ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Ανάλυση της επιρροής των αυτόνομων οχημάτων στη συμπεριφορά μετακίνησης

Παπαλυμπέρης Παναγιώτης
Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2018

Στόχος διπλωματικής εργασίας

- ✓ Ο προσδιορισμός των βασικότερων παραγόντων που υπεισέρχονται στη συμπεριφορά μετακίνησης
- ✓ Η διερεύνηση αποδοχής των αυτόνομων οχημάτων από τους Έλληνες μετακινούμενους
- ✓ Το επίπεδο της εμπιστοσύνης ως προς τις επιμέρους τεχνολογίες και τις νέες υπηρεσίες κινητικότητας

Μεθοδολογία

- Προσδιορισμός στόχου
- Βιβλιογραφική ανασκόπηση
- Διανομή ερωτηματολογίου
- Επεξεργασία στοιχείων και στατιστική ανάλυση
- Ερμηνεία αποτελεσμάτων
- Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

- Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν για τα αυτόνομα οχήματα (AVs) και πειραματικές έρευνες συμπεριφοράς.

- Έρευνες για αυτόνομα οχήματα κοινοχρησίας (SAVs) κυρίως σε αστικές περιοχές εξετάζοντας την οικονομική βιωσιμότητα και τις διάφορες επιπτώσεις (ενεργειακές, περιβαλλοντολογικές, οικονομικές κτλ.)

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

- ✓ Η επιστημονική κοινότητα και το ευρύ κοινό αποδέχονται τα αυτόνομα οχήματα
- ✓ Θετικά χαρακτηριστικά: η μείωση των ατυχημάτων, της ρύπανσης και της κατανάλωσης
- ✓ Καταλληλότερη μέθοδος: μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης με τη μορφή ερωτηματολογίου
- ✓ Στατιστική ανάλυση με διωνυμικό ή πολυωνυμικό λογιστικό πρότυπο

Ερωτηματολόγιο

- ΠΡΩΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: Επίπεδο γνώσης σχετικά με τα αυτόνομα οχήματα
- ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: Χαρακτηριστικά μετακίνησης (πλήθος, είδος, μέσο, σκοπό μετακινήσεων)
- ΤΡΙΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: Χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την απόφαση για την επιλογή μέσου μεταφοράς
- ΤΕΤΑΡΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: Πρόθεση χρήσης ενός αυτόνομου οχήματος- σενάρια επιλογής μέσου
- ΠΕΜΠΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: Δημογραφικά χαρακτηριστικά

Ερωτηματολόγιο

- ✓ Διάρκεια - 3 βδομάδες
- ✓ Δείγμα - 235 συμμετέχοντες
- ✓ Έρευνα πεδίου – Google forms
- ✓ Κλίμακα τύπου Likert

28. Αναμένω πως θα αλλάζω το μέσο μεταφοράς για τις μετακινήσεις μου, από δημόσια συγκοινωνία σε υπηρεσία κοινοχρησίας με αυτόνομα οχήματα , μόλις γίνουν διαθέσιμα. *

	1	2	3	4	5	
ΔΙΑΦΩΝΩ ΚΑΘΕΤΑ	○	○	○	○	○	ΣΥΜΦΩΝΩ ΑΠΟΛΥΤΩΣ

29. Θα πρότεινα σε άλλους ανθρώπους την αλλαγή από δημόσια συγκοινωνία σε υπηρεσία κοινοχρησίας με αυτόνομα οχήματα. *

	1	2	3	4	5	
ΔΙΑΦΩΝΩ ΚΑΘΕΤΑ	○	○	○	○	○	ΣΥΜΦΩΝΩ ΑΠΟΛΥΤΩΣ

30. Πότε πιστεύετε ότι θα εφαρμοστεί αυτή η τεχνολογία στην Ελλάδα; *

- ○ ΠΡΙΝ ΤΟ 2025
- ○ ΜΕΤΑ ΤΟ 2025
- ○ ΜΕΤΑ ΤΟ 2030
- ○ ΜΕΤΑ ΤΟ 2040
- ○ ΜΕΤΑ ΤΟ 2050

Σενάρια

Σενάρια επιλογής μέσου μετακίνησης

- Σενάριο 0
- 3 επιλογές (Ι.Χ., Ταξί, Μ.Μ.Μ.)
- Μετακινήσεις σήμερα με συμβατικά οχήματα

- Σενάρια 1-8
- 3 επιλογές

Συμβατικό όχημα, Κοινοχρησία Αυτ.Οχήματος - χρήση μόνος (AV) ή με άλλους (SAV)

- Τα αυτόνομα οχήματα είναι ήδη διαθέσιμα

- Παράμετροι
- Κόστος
- Χρόνος

35. ΣΕΝΑΡΙΟ 4 *

Χαρακτηριστικά/ Μέσο επιλογής	Μη αυτόνομο (επιλογή αρχικού σεναρίου)	Υπηρεσία κοινοχρησίας με αυτόνομα οχήματα όπου θα είστε μόνος στο όχημα	Υπηρεσία κοινοχρησίας με αυτόνομα οχήματα όπου δεν θα είστε μόνος στο όχημα
Χρόνος	-	35	40
Κόστος	-	10	7
Η επιλογή σας			

- ○ Μη αυτόνομο όχημα
- ○ Υπηρεσία κοινοχρησίας με αυτόνομα οχήματα και θα είστε μόνος στο όχημα
- ○ Υπηρεσία κοινοχρησίας με αυτόνομα οχήματα και δε θα είστε μόνος στο όχημα

Συγκεντρωτικά στοιχεία

Κύρια χαρακτηριστικά δείγματος

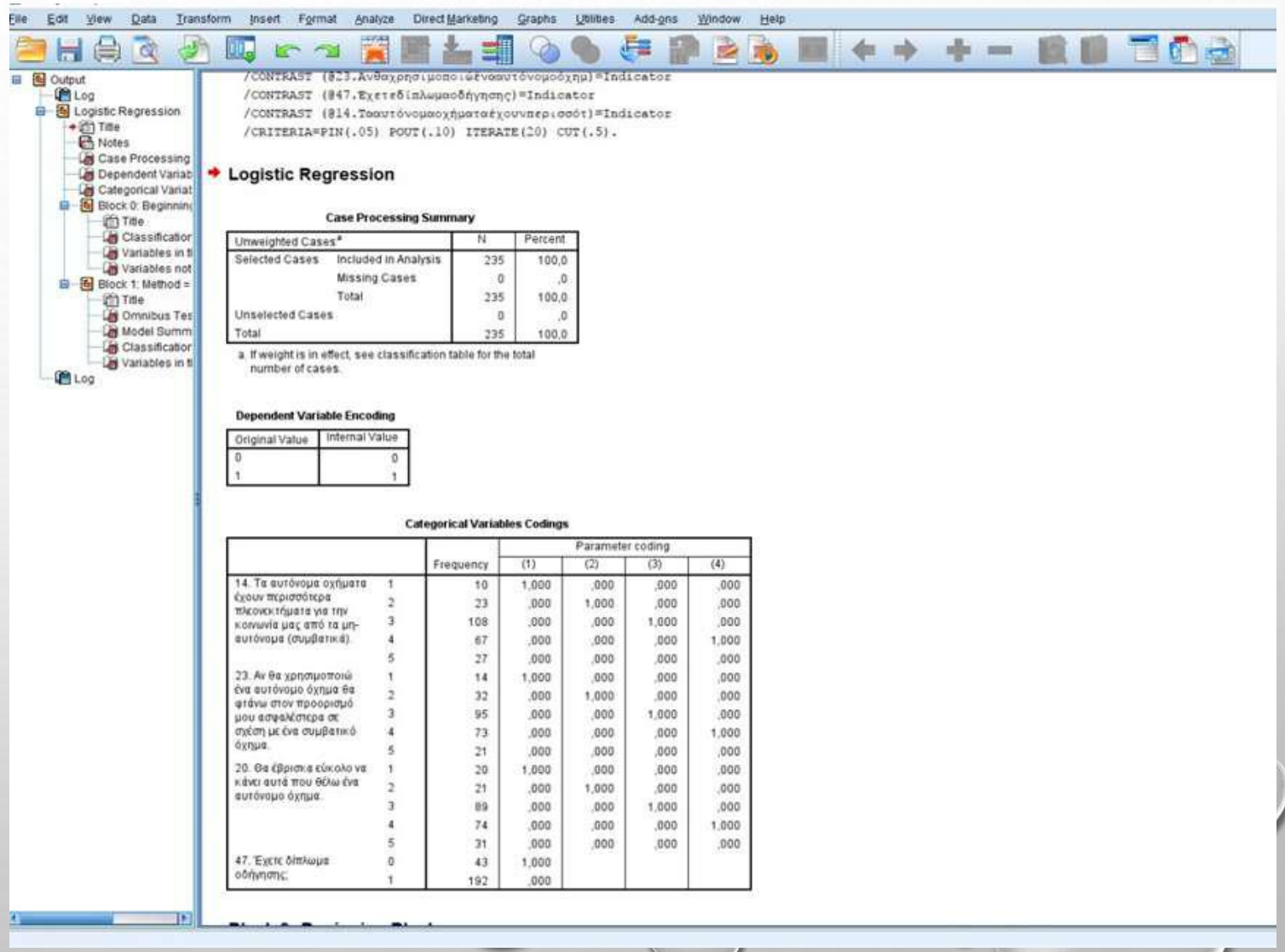
- Νέοι έως 34 ετών
- Υψηλό μορφωτικό επίπεδο
- Ισοκατανομή όσον αφορά το φύλο
- Αντιπροσωπευτική κατανομή ανά εισοδηματική κατηγορία

Φύλο	
Άνδρας	50,2%
Γυναίκα	49,8%
Ηλικία	
18-24	22,8%
25-34	43,9%
35-44	12,2%
45-54	11,8%
55-64	7,2%
+65	2,1%
Εισόδημα	
<10.000€	24,5%
10.000-25.000€	46%
25.000€-50.000€	21,1%
+50.000€	8,4%
Μορφωτικό επίπεδο	
Γυμνάσιο	3%
Λύκειο	9,3%
ΙΕΚ/ΤΕΙ	19,4%
ΑΕΙ	43%
Μεταπτυχιακές σπουδές	25,3%

Στατιστικό Πρότυπο Διωνυμικής Λογιστικής Παλινδρόμησης

- Εξαρτημένη μεταβλητή: **Πρόθεση χρήσης αυτόνομου οχήματος** μόλις γίνουν ευρέως διαθέσιμα

- Τελικός συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών μετά από αρκετές δοκιμές



Συνάρτηση χρησιμότητας

Πρόθεση χρήσης αυτόνομου οχήματος

Μεταβλητές	Συντελεστές
Σταθερός όρος	**1,843**
20.Θα έβρισκα εύκολο να κάνει αυτά που θέλω ένα αυτόνομο όχημα **'Διαφωνώ κάθετα'**	**-3,081**
20.Θα έβρισκα εύκολο να κάνει αυτά που θέλω ένα αυτόνομο όχημα **'Διαφωνώ'**	**-3,124**
23.Αν θα χρησιμοποιώ ένα αυτόνομο όχημα θα φτάνω στον προορισμό μου ασφαλέστερα σε σχέση με ένα συμβατικό. **'Διαφωνώ'**	**-2,043**
23.Αν θα χρησιμοποιώ ένα αυτόνομο όχημα θα φτάνω στον προορισμό μου ασφαλέστερα σε σχέση με ένα συμβατικό. **'Ουδέτερος'**	**-1,98**
14.Τα αυτόνομα οχήματα έχουν περισσότερα πλεονεκτήματα για την κοινωνία μας από τα συμβατικά. **'Συμφωνώ'**	**1,503**
47.Έχετε δίπλωμα οδήγησης;	**-1,133**

Στατιστικός έλεγχος μοντέλου

- Ποσοστό προβλεψιμότητας μοντέλου 77%
- Sig<0,05 για επίπεδο σημαντικότητας 95%
- Λογική ερμηνεία προσήμου συντελεστών

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	221,746[a]	,357	,477

a. Estimation terminated at iteration number 20 because maximum iterations has been reached. Final solution cannot be found.

Μεταβλητές	Συντελεστές	Sig.	Odds Ratio
#20(1)	-3,081	0,014	0,046
#20(2)	-3,124	0,002	0,044
#23(2)	-2,043	0,031	0,130
#23(3)	-1,98	0,016	0,138
#14(4)	1,503	0,018	4,496
#47	-1,133	0,02	0,322

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Ελαστικότητα
20.Θα έβρισκα εύκολο να κάνει αυτά που θέλω ένα αυτόνομο όχημα ΔΙΑΦΩΝΩ ΚΑΘΕΤΑ	-0,52
20.Θα έβρισκα εύκολο να κάνει αυτά που θέλω ένα αυτόνομο όχημα ΔΙΑΦΩΝΩ	-0,51
23.Αν θα χρησιμοποιώ ένα αυτόνομο όχημα θα φτάνω στον προορισμό μου ασφαλέστερα σε σχέση με ένα συμβατικό. ΔΙΑΦΩΝΩ	-0,40
23.Αν θα χρησιμοποιώ ένα αυτόνομο όχημα θα φτάνω στον προορισμό μου ασφαλέστερα σε σχέση με ένα συμβατικό. ΟΥΔΕΤΕΡΟΣ	-0,38
14.Τα αυτόνομα οχήματα έχουν περισσότερα πλεονεκτήματα για την κοινωνία μας από τα συμβατικά. ΣΥΜΦΩΝΩ	0,37
47.Έχετε δίπλωμα οδήγησης;	-0,15

Ελαστικότητα

- Μικρότερη επιρροή αν έχουν ή όχι οι μετακινούμενοι δίπλωμα οδήγησης.
- Μεγαλύτερη επιρροή οι απαντήσεις των ερωτηθέντων οι οποίοι δήλωσαν πως διαφωνούν-διαφωνούν κάθετα στην άποψη πως θα έβρισκαν εύκολο να κάνει αυτά που θέλουν ένα αυτόνομο όχημα .

Στατιστικό Πρότυπο Πολυωνυμικής Λογιστικής Παλινδρόμησης

- Εξαρτημένη μεταβλητή: **η επιλογή του μέσου**
- Ανεξάρτητες μεταβλητές: κόστος, χρόνος και άλλες
- Τελικός συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών μετά από αρκετές δοκιμές

```
LOGISTIC REGRESSION VARIABLES choise2
  /METHOD=ENTER @7new @16.new cost Time @23.new @25.new
  /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) ITERATE(20) CUT(.5).
```

Logistic Regression

Case Processing Summary

Unweighted Cases[a]		N	Percent
Selected Cases	Included in Analysis	1880	100,0
	Missing Cases	0	,0
	Total	1880	100,0
Unselected Cases		0	,0
Total		1880	100,0

a. If weight is in effect, see classification table for the total number of cases.

Dependent Variable Encoding

Original Value	Internal Value
0	0
1	1

Block 0: Beginning Block

Classification Table[a,b]

Observed			Predicted		
			choise2		Percentage Correct
			0	1	
Step 0	choise2	0	1360	0	100,0
		1	520	0	,0
	Overall Percentage				72,3

Συναρτήσεις χρησιμότητας

Μεταβλητές	AVs	SAVs
Σταθερός όρος	**-4,606**	**-3,072**
Κόστος	**0,684**	**-0,062**
Χρόνος	**-0,046**	**0,050**
7.Ποσα χιλιόμετρα διανύσατε περίπου τον τελευταίο χρόνο; (Περισσότερα από 15.000km)	**0,709**	**-0,523**
16.Χρησιμοποιώντας ένα αυτόνομο όχημα θα ήταν πιο φιλικό για το περιβάλλον σε σχέση με ένα συμβατικό.	**0,617**	**0,450**
23.Αν θα χρησιμοποιώ ένα αυτόνομο όχημα θα φτάνω στον προορισμό μου ασφαλέστερα σε σχέση με ένα συμβατικό όχημα.	**0,667**	**0,468**
25.Πιστεύω ότι όταν χρησιμοποιώ ένα αυτόνομο όχημα χρειάζεται να έχω αυξημένη την προσοχή μου σε σχέση με ένα συμβατικό όχημα.	**-0,516**	**-0,532**

Στατιστικός έλεγχος μοντέλου

Για την επιλογή Κοινοχρησία Αυτόνομου Οχήματος - χρήση μόνος (AV)

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1[a]	@7new	,709	,137	26,888	1	,000	2,032
	@16.new	,617	,153	16,331	1	,000	1,854
	cost	,684	,045	227,328	1	,000	1,983
	Time	-,046	,011	17,721	1	,000	,955
	@23.new	,667	,141	22,422	1	,000	1,948
	@25.new	-,516	,156	10,993	1	,001	,597
	Constant	-4,606	,612	56,635	1	,000	,010

a. Variable(s) entered on step 1: @7new, @16.new, cost, Time, @23.new, @25.new.

Για την επιλογή Κοινοχρησία Αυτόνομου Οχήματος - χρήση με άλλους (SAV)

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1[a]	@7new	-,523	,133	15,446	1	,000	,593
	@16.new	,450	,127	12,507	1	,000	1,568
	cost	-,062	,022	8,129	1	,004	,940
	Time	,050	,009	30,654	1	,000	1,051
	@23.new	,468	,115	16,481	1	,000	1,596
	@25.new	-,532	,131	16,477	1	,000	,587
	Constant	-3,072	,485	40,073	1	,000	,046

a. Variable(s) entered on step 1: @7new, @16.new, cost, Time, @23.new, @25.new.

- Sig<0,05 για επίπεδο σημαντικότητας 95%
- Λογική ερμηνεία προσήμου συντελεστών

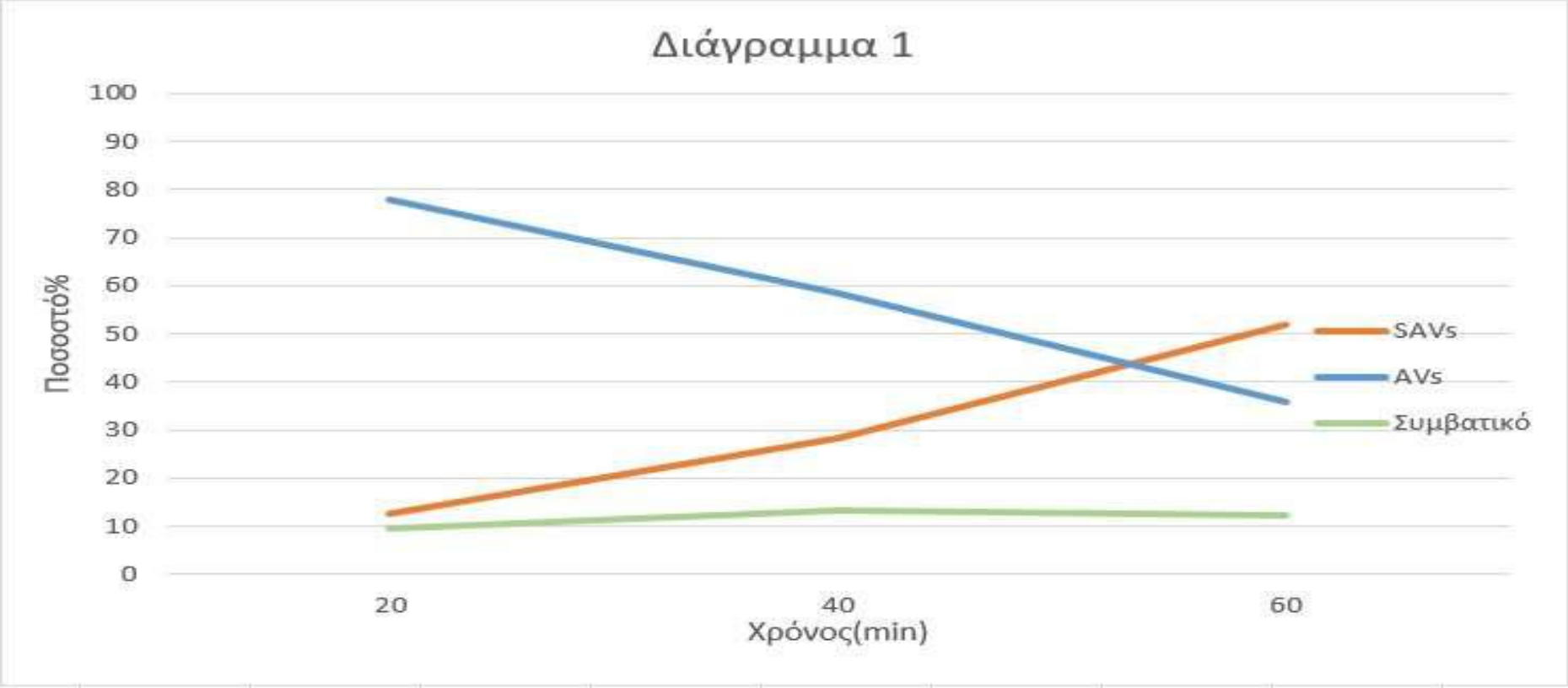
Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	1480,274[a]	,324	,468

a. Estimation terminated at iteration number 6 because parameter estimates changed by less than ,001.

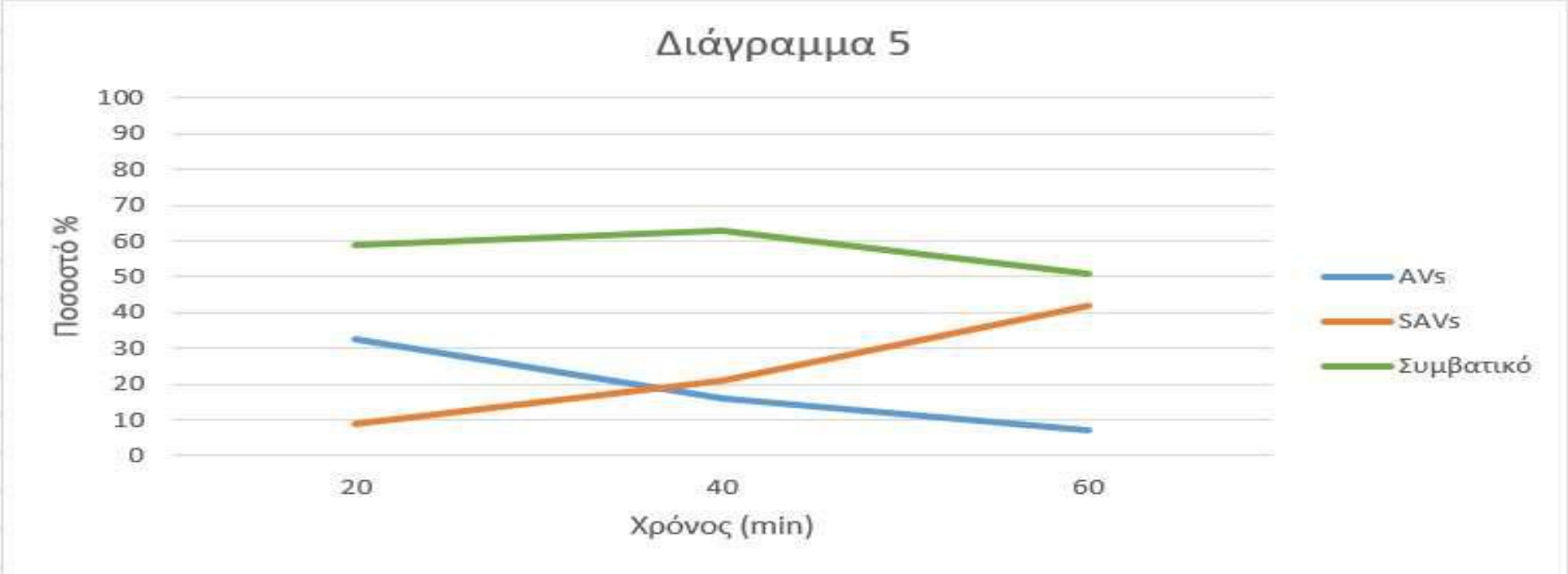
Ανάλυση Ευαισθησίας με τον Χρόνο

- μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο **για χαμηλό κόστος (AVs-7,SAVs-4)** και μετακινούμενους που διανύουν **λιγότερα από 15.000 χιλιόμετρα** σε ένα χρόνο,
- εκείνοι που θεωρούν τα αυτόνομα οχήματα **πιο ασφαλή** από τα συμβατικά
- εκείνοι που θεωρούν τα αυτόνομα οχήματα πιο **φιλικά προς το περιβάλλο**ν
- εκείνοι που θεωρούν ότι **δεν θα έχουν αυξημένη την προσοχή** τους κατά την χρήση ενός αυτόνομου οχήματος



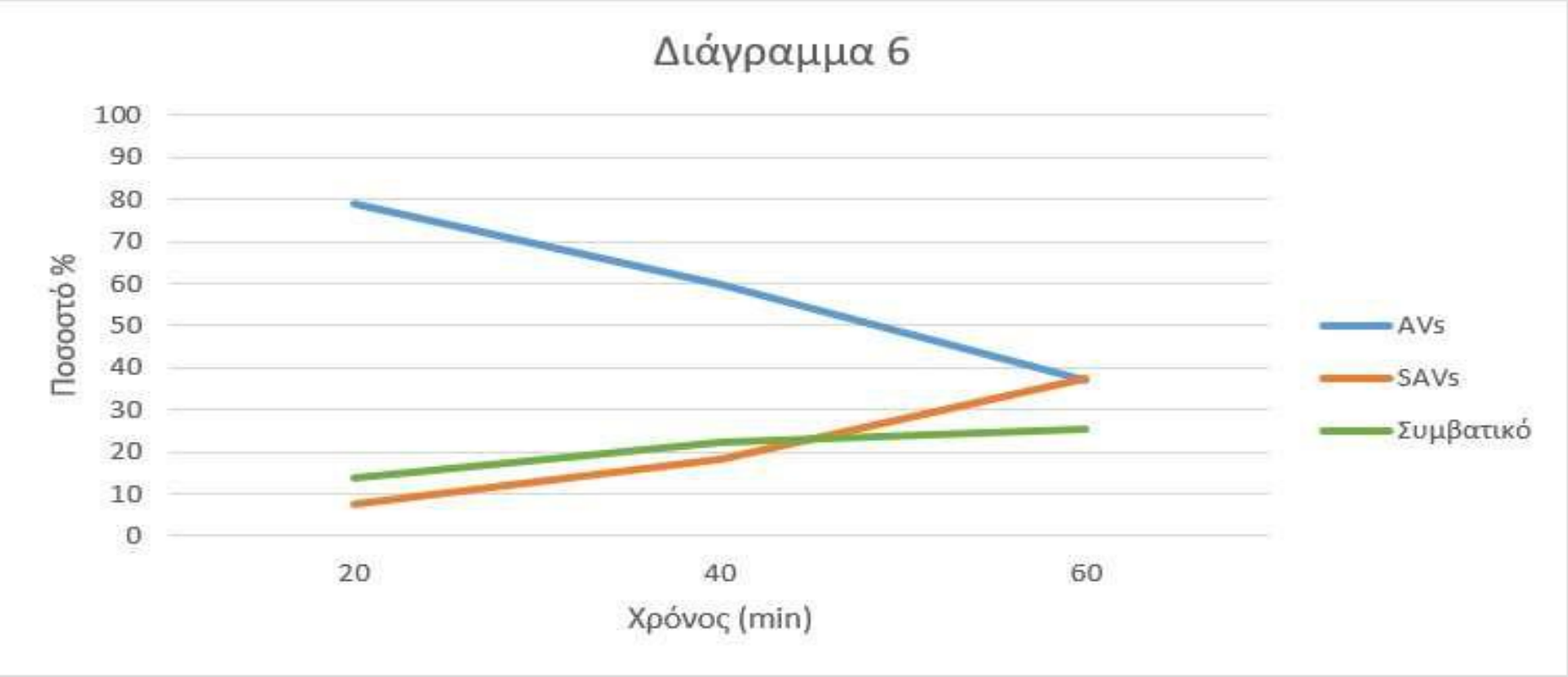
Ανάλυση Ευαισθησίας με τον Χρόνο

- μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο για **χαμηλό κόστος (AVs-7,SAVs-4)** και μετακινούμενους που διανύουν **λιγότερα από 15.000χιλιόμετρα** σε ένα χρόνο,
- εκείνοι που θεωρούν αυτόνομα οχήματα **λιγότερο ασφαλή** από τα συμβατικά,
- εκείνοι που θεωρούν τα αυτόνομα οχήματα **λιγότερο φιλικά προς το περιβάλλον**
- εκείνοι που θεωρούν θα έχουν **αυξημένη την προσοχή** τους κατά την χρήση ενός αυτόνομου οχήματος



Ανάλυση Ευαισθησίας με τον Χρόνο

- μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο για **υψηλό κόστος (AVs-10,SAVs-7)** και μετακινούμενους που διανύουν **λιγότερα από 15.000χιλιόμετρα** σε ένα χρόνο θεωρούν
- εκείνοι που θεωρούν τα αυτόνομα οχήματα **λιγότερο ασφαλή** από τα συμβατικά
- εκείνοι που θεωρούν τα αυτόνομα οχήματα **λιγότερο φιλικά προς το περιβάλλον**
- εκείνοι που θεωρούν θα έχουν **αυξημένη την προσοχή** τους κατά την χρήση ενός αυτόνομου οχήματος.



Συμπεράσματα (1/2)

- **Θετική στάση** απέναντι τις υπηρεσίες κοινοχρησίας με αυτόνομα οχήματα που θα βρίσκονται μόνοι στο όχημα **AVs**
- **Μεγαλύτερη προτίμηση σε AVs** (μόνοι) έναντι SAVs (όχι μόνοι)
- Όσοι **επιλέγουν (AVs)** έναντι (SAVs) και παραδοσιακών μέσων μεταφοράς δίνουν **μεγαλύτερη σημασία στον χρόνο** μετακίνησης
- Όσοι **επιλέγουν (SAVs)** έναντι (AVs) και παραδοσιακών μέσων μεταφοράς δίνουν **μεγαλύτερη σημασία στο κόστος** μετακίνησης

Συμπεράσματα (2/2)

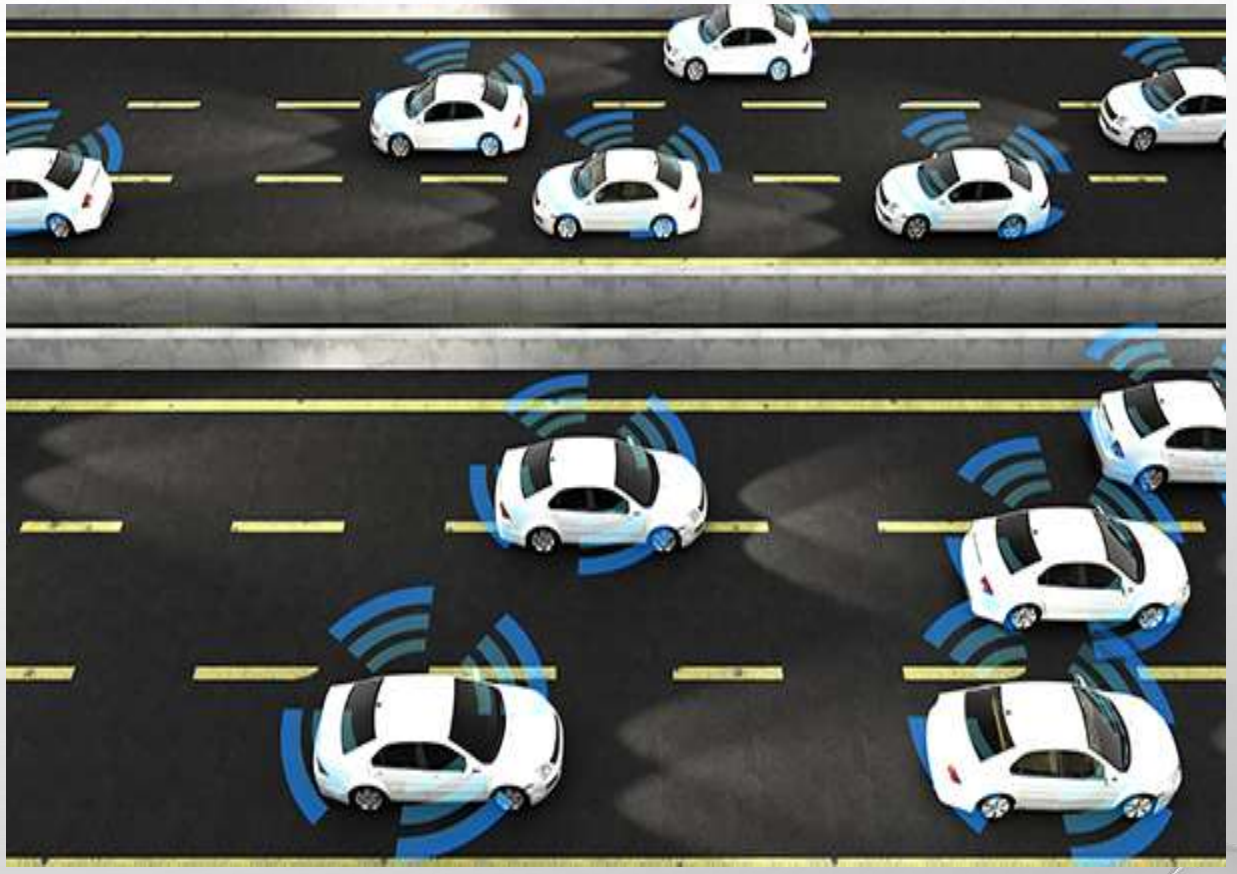
- Για μετακινούμενους που διανύουν **περισσότερα από 15.000 χιλιόμετρα** σε ένα έτος η πιθανότητα επιλογής **(AVs) αυξάνεται** ενώ για **(SAVs) μειώνεται.**

- Οι μετακινούμενοι που συμφωνούν με τις απόψεις πως **τα αυτόνομα οχήματα είναι πιο ασφαλή από τα συμβατικά, δεν θα έχουν αυξημένη την προσοχή τους κατά την χρήση ενός αυτόνομου οχήματος και πως τα αυτόνομα όχηματα είναι πιο φιλικά προς το περιβάλλον** έχουν **αυξημένη πιθανότητα** επιλογής **(AVs) και (SAVs)** έναντι συμβατικού οχήματος.

- Οι μετακινούμενοι που **έχουν δίπλωμα οδήγηση**ς είναι **λιγότερο πιθανό** να χρησιμοποιήσουν αυτόνομο όχημα μόλις αυτά γίνουν ευρέως διαθέσιμα είτε **(AVs) είτε (SAVs).**

Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

- ✓ Επέκταση δείγματος
- ✓ Επανάληψη έρευνας με τη σταδιακή ενσωμάτωση αυτόνομων οχημάτων
- ✓ Στόχευση συγκεκριμένων γεωγραφικών περιοχών
- ✓ Στόχευση συγκεκριμένων ομάδων πληθυσμού



Ευχαριστώ