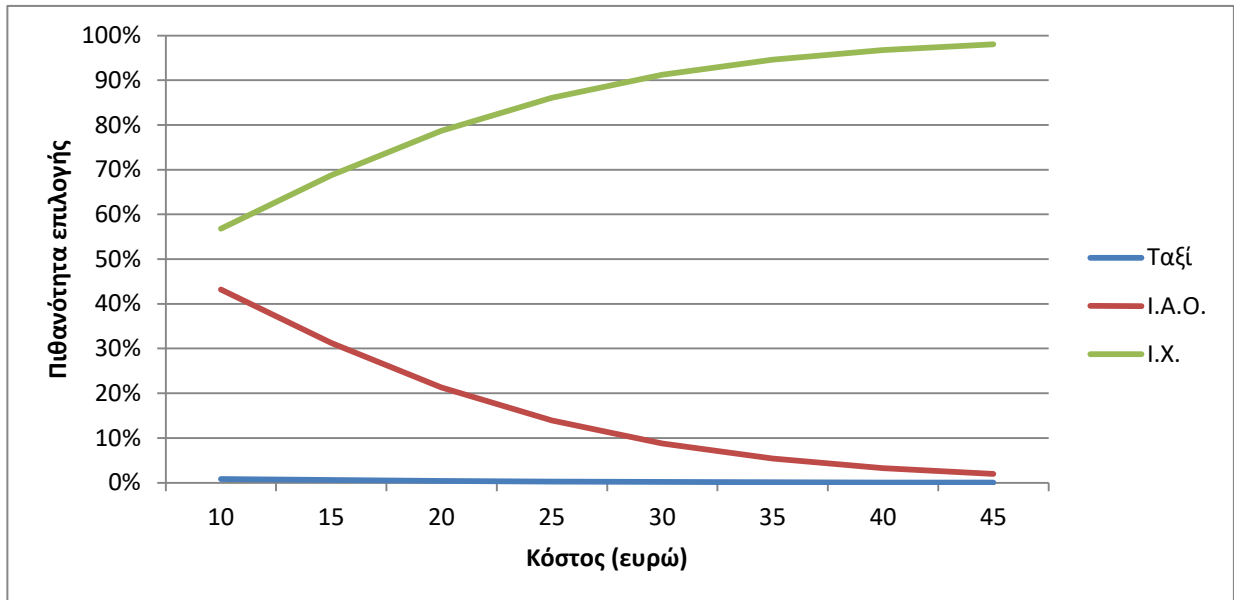


Διάγραμμα 5.3 : Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για χαμηλό κόστος, υψηλή άνεση και Έλληνες που δήλωσαν πως θα χρησιμοποιούσαν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.

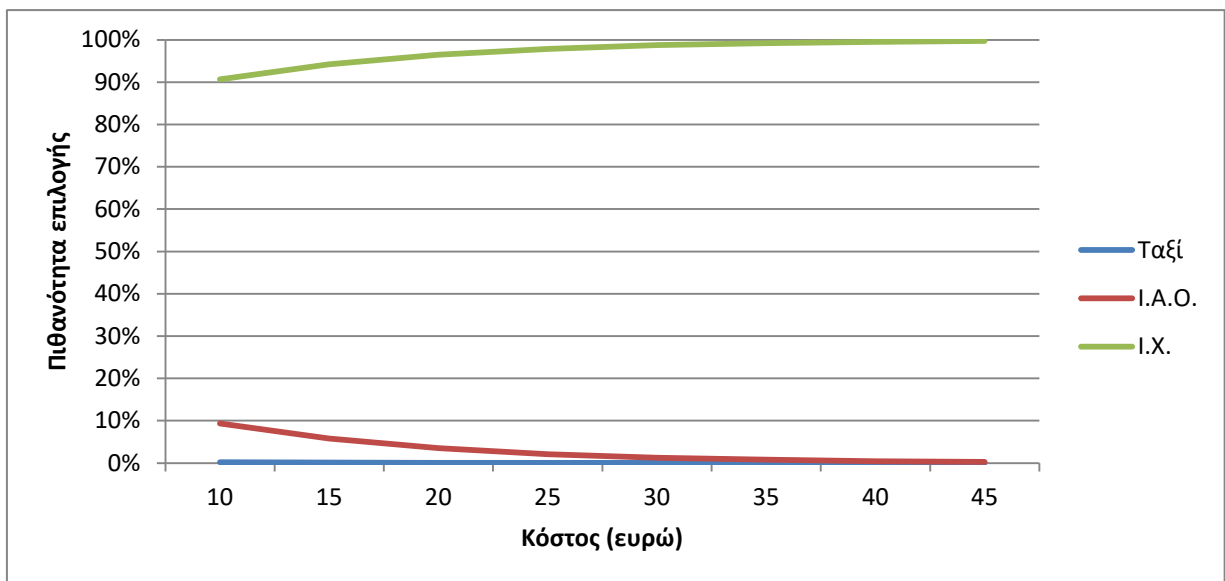


Διάγραμμα 5.4 : Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το κόστος, για μικρό χρόνο, υψηλή άνεση και Έλληνες που δήλωσαν πως θα χρησιμοποιούσαν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

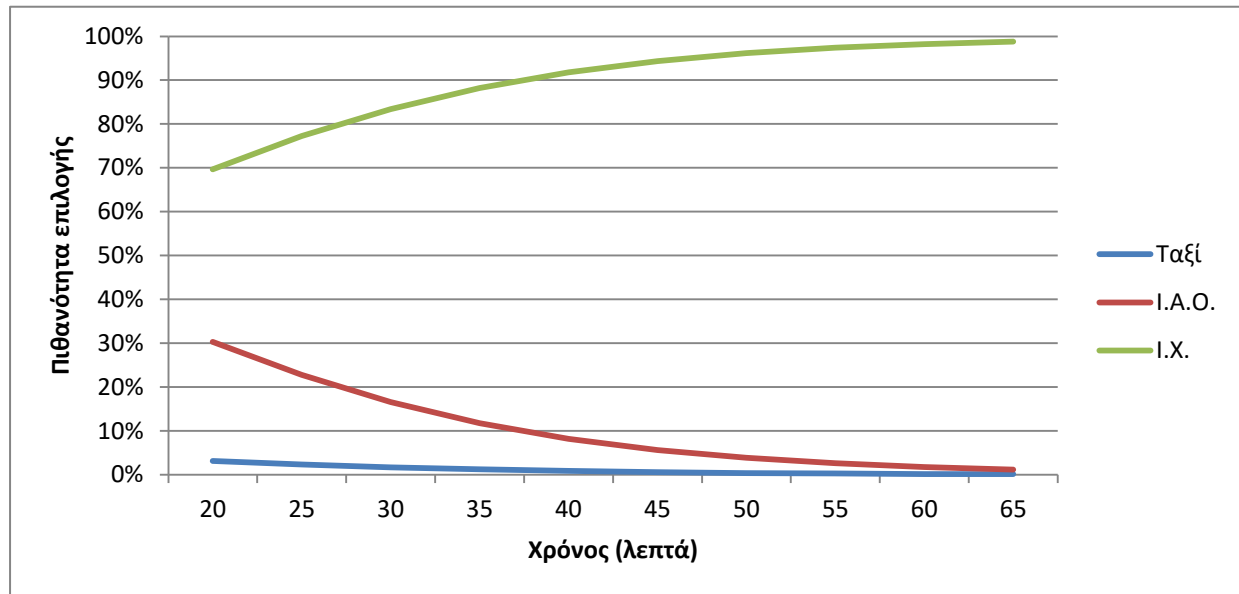


Διάγραμμα 5.5 : Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το κόστος, για μέσο χρόνο, υψηλή άνεση και Έλληνες που δήλωσαν πως θα χρησιμοποιούσαν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.



Διάγραμμα 5.6 : Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το κόστος, για υψηλό χρόνο, χαμηλή άνεση και Έλληνες που δήλωσαν πως θα χρησιμοποιούσαν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα



Διάγραμμα 5.7 : Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για χαμηλό κόστος, και υψηλή άνεση. Από τα προηγούμενα διαγράμματα μπορεί κανείς να συμπεράνει τα εξής:

- Οι Έλληνες γενικά εμφανίζονται στην πλειοψηφία τους **ιδιαίτερα αρνητικοί ως προς τη χρήση ταξί**, παρόλα αυτά διατηρούν μια θετική στάση απέναντι στα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα.
- Το **επίπεδο της άνεσης** διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή μέσου. Όταν η άνεση μειώνεται από Υψηλή σε Χαμηλή, τότε μειώνεται σημαντικά η πιθανότητα επιλογής ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος και αυξάνεται αντίστοιχα η πιθανότητα επιλογής Ι.Χ.
- Το **κόστος** επηρεάζει δραματικά την πιθανότητα επιλογής ή όχι ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος. Όσο το κόστος αυξάνεται, οι Έλληνες δείχνουν μια προτίμηση στο αυτοκίνητο τους, ενώ εάν το κόστος παραμένει σε χαμηλά επίπεδα είναι μάλιστα πιο πιθανό για χρόνους έως και 40 λεπτά να επιλέξουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα έναντι του αυτοκινήτου τους.
- Ο **χρόνος** επίσης παίζει εξίσου σημαντικό ρόλο στην πιθανότητα επιλογής ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος. Συγκεκριμένα, για μικρούς χρόνους της τάξεως των 20 λεπτών και για κόστη που δεν ξεπερνούν τα 25 ευρώ, η πιθανότητα χρήσης ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος ξεπερνάει και εκείνη της χρήσης Ι.Χ και καθώς ο χρόνος ανεβαίνει αυτή η πιθανότητα μειώνεται μέχρι που πέφτει κάτω και από εκείνη της χρήσης Ι.Χ.
- Τέλος, ιδιαίτερα σημαντική στην πιθανότητα χρήσης ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος είναι η **άποψη των Ελλήνων που είχαν ήδη σχηματίσει** πριν την εκπόνηση της έρευνας, αφού είναι εμφανές πως όσοι είχαν θετική στάση απέναντι στα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα είχαν και περισσότερες πιθανότητες να επιλέξουν αυτό το μέσο (Διάγραμμα 5.7)

5.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΔΙΩΝΥΜΙΚΗΣ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

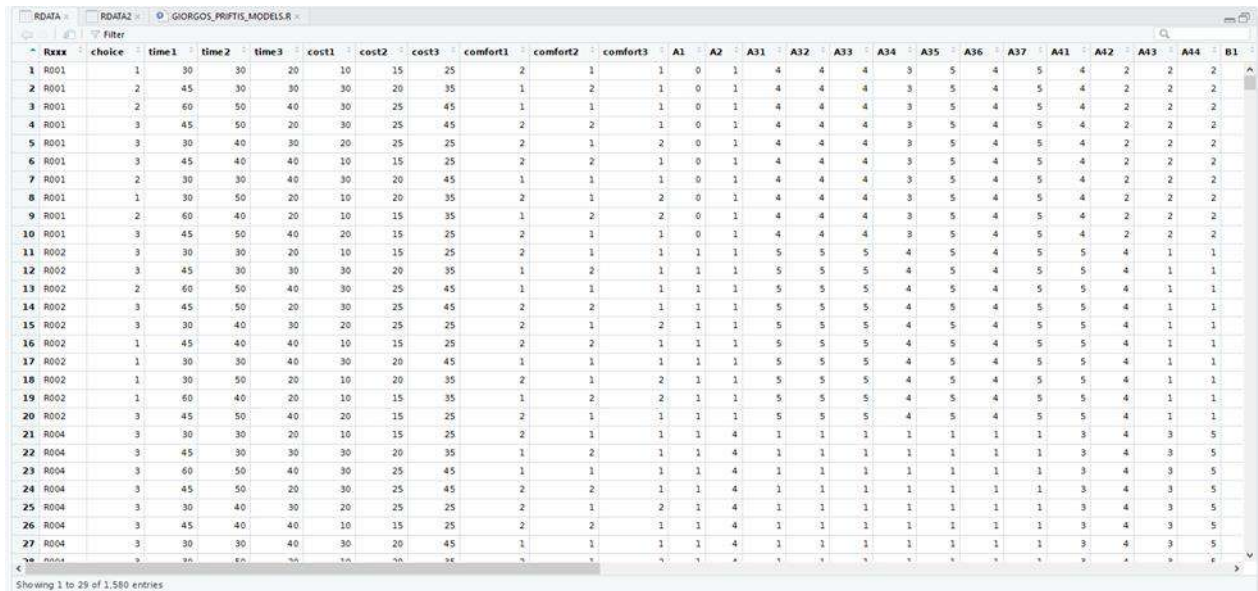
5.3.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για την δημιουργία του μοντέλου της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης**, που αφορά όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως την ερώτηση «**Θα χρησιμοποιούσατε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;**», η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν απλή. Συγκεκριμένα, δουλεύουμε στο ίδιο Script του προγράμματος R-Studio που χρησιμοποιήθηκε νωρίτερα με την μόνη

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

διαφορά πως τώρα αλλάζει η εντολή της εκτέλεσης του μοντέλου αλλά και το αρχείο των στοιχείων αφού εκμεταλλεύεται το αρχείο RDATA και όχι το RDATA2.

Υπενθυμίζεται πως το αρχείο RDATA έχει την παρακάτω μορφή:



Rxxx	choice	time1	time2	time3	cost1	cost2	cost3	comfort1	comfort2	comfort3	A1	A2	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37	A41	A42	A43	A44	B1
1 R001	1	30	30	20	10	15	25	2	1	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
2 R001	2	45	30	30	30	20	35	1	2	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
3 R001	2	60	50	40	30	25	45	1	1	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
4 R001	3	45	50	20	30	25	45	2	2	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
5 R001	3	30	40	30	20	25	25	2	1	2	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
6 R001	3	45	40	40	10	15	25	2	2	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
7 R001	2	30	30	40	30	20	45	1	1	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
8 R001	1	30	50	20	10	20	35	2	1	2	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
9 R001	2	60	40	20	10	15	35	1	2	2	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
10 R001	3	45	50	40	20	15	25	2	1	1	0	1	4	4	4	3	5	4	5	4	2	2	2	2
11 R002	3	30	30	20	10	15	25	2	1	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4	1	1	1
12 R002	3	45	30	30	30	20	35	1	2	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4	1	1	1
13 R002	2	60	50	40	30	25	45	1	1	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4	1	1	1
14 R002	3	45	50	20	30	25	45	2	2	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4	1	1	1
15 R002	3	30	40	30	20	25	25	2	1	2	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4	1	1	1
16 R002	1	45	40	40	10	15	25	2	2	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4	1	1	1
17 R002	1	30	30	40	30	20	45	1	1	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4	1	1	1
18 R002	1	30	50	20	10	20	35	2	1	2	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4	1	1	1
19 R002	1	60	40	20	10	15	35	1	2	2	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4	1	1	1
20 R002	3	45	50	40	20	15	25	2	1	1	1	1	5	5	5	4	5	4	5	5	4	1	1	1
21 R004	3	30	30	20	10	15	25	2	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5	5
22 R004	3	45	30	30	30	20	35	1	2	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5	5
23 R004	3	60	50	40	30	25	45	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5	5
24 R004	3	45	50	20	30	25	45	2	2	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5	5
25 R004	3	30	40	30	20	25	25	2	1	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5	5
26 R004	3	45	40	40	10	15	25	2	2	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5	5
27 R004	3	30	30	40	30	20	45	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	5	5

Εικόνα 5.6: Η τελική μορφή του αρχείου RDATA στο R-Studio.

Όπου, στο αρχείο RDATA περιλαμβάνονται οι παρακάτω μεταβλητές και αντίστοιχες τιμές:

- Rxxx, ο αύξων αριθμός των σεναρίων ανά ερωτηθέντα ανά δεκάδες, αφού δέκα 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=I.X., choice2=ταξί, και choice3=ιπτάμενο αυτόνομο όχημα
- time1, time2, time3, η τιμή της μεταβλητής του χρόνου για το I.X., το ταξί και το ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντίστοιχα
- cost1, cost2, cost3, η τιμή της μεταβλητής του κόστους για το I.X., το ταξί και το ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντίστοιχα
- comfort1, comfort2, comfort3, η τιμή της μεταβλητής της άνεσης για το I.X., το ταξί και το ιπτάμενο αυτόνομο όχημα αντίστοιχα, όπου 1= Υψηλή και 2= Χαμηλή.
- A1, A2,..., η αρίθμηση των ερωτήσεων σύμφωνα με το ερωτηματολόγιο του Παραρτήματος Α

5.3.2 Ο ΚΩΔΙΚΑΣ

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

Στο επόμενο βήμα, **ανατίθεται για κάθε μεταβλητή του αρχείου RDATA 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, του κόστους και της άνεσης. Οι εντολές για την διαδικασία αυτή φαίνονται παρακάτω. (Οι μεταβλητές στις οποίες οι επιλογές είναι 2 (συνήθως Ναι ή Όχι) είναι αυτομάτως διακριτές, επομένως δεν χρειάζεται να μπουν στις εντολές).

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

```
RDATA$A2 = as.factor(RDATA$A2)
RDATA$A31 = as.factor(RDATA$A31)
RDATA$A32 = as.factor(RDATA$A32)
RDATA$A33 = as.factor(RDATA$A33)
RDATA$A34 = as.factor(RDATA$A34)
RDATA$A35 = as.factor(RDATA$A35)
RDATA$A36 = as.factor(RDATA$A36)
RDATA$A37 = as.factor(RDATA$A37)
RDATA$A41 = as.factor(RDATA$A41)
RDATA$A42 = as.factor(RDATA$A42)
RDATA$A43 = as.factor(RDATA$A43)
RDATA$A44 = as.factor(RDATA$A44)
RDATA$B1 = as.factor(RDATA$B1)
RDATA$B3 = as.factor(RDATA$B3)
RDATA$B41 = as.factor(RDATA$B41)
RDATA$B42 = as.factor(RDATA$B42)
RDATA$B43 = as.factor(RDATA$B43)
RDATA$B44 = as.factor(RDATA$B44)
RDATA$B51 = as.factor(RDATA$B51)
RDATA$B52 = as.factor(RDATA$B52)
RDATA$B53 = as.factor(RDATA$B53)
RDATA$B61 = as.factor(RDATA$B61)
RDATA$B62 = as.factor(RDATA$B62)
RDATA$B63 = as.factor(RDATA$B63)
RDATA$B7 = as.factor(RDATA$B7)
RDATA$C2 = as.factor(RDATA$C2)
RDATA$D2 = as.factor(RDATA$D2)
RDATA$D3 = as.factor(RDATA$D3)
RDATA$D4 = as.factor(RDATA$D4)
RDATA$D5 = as.factor(RDATA$D5)
RDATA$D6 = as.factor(RDATA$D6)
RDATA$D7 = as.factor(RDATA$D7)
```

Εικόνα 5.7: Η δήλωση των διακριτών μεταβλητών του αρχείου RDATA.

Με την εντολή *glm*, η οποία χρησιμοποιείται για τη δημιουργία γενικών διωνυμικών μοντέλων, συντάσσεται το **τελικό μοντέλο BLR8** με τον κώδικα ως εξής:

```
BLR8 <- glm( C1 ~ A44 + A42 + B7 + B86 + D2 + A2 + A32 + D5, data = RDATA, family = "binomial")
```

Συγκεκριμένα:

Η **εξαρτημένη μεταβλητή** C1, (όπου η C1 αντιπροσωπεύει την ερώτηση «Θα χρησιμοποιούσατε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;») υπολογίζεται συναρτήσει των ανεξάρτητων μεταβλητών A44, A42, B7, B86, D2, A2, A32, και D5, των οποίων οι τιμές παραμένουν σταθερές ανεξάρτητα της εναλλακτικής επιλογής. Ο συνδυασμός αυτών των παραμέτρων επετεύχθη μετά από πλήθος δοκιμών με διάφορους συνδυασμούς μεταβλητών.

5.3.3 ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Το μοντέλο BLR8 που επιλέχθηκε για την **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** είχε την μορφή που φαίνεται στην επόμενη σελίδα:

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-0.02087	1.27185	-0.016	0.986905	
A442	2.90929	0.44891	6.481	9.12e-11	***
A443	1.10179	0.40726	2.705	0.006823	**
A444	0.56072	0.47157	1.189	0.234421	
A445	23.57532	4011.58407	0.006	0.995311	
A446	16.47593	3869.57151	0.004	0.996603	
A422	2.24479	0.51830	4.331	1.48e-05	***
A423	2.15752	0.50806	4.247	2.17e-05	***
A424	3.56913	0.53829	6.630	3.35e-11	***
A425	21.52836	1001.67112	0.021	0.982853	
A426	21.04523	2645.52606	0.008	0.993653	
B72	-0.77206	0.45323	-1.703	0.088480	.
B73	-3.88602	0.49380	-7.870	3.56e-15	***
B86	-0.84313	0.28093	-3.001	0.002690	**
D22	-0.72765	0.36180	-2.011	0.044307	*
D23	-2.25978	0.42054	-5.373	7.72e-08	***
D24	0.90376	0.58523	1.544	0.122521	
A22	-1.89877	5695.60779	0.000	0.999734	
A23	-0.79282	0.38742	-2.046	0.040717	*
A24	-1.17962	0.41789	-2.823	0.004761	**
A322	19.34599	1670.51750	0.012	0.990760	
A323	2.81565	0.85483	3.294	0.000988	***
A324	4.30513	0.90291	4.768	1.86e-06	***
A325	2.61874	0.84030	3.116	0.001831	**
D52	1.22383	0.35596	3.438	0.000586	***
D53	-0.29682	0.37270	-0.796	0.425800	

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

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 1161.08 on 1579 degrees of freedom

Residual deviance: 565.54 on 1551 degrees of freedom

AIC: 623.54

Number of Fisher Scoring iterations: 18

Η συνάρτηση χρησιμότητας που παρήγαγε αυτό το μοντέλο είναι:

$$\begin{aligned}
 U = & 2,909 * A442 + 1,102 * A443 + 2,245 * A422 + 2,158 * A423 + 3,569 * A424 \\
 & - 3,886 * B73 - 0,843 * B86 - 0,728 * D22 - 2,260 * D23 - 0,793 * A23 \\
 & - 1,180 * A24 + 2,816 * A323 + 4,305 * A324 + 2,619 * A325 + 1,224 \\
 & * D52
 \end{aligned}$$

Οι μεταβλητές που περιλαμβάνονται στην εξίσωση είναι:

- Η συνάρτηση δεν περιέχει σταθερό όρο
- A442, η επιλογή «Διαφωνώ» στην πρόταση «Η νέα τεχνολογία προκαλεί περισσότερα προβλήματα από αυτά τα οποία λύνει»
- A443, η επιλογή «Ούτε συμφωνώ Ούτε διαφωνώ» στην πρόταση «Η νέα τεχνολογία προκαλεί περισσότερα προβλήματα από αυτά τα οποία λύνει»
- A422, η επιλογή «Διαφωνώ» στην πρόταση «Συχνά χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα, παρόλο που είναι ακριβά».
- A423, η επιλογή «Ούτε συμφωνώ Ούτε διαφωνώ» στην πρόταση «Συχνά χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα, παρόλο που είναι ακριβά».

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

- A424, η επιλογή «Συμφωνώ» στην πρόταση «Συχνά χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα, παρόλο που είναι ακριβά».
- B73, η επιλογή «Λιγότερο» στην ερώτηση «Θα ταξιδεύατε περισσότερο, το ίδιο ή λιγότερο με ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;».
- B86, η επιλογή «Θα ήμουν ανήσυχος» στην ερώτηση «B8. Με τι πιστεύετε ότι θα ασχολείστε όταν βρίσκεστε σε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;».
- D22, η επιλογή «25-34» στην ερώτηση «Ηλικία;».
- D23, η επιλογή «35-54» στην ερώτηση «Ηλικία;».
- A23, η επιλογή «Συνδυασμός διαφόρων μέσων» στην ερώτηση «Ποιο είναι το κύριο μέσο με το οποίο μετακινείστε από και προς την εργασία σας;».
- A24, η επιλογή «Κανένα από τα παραπάνω» στην ερώτηση «Ποιο είναι το κύριο μέσο με το οποίο μετακινείστε από και προς την εργασία σας;».
- A323, η επιλογή «Σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η διάρκεια κατά τη μετακίνηση σας;».
- A324, η επιλογή «Αρκετά Σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η διάρκεια κατά τη μετακίνηση σας;».
- A325, η επιλογή «Πολύ Σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η διάρκεια κατά τη μετακίνηση σας;».
- D52, η επιλογή «10.000-25.000 ευρώ» στην ερώτηση «Οικογενειακό εισόδημα;».

5.3.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

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 της επόμενης σελίδας συγκεντρωτικά για την συνάρτηση που αναπτύχθηκε παραπάνω.

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

Μεταβλητές	Συντελεστές	P-Value	Odds Ratio	Σημαντικότητα
Στ.όρος	-0,021	0,987	0,98	Μη σημαντικό
A442	2,909	<0,001	18,34	0,001
A443	1,102	0,007	3,01	0,01
A444	0,561	0,234	1,75	Μη σημαντικό
A445	23,575	0,995	17317787683,11	Μη σημαντικό
A446	16,476	0,997	14303288,02	Μη σημαντικό
A422	2,245	<0,001	9,44	0,001
A423	2,158	<0,001	8,65	0,001
A424	3,569	<0,001	35,48	0,001
A425	21,528	0,983	2236101981,28	Μη σημαντικό
A426	21,045	0,994	1379518000,36	Μη σημαντικό
B72	-0,772	0,088	0,46	Μη σημαντικό
B73	-3,886	<0,001	0,02	0,001
B86	-0,843	0,003	0,43	0,01
D22	-0,728	0,044	0,48	0,05
D23	-2,260	<0,001	0,10	0,001
D24	0,904	0,123	2,47	Μη σημαντικό
A22	-1,899	1,000	0,15	Μη σημαντικό
A23	-0,793	0,041	0,45	0,05
A24	-1,180	0,005	0,31	0,01
A322	19,346	0,991	252267351,06	Μη σημαντικό
A323	2,816	<0,001	16,71	0,001
A324	4,305	<0,001	74,07	0,001
A325	2,619	0,002	13,72	0,01
D52	1,224	<0,001	3,40	0,001
D53	0,300	0,426	1,35	Μη σημαντικό

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

Αναλυτικότερα:

- **Μεταβλητές**, το όνομα των μεταβλητών που έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο. Η σημασία τους έχει δοθεί στο προηγούμενο Κεφάλαιο.
- **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 3.5.
- **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 3.6.

Όσον αφορά **στον έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών**, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3.6, ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα R-Studio με την εντολή `cor(RDATA2[,unlist(lapply(RDATA2,is.numeric))])` χωρίς να παρατηρηθεί συσχέτιση μεταξύ τους.

Σύμφωνα με τον έλεγχο Hosmer – Lemshow που πραγματοποιήθηκε με την εντολή `hl <- hoslem.test(BLR8$y, fitted(BLR8), g=8.5)` για το μοντέλο μας, ο δείκτης X^2 βρέθηκε ίσως με 12,2 και το P-Value = 0,07 που είναι αποδεκτές τιμές.

5.3.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

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 χρήσης ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος ορίζεται ως εξής

$$U = 2,909 * A442 + 1,102 * A443 + 2,245 * A422 + 2,158 * A423 + 3,569 * A424 \\ - 3,886 * B73 - 0,843 * B86 - 0,728 * D22 - 2,260 * D23 - 0,793 * A23 \\ - 1,180 * A24 + 2,816 * A323 + 4,305 * A324 + 2,619 * A325 + 1,224 \\ * D52$$

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται 15 μεταβλητές. Αυτές είναι:

- A442, η επιλογή «Διαφωνώ» στην πρόταση «Η νέα τεχνολογία προκαλεί περισσότερα προβλήματα από αυτά τα οποία λύνει»
- A443, η επιλογή «Ούτε συμφωνώ Ούτε διαφωνώ» στην πρόταση «Η νέα τεχνολογία προκαλεί περισσότερα προβλήματα από αυτά τα οποία λύνει»
- A422, η επιλογή «Διαφωνώ» στην πρόταση «Συχνά χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα, παρόλο που είναι ακριβά».
- A423, η επιλογή «Ούτε συμφωνώ Ούτε διαφωνώ» στην πρόταση «Συχνά χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα, παρόλο που είναι ακριβά».
- A424, η επιλογή «Συμφωνώ» στην πρόταση «Συχνά χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα, παρόλο που είναι ακριβά».
- B73, η επιλογή «Λιγότερο» στην ερώτηση «Θα ταξιδεύατε περισσότερο, το ίδιο ή λιγότερο με ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;».
- B86, η επιλογή «Θα ήμουν ανήσυχος» στην ερώτηση «B8. Με τι πιστεύετε ότι θα ασχολείστε όταν βρίσκεστε σε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;».
- D22, η επιλογή «25-34» στην ερώτηση «Ηλικία;».
- D23, η επιλογή «35-54» στην ερώτηση «Ηλικία;».
- A23, η επιλογή «Συνδυασμός διαφόρων μέσων» στην ερώτηση «Ποιο είναι το κύριο μέσο με το οποίο μετακινείστε από και προς την εργασία σας;».
- A24, η επιλογή «Κανένα από τα παραπάνω» στην ερώτηση «Ποιο είναι το κύριο μέσο με το οποίο μετακινείστε από και προς την εργασία σας;».
- A323, η επιλογή «Σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η διάρκεια κατά τη μετακίνηση σας;».
- A324, η επιλογή «Αρκετά Σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η διάρκεια κατά τη μετακίνηση σας;».
- A325, η επιλογή «Πολύ Σημαντική» στην ερώτηση «Πόσο σημαντική είναι η διάρκεια κατά τη μετακίνηση σας;».
- D52, η επιλογή «10.000-25.000 ευρώ» στην ερώτηση «Οικογενειακό εισόδημα;».

5 Εφαρμογή Μεθοδολογιών - Αποτελέσματα

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

- Εκείνοι που διαφωνούν με την πρόταση «**Η νέα τεχνολογία προκαλεί περισσότερα προβλήματα από αυτά τα οποία λύνει**» είναι 18,34 φορές πιο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα, ενώ αντίστοιχα αυτοί που ούτε συμφωνούν, ούτε διαφωνούν με την ίδια πρόταση είναι 3,01 φορές πιο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα. Επομένως, όσοι δείχνουν εμπιστοσύνη στα νέα τεχνολογικά μέσα, έχουν περισσότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.
- Εκείνοι που διαφωνούν με την πρόταση «**Συχνά χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα, παρόλο που είναι ακριβά**» είναι 9,44 φορές πιο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα σε σχέση με αυτούς που διαφωνούν καθέτως με την ίδια πρόταση, ενώ αυτοί που ούτε συμφωνούν, ούτε διαφωνούν με είναι 8,65 φορές πιο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα σε σχέση με αυτούς που διαφωνούν καθέτως. Τέλος, εκείνοι που συμφωνούν με την πρόταση «**Συχνά χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα, παρόλο που είναι ακριβά**» είναι 35,48 φορές πιο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα σε σχέση με αυτούς που διαφωνούν καθέτως με την ίδια πρόταση. Ενδεχομένως όσοι έχουν μια έφεση στην τεχνολογία και ακολουθούν τις εξελίξεις της, έχουν περισσότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.
- Εκείνοι που θεωρούν ότι **θα ταξιδεύουν λιγότερο** με ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα είναι κατά 98% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.
- Εκείνοι που θεωρούν ότι **θα είναι ανήσυχοι** μέσα σε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα είναι κατά 57% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.
- Εκείνοι που είναι μεταξύ **25-34 ετών** είναι κατά 52% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα σε σχέση με αυτούς που είναι μεταξύ 18-24 χρονών ενώ αντίστοιχα αυτοί που είναι μεταξύ 35-54 χρονών είναι κατά 90% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα σε σχέση με αυτούς που είναι μεταξύ 18-24 χρονών. Άρα, καθώς αυξάνεται η ηλικία του ατόμου, μειώνονται οι πιθανότητες χρήσης ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος.
- Εκείνοι που χρησιμοποιούν **συνδυασμό διαφόρων μέσων** για την μετακίνηση από και προς την εργασία τους είναι κατά 55% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.
- Εκείνοι που δεν χρησιμοποιούν ούτε Ι.Χ., ούτε ταξί, αλλά ούτε συνδυασμό διαφόρων μέσων για την μετακίνηση από και προς την εργασία τους είναι κατά 69% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.
- Εκείνοι που θεωρούν την **διάρκεια** σημαντική κατά την μετακίνηση τους είναι 16,71 φορές πιο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα. Αυτοί που την θεωρούν αρκετά σημαντική είναι 74,07 φορές πιο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα και όσοι την θεωρούν πολύ σημαντική κατά την μετακίνηση τους είναι 13,72 φορές πιο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα. Επομένως, το κοινό δείχνει να θεωρεί ότι με ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα θα εξοικονομεί χρόνο στις μετακινήσεις του.
- Εκείνοι που το **οικογενειακό τους εισόδημα** κυμαίνεται μεταξύ 10.000-25.000 ευρώ είναι 3,4 φορές πιο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΣΥΝΟΨΗ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της αποδοχής των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων στην Ελλάδα**, καθώς και η **πρόθεση χρήσης** αυτών των οχημάτων, ενώ, παράλληλα, καταγράφηκαν οι απόψεις των Ελλήνων για τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα και τα πιθανά χαρακτηριστικά τους αλλά και για την τεχνολογική τους συνείδηση.

Για τον σκοπό αυτό αναζητήθηκε βιβλιογραφία σχετική με το αντικείμενο της έρευνας σε διεθνές επίπεδο. Ταυτόχρονα, αποφασίστηκε η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων να πραγματοποιηθεί μέσω **ερωτηματολογίου**, στο οποίο συμπεριελήφθησαν δέκα σενάρια σύμφωνα με τη μέθοδο της **δεδηλωμένης προτίμησης** από τα οποία οι ερωτηθέντες έπρεπε να επιλέξουν μεταξύ τριών εναλλακτικών: Ι.Χ., ταξί και ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.

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 χρήσης ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων. Τα μαθηματικά μοντέλα που προέκυψαν από τις αναλύσεις αυτές παρατίθενται παρακάτω:

Πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση

Συνάρτηση επιλογής **ταξί**:

$$U2 = -0,081 * time - 0,104 * cost - 0,393 * comfort - 2,588 * C23 - 0,566 * D43 - 0,580 * D44 - 1,392 * A345 + 0,486 * C1$$

Συνάρτηση επιλογής **ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος**:

$$U3 = 2,268 - 0,081 * time - 0,104 * cost - 0,393 * comfort - 0,522 * C22 - 0,683 * D42 - 0,830 * D43 - 0,595 * D44 - 1,096 * A342 - 2,157 * A343 - 1,932 * A344 - 1,645 * A345 - 0,820 * B33 + 2,145 * C1 - 1,568 * A413 - 2,209 * A416 - 0,883 * D24$$

Τα αποτελέσματα του μοντέλου φαίνονται στον πίνακα της επόμενης σελίδας:

6 Συμπεράσματα

Μεταβλητές	Επιλογή Ταξί			Επιλογή Ιπτάμενου Αυτόνομου Οχήματος		
	Συντελεστές	P-Value	Odds Ratio	Συντελεστές	P-Value	Odds Ratio
Σταθερός όρος				2,268	0,003	
Χρόνος	-0,081	<0,001	0,92	-0,081	<0,001	0,92
Κόστος	-0,104	<0,001	0,9	-0,104	<0,001	0,9
Άνεση	-0,393	<0,001	0,68	-0,393	<0,001	0,68
Χρήση ΙΑΟ μόνο χωρίς επιλογή χρήσης ταξί	-2,588	0,02	0,08			
Θα περίμεναν μέχρι να αισθανθούν άνετα για χρήση ΙΑΟ				-0,522	0,008	0,59
Νοικοκυριό 2 ατόμων				-0,683	0,001	0,51
Νοικοκυριό 3 ατόμων	-0,566	0,028	0,57	-0,83	<0,001	0,44
Νοικοκυριό 4 ατόμων	-0,58	0,012	0,56	-0,595	0,004	0,55
Λίγο σημαντική η άνεση κατά την μετακίνηση				-1,096	0,042	0,33
Σημαντική η άνεση κατά την μετακίνηση				-2,157	<0,001	0,12
Αρκετά σημαντική η άνεση κατά την μετακίνηση				-1,932	<0,001	0,14
Πολύ σημαντική η άνεση κατά την μετακίνηση	-1,392	0,033	0	-1,645	0,001	0,19
Θεωρούν τα ΙΑΟ λιγότερο ασφαλή έναντι των κοινών οχημάτων				-0,82	<0,001	0,44
Θα χρησιμοποιούσαν ΙΑΟ	0,486	0,047	1,63	2,145	<0,001	8,54
Ούτε τους προκαλούν, ούτε δεν τους προκαλούν ενθουσιασμό οι δυνατότητες της τεχνολογίας				-1,568	0,004	0,21
Δεν γνωρίζουν αν τους προκαλούν ενθουσιασμό οι δυνατότητες της τεχνολογίας				-2,209	0,002	0,11
Ηλικία άνω των 55 ετών				-0,883	0,005	0,41

Πίνακας 6.1: Μοντέλο επιλογής μέσου –Συναρτήσεις χρησιμότητας ταξί-ΙΑΟ.

Πρόθεση μελλοντικής χρήσης ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος είναι:

$$\begin{aligned}
 U = & 2,909 * A442 + 1,102 * A443 + 2,245 * A422 + 2,158 * A423 + 3,569 * A424 - 3,886 \\
 & * B73 - 0,843 * B86 - 0,728 * D22 - 2,260 * D23 - 0,793 * A23 - 1,180 * A24 \\
 & + 2,816 * A323 + 4,305 * A324 + 2,619 * A325 + 1,224 * D52
 \end{aligned}$$

Τα αποτελέσματα του μοντέλου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Μεταβλητές	Πρόθεση χρήσης Ιπτάμενου Αυτόνομου Οχήματος		
	Συντελεστές	P-Value	Odds Ratio
Η νέα τεχνολογία ΔΕΝ προκαλεί περισσότερα προβλήματα από όσα λύνει	2,909	<0,001	18,34
Ούτε συμφωνώ, ούτε διαφωνώ με την πρόταση "Η νέα τεχνολογία προκαλεί περισσότερα προβλήματα από όσα λύνει"	1,102	0,007	3,01
Σπάνια χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα παρόλο που είναι ακριβά	2,245	<0,001	9,44
Μερικές φορές χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα παρόλο που είναι ακριβά	2,158	<0,001	8,65
Συχνά χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα παρόλο που είναι ακριβά	3,569	<0,001	35,48
Θα ταξίδευα λιγότερο με ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα	-3,886	<0,001	0,02
Θα ήμουν ανήσυχος μέσα σε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα	-0,843	0,003	0,43
Ηλικία μεταξύ 25-34 ετών	-0,728	0,044	0,48
Ηλικία μεταξύ 35-54 ετών	-2,26	<0,001	0,1
Συνδυασμός διαφόρων μέσων κατά την μετακίνηση μου	-0,793	0,041	0,45
Δεν χρησιμοποιώ Ι.Χ. ή ταξί ή συνδυασμό διαφόρων μέσων κατά την μετακίνηση μου	-1,18	0,005	0,31
Η διάρκεια είναι σημαντική κατά την μετακίνηση μου	2,816	<0,001	16,71
Η διάρκεια είναι αρκετά σημαντική κατά την μετακίνηση μου	4,305	<0,001	74,07
Η διάρκεια είναι πολύ σημαντική κατά την μετακίνηση μου	2,619	0,002	13,72
Οικογενειακό εισόδημα μεταξύ 10.000-25.000 ευρώ	1,224	<0,001	3,4

Πίνακας 6.2: Μοντέλο πρόθεσης χρήσης ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος και συνάρτηση χρησιμότητας

6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

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

- Οι Έλληνες στην πλειοψηφία τους φαίνεται να διατηρούν μια απόμακρη στάση από την επιλογή χρήσης ταξί για τις μετακινήσεις τους, αλλά **εμφανίζονται θετικοί ως προς τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα**, όταν αυτά γίνουν φθηνά και ασφαλή. Ειδικότερα, όσο εξοικονομείται χρόνος στις μετακινήσεις η πιθανότητα μελλοντικής επιλογής ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων αυξάνεται και για χαμηλά κόστη ξεπερνάει και εκείνη της επιλογής Ι.Χ.
- Η επιλογή ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος εξαρτάται από το **κόστος, τον χρόνο και το επίπεδο άνεσης** που αυτά προσφέρουν, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τη διεθνή βιβλιογραφία για την επιλογή μέσου μετακίνησης. Κυριότερος ανταγωνιστής των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων φαίνεται να είναι το Ι.Χ. Παρόλα αυτά, όταν ο χρόνος και το κόστος μετακίνησης παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα και ταυτόχρονα η άνεση κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα τότε η πιθανότητα χρήσης των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων ξεπερνά εκείνη της χρήσης Ι.Χ.
- Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η **στάση** που έχουν οι ερωτηθέντες απέναντι στα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα, αφού η συντριπτική πλειοψηφία εκείνων που είχαν θετική άποψη και θεωρούσαν ότι θα χρησιμοποιούσαν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα φάνηκε να επιλέγουν πιο συχνά αυτό το μέσο για τις μετακινήσεις τους.
- Ένα μεγάλο μέρος του δείγματος διατηρεί επιφυλακτική στάση απέναντι στην αποδοχή των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων αφού θεωρεί ότι θα είναι **λιγότερο ασφαλή από τα κοινά οχήματα** της εποχής μας και η πλειοψηφία τους δηλώνει ότι θα περίμενε να αισθανθεί άνετα μέχρι να κάνει χρήση τους. Όσοι ανήκουν σε αυτά τα ποσοστά έχουν περίπου τις μισές πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα έναντι Ι.Χ.
- Τα στατιστικά μοντέλα έδειξαν ότι όσο σημαντικότερη θεωρούν οι ερωτηθέντες την **άνεση** στις μετακινήσεις τους τόσο μειώνονται οι πιθανότητες να επιλέξουν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα έναντι του Ι.Χ τους. Ενδεχομένως αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι οι Έλληνες φαίνεται να συνδυάζουν την άνεση με τη χρήση του δικού τους αυτοκινήτου.
- Όσο περισσότερο σημαντική θεωρούν οι Έλληνες τη **διάρκεια** στις μετακινήσεις τους τόσο αυξάνονται οι πιθανότητες να επιλέξουν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα για αυτές, καταδεικνύοντας ότι τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα ίσως να συμβάλουν σημαντικά στη μείωση της διάρκειας των μετακινήσεων τους.
- Οι Έλληνες που φαίνεται να είναι πιο ψυχροί απέναντι στις δυνατότητες που προφέρονται από τις **νέες τεχνολογίες** και δεν ενθουσιάζονται εύκολα από αυτές ή είναι αδιάφοροι για αυτές, εμφανίζουν σημαντικά μειωμένες πιθανότητες να επιλέξουν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα για τις μετακινήσεις τους. Αυτό το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο καθώς τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα ενδεχομένως βασίζονται ολοκληρωτικά στην άρτια λειτουργία της τεχνολογίας τους. Έτσι, όσοι δεν διατηρούν στενή επαφή με την εξέλιξη της τεχνολογίας, δυσκολεύονται να δείξουν εμπιστοσύνη σε ένα τέτοιο όχημα.

6 Συμπεράσματα

- Αντίστοιχα, **όσοι χρησιμοποιούν νέα τεχνολογικά προϊόντα**, παρόλο το υψηλό κόστος τους και δείχνουν εμπιστοσύνη στην τεχνολογία θεωρώντας πως προσφέρει περισσότερες λύσεις στην καθημερινότητα του ανθρώπου από ότι προβλήματα έχουν περισσότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν ιπτάμενο αυτόνομο όχημα.
- Οι **μεγαλύτεροι των 55 ετών δηλώνουν χαμηλότερη προτίμηση στα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα** ενώ οι νεότεροι (18-24) φαίνονται πολύ πιο θετικοί απέναντι στην χρήση τους. Ίσως, οι μεγαλύτεροι ηλικιακά άνθρωποι συνήθως δεν έχουν την ευχέρεια και τη διάθεση να ενημερωθούν για τα νέα δρώμενα και παραμένουν περισσότερο πιστοί στις τεχνολογίες που οι ίδιοι γνωρίζουν καλύτερα, στην προκειμένη περίπτωση το Ι.Χ.
- Οι ερωτηθέντες που ανήκουν σε **πολυμελείς οικογένειες** έχουν την τάση να **επιλέγουν σπανιότερα στις μετακινήσεις τους το ιπτάμενο αυτόνομο όχημα**. Αυτό μπορεί ενδεχομένως να εξηγηθεί, αφού συνήθως οι οικογενειάρχες μεγαλύτερων οικογενειών να έχουν αυξημένο αίσθημα ευθύνης απέναντι στις οικογένειες τους και να αποφεύγουν δραστηριότητες και συνθήκες που θεωρούν πιο επικίνδυνες. Αντίστοιχα, τα έξοδα μιας μεγάλης οικογένειας αυξάνονται εκθετικά και για αυτόν το λόγο καταφεύγουν σε πιο οικονομικές λύσεις κατά τις μετακινήσεις τους.
- Το **οικογενειακό εισόδημα** παίζει επίσης ρόλο στην επιλογή των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων. Συγκεκριμένα, όσων το οικογενειακό εισόδημα κυμαίνεται σε μέσα επίπεδα (10.000-25.000 ευρώ), έχουν περισσότερες πιθανότητες να επιλέξουν ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα. Το γεγονός αυτό εξηγείται από το ότι οι οικογένειες με χαμηλότερο εισόδημα ίσως να προτιμούν οικονομικότερες λύσεις ενώ εκείνες με υψηλότερο εισόδημα να επιλέγουν τη χρήση και την άνεση του προσωπικού τους αυτοκινήτου.

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΩΝ ΙΠΤΑΜΕΝΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Με βάση την παραπάνω σύνοψη των αποτελεσμάτων ακολουθεί ένα **σύνολο προτάσεων** για την σωστότερη ενσωμάτωση των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων.

- Οι Έλληνες εκφράζουν στο σύνολο τους μια θετική συμπεριφορά απέναντι στα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα, η οποία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την **τεχνολογική τους συνείδηση**. Τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα βασίζονται ολόκληρη τη φιλοσοφία τους στην εμπιστοσύνη της τεχνολογίας. Σε αυτόν τον τομέα λοιπόν, οφείλουν να δώσουν την απαραίτητη σημασία οι αρμόδιοι φορείς, ιδιαίτερα κατά το αρχικό στάδιο της ενσωμάτωσης των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων, ώστε να εκλείψουν όλες οι ανησυχίες του κοινού σχετικά με τεχνικά προβλήματα.
- Καθώς ο **χρόνος** είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που κρίνουν αν οι χρήστες θα επιλέξουν ως μέσο το ιπτάμενο αυτόνομο όχημα, θα πρέπει να γίνουν οργανωμένες μελέτες από εξειδικευμένους φορείς για την άρτια κατασκευή και λειτουργία όλων των απαραίτητων υποδομών ώστε να μην χάνεται άσκοπα χρόνος κατά την μεταφορά στον σταθμό, την αναμονή και την επιβίβαση σε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα και να παραμένει το μέσο ανταγωνιστικό και περιζήτητο.
- Κατά την ενσωμάτωση της νέας αυτής υπηρεσίας στην χώρα μας θα είναι απαραίτητη η **κατάλληλη ενημέρωση** του πολίτη με τη μορφή συνεδρίων και σεμιναρίων, ώστε να αναπτυχθεί από νωρίς η κατάλληλη εμπιστοσύνη και να δοθεί η

6 Συμπεράσματα

ευκαιρία στα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στις μετακινήσεις μας.

6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάστηκε η επιρροή του χρόνου, του κόστους, και της άνεσης στην επιλογή ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων. Παράλληλα, με την προσθήκη επιπρόσθετων μεταβλητών σχετικές με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά και τις απόψεις των ερωτηθέντων εξήχθησαν μαθηματικά μοντέλα με υψηλή αξιοπιστία ως προς την εξαγωγή των συμπερασμάτων που παρουσιάστηκαν παραπάνω. 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 προέρχεται αποκλειστικά από το διαδίκτυο.
- Επιπρόσθετα, εξαιτίας της φύσης του αντικειμένου που περιλαμβάνει τη σταδιακή ενσωμάτωση των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων στην καθημερινότητα των χρηστών, 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.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Airbus 2017. *Rethinking Urban Air Mobility*.

Airbus. 2018. *Airbus and Audi partner to provide air & ground urban mobility services*.

Ana Moreno, Carlos Llorca, Qin Zhang, Rolf Moeckel. Modeling Induced Demand by Urban Air Mobility.

Anna Straubinger, Mengying Fu 2019. *Identification of Strategies How Urban Air Mobility Can Improve Existing Public Transport Networks*.

Aurora Flight Sciences. (2018). *eVTOL*

Baptista, P., Melo, S., & Rolim, C. (2014). *Energy, environmental and mobility impacts of car-sharing systems*.

Bell Nexus 6HX eVTOL.

Bimbrow, K. (2015). *Autonomous cars: Past, present and future a review of the developments in the last century, the present scenario and the expected future of autonomous vehicle technology*.

Christelle Al Haddad 2018. *Identifying the Factors Affecting the Use and Adoption of Urban Air Mobility*.

Deloitte Analytics Institute. 2017. *Autonomous driving in Germany –how to convince customers*.

Ehang. (2018). No Title.

ERTRAC 2019. *Safe Road Transport Roadmap. Towards Vision Zero: Roads without Victims*.

Fagnant, D. J., & Kockelman, K. M. (2014). *The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios*.

Gaggi, Silvia. 2017. *Driverless cars and user acceptance*.

Holden, Jeff, and Nikhil Goel. 2016. *Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation*.

Kaushilk Rajashekara, Qingchun Wang, Kouki Matsuse 2016. *Flying Cars: Challenges and propulsion strategies*.

Kyriakidis, Miltos, Riender Happee, and Joost CF de Winter. 2015. *Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents*.

Lineberger, R., Hussain, A., Mehra, S., & Pankratz, D. (2018). *Elevating the future of mobility Passenger drones and flying cars.*

Mengying fu 2018. *Exploring Preferences for Transportation Modes in an Urban Air Mobility Environment: a Munich Case Study.*

Merat, Natasha, Ruth Madigan, and Sina Nordhoff. 2016. *Human factors, user requirements, and user acceptance of ride-sharing in automated vehicles.*

Nees, Michael A. 2016. *Acceptance of self-driving cars: an examination of idealized versus realistic portrayals with a self-driving car acceptance scale.*

Piao, Jinan, et al. 2016. *Public views towards implementation of automated vehicles in urban areas.*

Raoul Rothfeld, Mengying Fu, Constantinos Antoniou 2019. *Analysis of Urban Air Mobility's Transport Performance in Munich Metropolitan Region.*

Rychel, Angelo. 2016. *CULTURAL DIVIDES: HOW ACCEPTANCE OF DRIVERLESS CARS VARIES GLOBALLY.*

Uber Elevate | Uber Air

Vascik, P. D. (2017). *Systems-level analysis of On Demand Mobility for aviation.*

Volocopter GmbH. (2018).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ



Έρευνα αποδοχής των ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων από τους Έλληνες.

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 ιπτάμενων αυτόνομων οχημάτων από τους Έλληνες.

Παραρτήματα

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου είναι ανώνυμη.

Παραρτήματα

A. Οδηγική εμπειρία - Μετακινήσεις

A1. Έχετε δίπλωμα αυτοκινήτου;

☐ Ναι

☐ Όχι

A2. Ποιο είναι το κύριο μέσο με το οποίο μετακινείστε από και προς την εργασία σας;

☐ Αυτοκίνητο

☐ Ταξί

☐ Συνδυασμός διαφόρων μέσων

☐ Κανένα από τα παραπάνω

A3. Πόσο σημαντικά είναι τα παρακάτω χαρακτηριστικά κατά τη μετακίνησή σας;
(1=καθόλου σημαντικό και 5 = πολύ σημαντικό)

	1	2	3	4	5
Κόστος	☐	☐	☐	☐	☐
Διάρκεια	☐	☐	☐	☐	☐
Αξιοπιστία	☐	☐	☐	☐	☐
Άνεση	☐	☐	☐	☐	☐
Ασφάλεια	☐	☐	☐	☐	☐
Ευελιξία	☐	☐	☐	☐	☐
Διαθεσιμότητα	☐	☐	☐	☐	☐

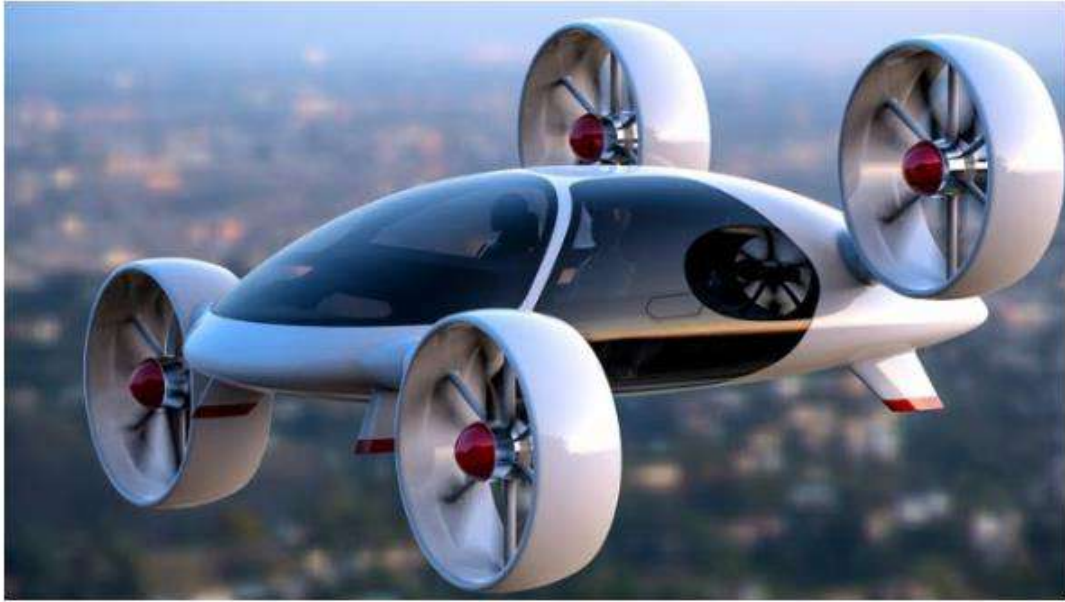
Παραρτήματα

A4. Πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τις παρακάτω προτάσεις σχετικά με την τεχνολογική σας συνείδηση;

	Διαφωνώ καθέτως	Διαφωνώ	Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	Συμφωνώ	Συμφωνώ απόλυτα	Δεν γνωρίζω
Μου προκαλούν ενθουσιασμό οι δυνατότητες που προσφέρονται από τις νέες τεχνολογίες.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Συχνά χρησιμοποιώ νέα τεχνολογικά προϊόντα, παρόλο που είναι ακριβά.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Έχω μικρό ή κανένα ενδιαφέρον για την νέα τεχνολογία.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Η νέα τεχνολογία προκαλεί περισσότερα προβλήματα από αυτά τα οποία λύνει	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Β. Ιπτάμενα Αυτόνομα Οχήματα

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



B1. Πόσο άβολα ή άνετα νιώθετε κατά τη διάρκεια μιας πτήσης με αεροπλάνο;

- ☐ Πολύ άβολα
- ☐ Σχετικά άβολα
- ☐ Ούτε άβολα ούτε άνετα
- ☐ Σχετικά άνετα
- ☐ Πολύ άνετα
- ☐ Προτιμώ να μην απαντήσω

Παραρτήματα

B2. Είχατε ακούσει για τα αυτόνομα ιπτάμενα οχήματα πριν λάβετε μέρος σε αυτή την έρευνα;

☐ Ναι

☐ Όχι

B3. Πόσο ασφαλή πιστεύετε ότι είναι τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα σε σχέση με τα κοινά οχήματα της εποχής μας;

☐ Πιο ασφαλή

☐ Το ίδιο ασφαλή

☐ Λιγότερο ασφαλή

B4. Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω εν δυνάμει θετικά χαρακτηριστικά ενός ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος;

	Καθόλου	Λίγο	Αρκετά	Πολύ
Λιγότερα ή και καθόλου ατυχήματα	☐	☐	☐	☐
Σημαντική μείωση της διάρκειας της μετακίνησης	☐	☐	☐	☐
Η δυνατότητα οι επιβάτες να απασχολούνται με άλλες δραστηριότητες εν κινήσει	☐	☐	☐	☐
Διευκόλυνση στη μετακίνηση ηλικιωμένων ατόμων με αναπηρία και άλλων ευπαθών ομάδων	☐	☐	☐	☐

Παραρτήματα

B5. Πόσο σημαντικά είναι για σας τα παρακάτω εν δυνάμει αρνητικά χαρακτηριστικά ενός ιπτάμενου αυτόνομου οχήματος;

	Καθόλου	Λίγο	Αρκετά	Πολύ
Υψηλότερο κόστος μετακίνησης	☐	☐	☐	☐
Χαμηλότερη άνεση μετακίνησης	☐	☐	☐	☐
Μη διαθέσιμα σε ειδικές καιρικές συνθήκες	☐	☐	☐	☐

B6. Πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τις παρακάτω προτάσεις σχετικά με την συμπεριφορά σας απέναντι στα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα;

[illegible]

B7. Θα ταξιδεύατε περισσότερο, το ίδιο ή λιγότερο με ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;

- ☐ Περισσότερο
- ☐ Το ίδιο
- ☐ Λιγότερο

B8. Με τι πιστεύετε ότι θα ασχολείστε όταν βρίσκεστε σε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα; (μπορείτε να επιλέξετε πάνω από μία απάντηση)

- ☐ Με το κινητό
- ☐ Ύπνος
- ☐ Χαλάρωση (μουσική, διάβασμα, απόλαυση της διαδρομής)
- ☐ Με θέματα δουλειάς - Υποχρεώσεις
- ☐ Συζήτηση με συνεπιβάτες
- ☐ Θα ήμουν ανήσυχος

Γ. Σενάρια

Υποθέτουμε ότι σε 10-20 χρόνια τα ιπτάμενα αυτόνομα οχήματα θα κυκλοφορούν παράλληλα με αυτοκίνητα όπως τα γνωρίζουμε σήμερα.

Γ1. Θα χρησιμοποιούσατε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα;

☐ Ναι

☐ Όχι

Γ2. Θα χρησιμοποιούσατε ένα ιπτάμενο αυτόνομο όχημα μέσα στον πρώτο χρόνο από την κυκλοφορία τους ή θα περιμένατε περισσότερα χρόνια;

☐ Θα χρησιμοποιούσα μέσα στον πρώτο χρόνο

☐ Θα περίμενα μέχρι να αισθανόμουν άνετα

☐ Θα χρησιμοποιούσα μόνο αν δεν είχα την επιλογή χρήσης ταξί

☐ Δεν θα χρησιμοποιούσα ποτέ

Γ3. Επιλογές Σεναρίων

Για καθένα από τα παρακάτω 10 σενάρια συνδυασμών κόστους, χρόνου και άνεσης που αφορούν συνηθισμένη διαδρομή από το σπίτι στο χώρο εργασίας διάρκειας 45 λεπτών (προάστια - κέντρο) επιλέξτε τον τύπο οχήματος που θα προτιμούσατε.

Επισημαίνεται ότι στο κόστος χρήσης του ΙΧ περιλαμβάνονται χρεώσεις στάθμευσης, αγοράς και συντήρησής του.

Ο χρόνος διαδρομής περιλαμβάνει μετεπιβιβάσεις, χρόνο αναμονής μέσου και χρόνο περπατήματος που χρειάζεται για να φτάσετε στους προορισμούς σας.

(Κόστος σε ευρώ)

(Χρόνος σε λεπτά)

Επιλέξτε το επιθυμητό μέσο:

Σενάριο 1°	I.X.	Ταξί	Ιπτάμενο Όχημα
Χρόνος	30	30	20
Κόστος	10	15	25
Άνεση	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή

- ☐ I.X.
- ☐ Ταξί
- ☐ Ιπτάμενο Όχημα

Επιλέξτε το προτιμητέο μέσο:

Σενάριο 2°	I.X.	Ταξί	Ιπτάμενο Όχημα
Χρόνος	45	30	30
Κόστος	30	20	35
Άνεση	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή

- ☐ I.X.
- ☐ Ταξί
- ☐ Ιπτάμενο Όχημα

Επιλέξτε το προτιμητέο μέσο:

Σενάριο 3 ^ο	I.X.	Ταξί	Ιπτάμενο Όχημα
Χρόνος	60	50	40
Κόστος	30	25	45
Άνεση	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή

- ☐ I.X.
- ☐ Ταξί
- ☐ Ιπτάμενο Όχημα

Επιλέξτε το προτιμητέο μέσο:

Σενάριο 4 ^ο	I.X.	Ταξί	Ιπτάμενο Όχημα
Χρόνος	45	50	20
Κόστος	30	25	45
Άνεση	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή

- ☐ I.X.
- ☐ Ταξί
- ☐ Ιπτάμενο Όχημα

Επιλέξτε το προτιμητέο μέσο:

Σενάριο 5 ^ο	I.X.	Ταξί	Ιπτάμενο Όχημα
Χρόνος	30	40	30
Κόστος	20	25	25
Άνεση	Χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλή

- ☐ I.X.
- ☐ Ταξί
- ☐ Ιπτάμενο Όχημα

Παραρτήματα

Επιλέξτε το προτιμητέο μέσο:

Σενάριο 6ο	I.X.	Ταξί	Ιπτάμενο Όχημα
Χρόνος	45	40	40
Κόστος	10	15	25
Άνεση	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή

- ☐ I.X.
- ☐ Ταξί
- ☐ Ιπτάμενο Όχημα

Επιλέξτε το προτιμητέο μέσο:

Σενάριο 7ο	I.X.	Ταξί	Ιπτάμενο Όχημα
Χρόνος	30	30	40
Κόστος	30	20	45
Άνεση	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή

- ☐ I.X.
- ☐ Ταξί
- ☐ Ιπτάμενο Όχημα

Επιλέξτε το προτιμητέο μέσο:

Σενάριο 8ο	I.X.	Ταξί	Ιπτάμενο Όχημα
Χρόνος	30	50	20
Κόστος	10	20	35
Άνεση	Χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλή

- ☐ I.X.
- ☐ Ταξί
- ☐ Ιπτάμενο Όχημα

Παραρτήματα

Επιλέξτε το προτιμητέο μέσο:

Σενάριο 9 ^ο	Ι.Χ.	Ταξί	Ιπτάμενο Όχημα
Χρόνος	60	40	20
Κόστος	10	15	35
Άνεση	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή

- ☐ Ι.Χ.
- ☐ Ταξί
- ☐ Ιπτάμενο Όχημα

Επιλέξτε το προτιμητέο μέσο:

Σενάριο 10 ^ο	Ι.Χ.	Ταξί	Ιπτάμενο Όχημα
Χρόνος	45	50	40
Κόστος	20	15	25
Άνεση	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή

- ☐ Ι.Χ.
- ☐ Ταξί
- ☐ Ιπτάμενο Όχημα

Δ. Δημογραφικά στοιχεία

Δ1. Φύλλο

- ☐ Άντρας
- ☐ Γυναίκα

Δ2. Ηλικία

- ☐ 18-24
- ☐ 25-34
- ☐ 35-54
- ☐ >55

Δ3. Οικογενειακή κατάσταση

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

Δ4. Αριθμός ατόμων νοικοκυριού

Η απάντησή σας _____

Δ5. Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα

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

Δ6. Μορφωτικό επίπεδο

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

Παραρτήματα

Δ7. Επάγγελμα

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

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - Ο ΚΩΔΙΚΑΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΤΟ R-STUDIO

Παράρτηματα

```
library(mlogit)

library(readxl)
RDATA <- read_excel("C:/Users/user/Desktop/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ - FLYING
VEHICLES/Questionnaire/MASTERTABLE.xlsx")
View(RDATA)

#Initially converting everything to numbers for easier manipulation
RDATA[sapply(RDATA, is.factor)] <- lapply(RDATA[sapply(RDATA, is.factor)], as.numeric)

#Check that no NAs remain in the dataset
colSums(is.na(RDATA))

#RDATA[sapply(RDATA, is.factor)] <- lapply(RDATA[sapply(RDATA, is.factor)], as.numeric)
RDATA$cost1 = as.numeric(RDATA$cost1)
RDATA$cost2 = as.numeric(RDATA$cost2)
RDATA$cost3 = as.numeric(RDATA$cost3)
RDATA$time1 = as.numeric(RDATA$time1)
RDATA$time2 = as.numeric(RDATA$time2)
RDATA$time3 = as.numeric(RDATA$time3)
RDATA$comfort1 = as.numeric(RDATA$comfort1)
RDATA$comfort2 = as.numeric(RDATA$comfort2)
RDATA$comfort3 = as.numeric(RDATA$comfort3)
str(RDATA)

#Keep complete cases!
RDATA = RDATA[complete.cases(RDATA), ]

#transform to long format
RDATA2 <- mlogit.data(data = RDATA, shape = "wide", choice = "choice", varying = 3:11, sep = "", id
= "Rxxx",
alt.levels = c(1, 2, 3))
View(RDATA2)

#Include factor variables after converting them
RDATA2$A2 = as.factor(RDATA2$A2)
RDATA2$A31 = as.factor(RDATA2$A31)
RDATA2$A32 = as.factor(RDATA2$A32)
RDATA2$A33 = as.factor(RDATA2$A33)
RDATA2$A34 = as.factor(RDATA2$A34)
RDATA2$A35 = as.factor(RDATA2$A35)
RDATA2$A36 = as.factor(RDATA2$A36)
RDATA2$A37 = as.factor(RDATA2$A37)
RDATA2$A41 = as.factor(RDATA2$A41)
RDATA2$A42 = as.factor(RDATA2$A42)
RDATA2$A43 = as.factor(RDATA2$A43)
RDATA2$A44 = as.factor(RDATA2$A44)
RDATA2$B1 = as.factor(RDATA2$B1)
RDATA2$B3 = as.factor(RDATA2$B3)
RDATA2$B41 = as.factor(RDATA2$B41)
RDATA2$B42 = as.factor(RDATA2$B42)
RDATA2$B43 = as.factor(RDATA2$B43)
RDATA2$B44 = as.factor(RDATA2$B44)
RDATA2$B51 = as.factor(RDATA2$B51)
RDATA2$B52 = as.factor(RDATA2$B52)
RDATA2$B53 = as.factor(RDATA2$B53)
RDATA2$B61 = as.factor(RDATA2$B61)
RDATA2$B62 = as.factor(RDATA2$B62)
```

Παράρτηματα

```
RDATA2$B63 = as.factor(RDATA2$B63)
RDATA2$B7 = as.factor(RDATA2$B7)
RDATA2$C2 = as.factor(RDATA2$C2)
RDATA2$D2 = as.factor(RDATA2$D2)
RDATA2$D3 = as.factor(RDATA2$D3)
RDATA2$D4 = as.factor(RDATA2$D4)
RDATA2$D5 = as.factor(RDATA2$D5)
RDATA2$D6 = as.factor(RDATA2$D6)
RDATA2$D7 = as.factor(RDATA2$D7)
```

```
#Run the model
```

```
MLR1 <- mlogit(choice ~ time + cost + comfort | A1 + A34 + A44 + B43 + B3 + C1 + D3, data =
RDATA2)
summary(MLR1)
```

```
MLR2 <- mlogit(choice ~ time + cost + comfort | A42 + A43 + B2 + B41 + B43 + B62 + C2 + D3 + D6,
data = RDATA2)
summary(MLR2)
```

```
MLR3 <- mlogit(choice ~ time + cost + comfort | D2 + D3 + D4 + D5 + A37 + B43 + C1 + A1 + B1 +
B42, data = RDATA2)
summary(MLR3)
```

```
MLR4 <- mlogit(choice ~ time + cost + comfort | A43 + A36 + B52 + B61 + B62 + B7 + B81 + B82 +
B83 + B84 + B85 + B86, data = RDATA2)
summary(MLR4)
```

```
MLR5 <- mlogit(choice ~ time + cost + comfort | A41 + A44 + B1 + B3 + B41 + B62 + B86 + B63 + D2,
data = RDATA2)
summary(MLR5)
```

```
MLR6 <- mlogit(choice ~ time + cost + comfort | A2 + A34 + A41 + B1 + B62 + C2 + B84 + B83 + D7
+ D4 + D3, data = RDATA2)
summary(MLR6)
```

```
MLR7 <- mlogit(choice ~ time + cost + comfort | A1 + A34 + B3 + B52 + C1 + D1 + D2 + D4, data =
RDATA2)
summary(MLR7)
```

```
MLR8 <- mlogit(choice ~ time + cost + comfort | A41 + A42 + A43 + A44 + B2 + B3 + B63 + B7, data
= RDATA2)
summary(MLR8)
```

```
MLR9 <- mlogit(choice ~ time + cost + comfort | A1 + A42 + B43 + B83 + B84 + B86 + B1 + B3 + B62,
data = RDATA2)
summary(MLR9)
```

```
MLR10 <- mlogit(choice ~ time + cost + comfort | C2 + D4 + A34 + B3 + C1 + A41 + D2, data =
RDATA2)
summary(MLR10)
```

```
MLR11 <- mlogit(choice ~ time + cost + comfort | A2 + A1 + B2 + B42 + B1 + A42 + B7 + C1 + D7,
data = RDATA2)
summary(MLR11)
```

```
MLR12 <- mlogit(choice ~ time + cost + comfort | A1 + A33 + A37 + B42 + B62 + B85 + B84 + B86 +
D3 + C2 + D4, data = RDATA2)
summary(MLR12)
```

Παράρτηματα

```
cor(RDATA2[,unlist(lapply(RDATA2,is.numeric)))])
```

```
RDATA$A2 = as.factor(RDATA$A2)
RDATA$A31 = as.factor(RDATA$A31)
RDATA$A32 = as.factor(RDATA$A32)
RDATA$A33 = as.factor(RDATA$A33)
RDATA$A34 = as.factor(RDATA$A34)
RDATA$A35 = as.factor(RDATA$A35)
RDATA$A36 = as.factor(RDATA$A36)
RDATA$A37 = as.factor(RDATA$A37)
RDATA$A41 = as.factor(RDATA$A41)
RDATA$A42 = as.factor(RDATA$A42)
RDATA$A43 = as.factor(RDATA$A43)
RDATA$A44 = as.factor(RDATA$A44)
RDATA$B1 = as.factor(RDATA$B1)
RDATA$B3 = as.factor(RDATA$B3)
RDATA$B41 = as.factor(RDATA$B41)
RDATA$B42 = as.factor(RDATA$B42)
RDATA$B43 = as.factor(RDATA$B43)
RDATA$B44 = as.factor(RDATA$B44)
RDATA$B51 = as.factor(RDATA$B51)
RDATA$B52 = as.factor(RDATA$B52)
RDATA$B53 = as.factor(RDATA$B53)
RDATA$B61 = as.factor(RDATA$B61)
RDATA$B62 = as.factor(RDATA$B62)
RDATA$B63 = as.factor(RDATA$B63)
RDATA$B7 = as.factor(RDATA$B7)
RDATA$C2 = as.factor(RDATA$C2)
RDATA$D2 = as.factor(RDATA$D2)
RDATA$D3 = as.factor(RDATA$D3)
RDATA$D4 = as.factor(RDATA$D4)
RDATA$D5 = as.factor(RDATA$D5)
RDATA$D6 = as.factor(RDATA$D6)
RDATA$D7 = as.factor(RDATA$D7)
```

```
BLR1 <- glm( C1 ~ A31 + A41 + C2+ D1, data = RDATA, family = "binomial")
summary(BLR1)
```

```
BLR2 <- glm( C1 ~ B1 + B62 + B86 + B3 + D2 + D6, data = RDATA, family = "binomial")
summary(BLR2)
```

```
BLR3 <- glm( C1 ~ A41 + A42 + B2 + B7 + B53 + B63 + B84 + D3, data = RDATA, family =
"binomial")
summary(BLR3)
```

```
BLR4 <- glm( C1 ~ C2 + A44 + A43 + A41 + A42 + B2 + B7 + B53 + B63 + B84, data = RDATA,
family = "binomial")
summary(BLR4)
```

```
BLR5 <- glm( C1 ~ A33 + A34 + A35 + B44 + B61 + B81 + B83, data = RDATA, family = "binomial")
summary(BLR5)
```

```
BLR6 <- glm( C1 ~ A33 + B1 + A35 + B44 + B61 + B81 + B83 + D1 + D2, data = RDATA, family =
"binomial")
summary(BLR6)
```

```
BLR7 <- glm( C1 ~ A44 + A43 + A41 + A42 + B7 + B84 + D2 + B1, data = RDATA, family =
"binomial")
summary(BLR7)
```

Παραρτήματα

```
BLR8 <- glm( C1 ~ A44 + A42 + B7 + B86 + D2 + A2 + A32 + D5, data = RDATA, family = "binomial")  
summary(BLR8)
```

```
library(ResourceSelection)  
hl <- hoslem.test(BLR8$y, fitted(BLR8), g=8.5)  
hl
```