



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Μοντελοποίηση του οικονομικού κόστους των οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα

ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ-ΜΑΡΙΟΣ ΚΟΥΡΤΗΣ

Επιβλέπων Καθηγητής: Γιώργος Γιαννής Ε.Μ.Π.

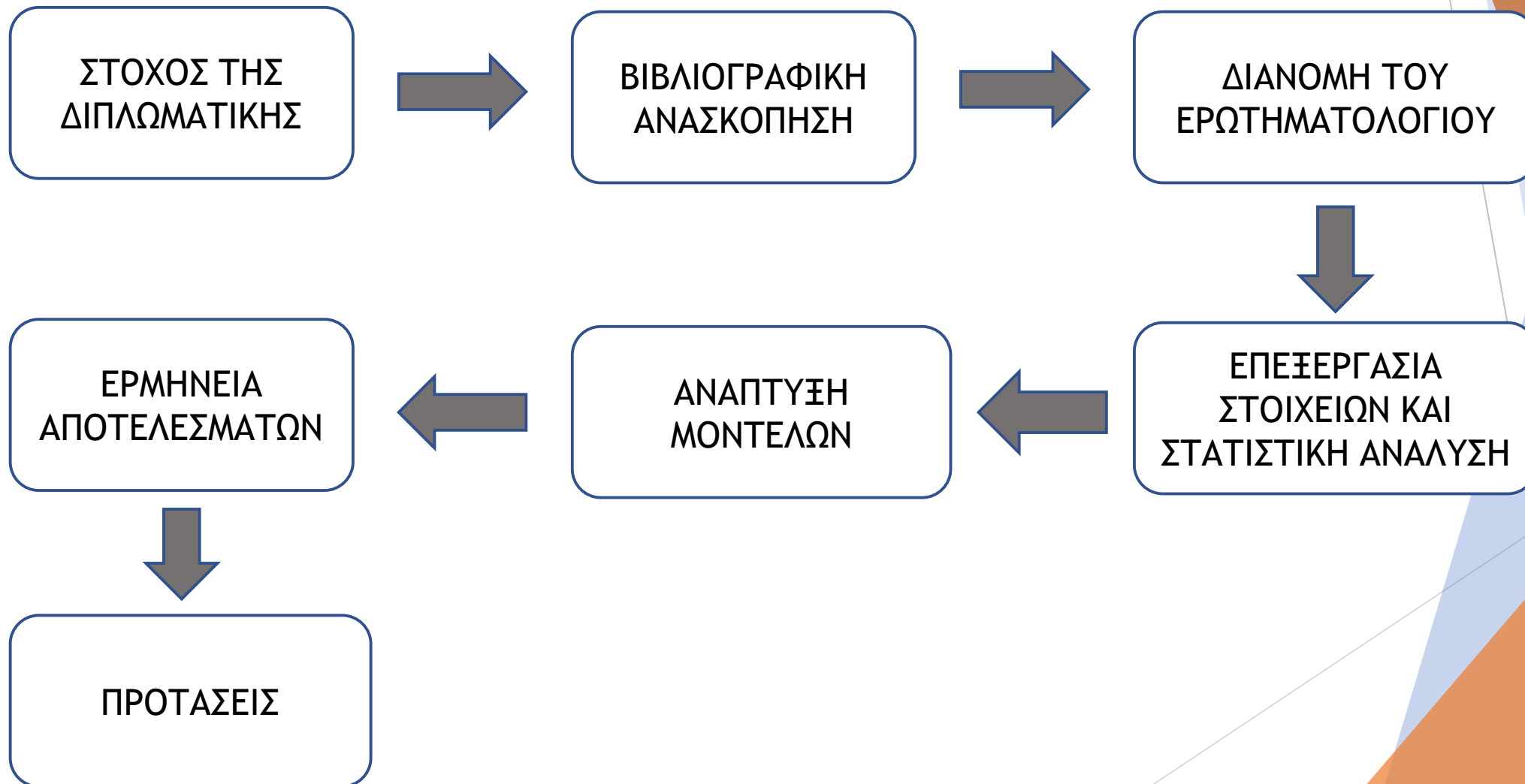
ΑΘΗΝΑ 2018

Στόχος Διπλωματικής Εργασίας



- ✓ Να υπολογίσει το ανθρώπινο κόστος των οδικών ατυχημάτων με τη μέθοδο «πρόθεση να πληρώσω»
- ✓ Να μελετήσει και να καταγράψει την ευαισθητοποίηση των οδηγών απέναντι στην πιθανότητα οδικού ατυχήματος
- ✓ Να διερευνήσει την πρόθεση των οδηγών να μειώσουν την πιθανότητα εμπλοκής σε οδικό ατύχημα με την μέθοδο της Δεδηλωμένης Προτίμησης και να προσδιορίσει τα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την πρόθεση αυτή

Βασικά στάδια Διπλωματικής Εργασίας



Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Συνιστώσες του κόστους ανά παθόντα

- 1) Ανθρώπινο κόστος
- 2) Απολεσθέν παραγωγικό έργο
- 3) Ιατρικό κόστος
(διακομιδή, νοσηλεία κλπ)
- 4) Μη νοσηλευτική αποκατάσταση
(ειδικά μέσα μεταφοράς)
- 5) Λοιπά οικονομικά κόστη
(πχ κηδεία)

Μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν

- ❑ Μέθοδος «Πρόθεση να πληρώσω»:
Ευρέως χρησιμοποιούμενη σε
συγκοινωνιακές μελέτες
- ❑ Εφαρμογή της ΠΝΠ μέσω της
δεδηλωμένης προτίμησης των οδηγών
με τη μορφή του ερωτηματολογίου
(κατάλληλη δομή του ερωτηματολογίου
για την σαφή κατανόηση του αλλά και
την εύκολη συμπλήρωση του)

Θεωρητικό υπόβαθρο (1/2)

Μέθοδος Δεδηλωμένης προτίμησης

Πλεονεκτήματα

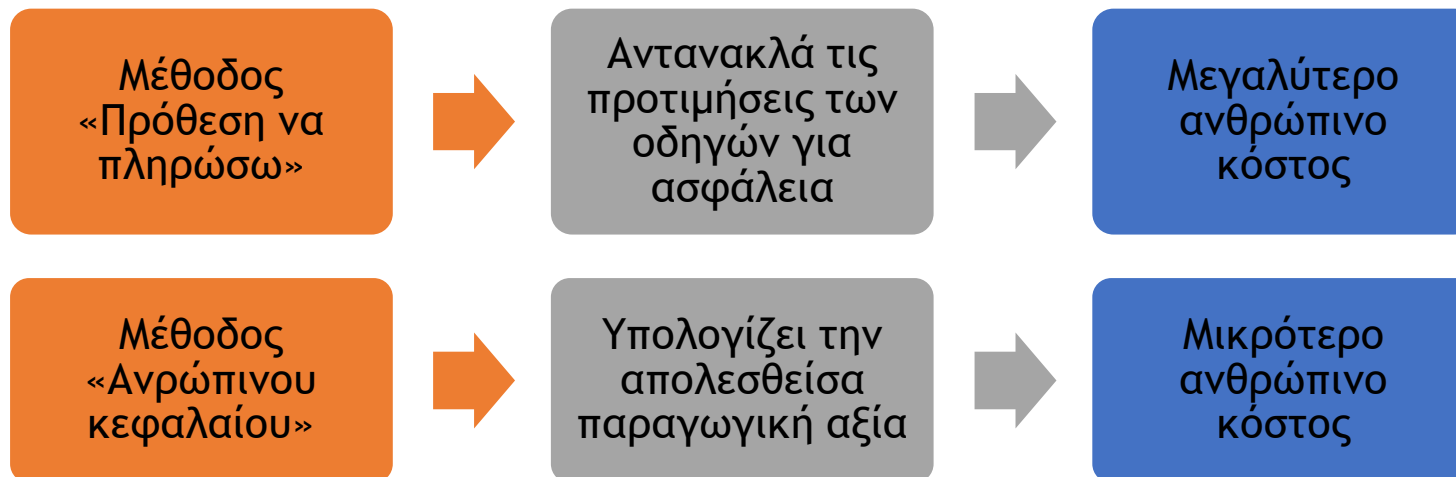
- ✓ Αξιόπιστη για μελέτη υποθετικών σεναρίων
- ✓ Ευελιξία - Ο ερευνητής ορίζει τις συνθήκες που αξιολογούν οι ερωτηθέντες

Μέθοδος Αποκαλυπτόμενης προτίμησης

Μειονεκτήματα

- ✗ Καταγράφει την άποψη του κοινού πάνω σε εναλλακτικές επιλογές που εφαρμόζονται ήδη (προϊόντα, τεχνολογίες)
- ✗ Δυσκολία στην εξέταση όλων των μεταβλητών που ενδιαφέρουν την έρευνα λόγω απουσίας επαρκούς ευελιξίας των δεδομένων

Για τους παραπάνω λόγους επιλέχθηκε η μέθοδος της Δεδηλωμένης προτίμησης διότι εξυπηρετεί τις ανάγκες της παρούσας έρευνας



Θεωρητικό υπόβαθρο (2/2)

Το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης (logistic regression) χρησιμοποιείται συχνά σε συγκοινωνιακές έρευνες, στις οποίες ζητείται η πρόβλεψη της επιρροής ορισμένων χαρακτηριστικών στην επιλογή κάποιου γεγονότος.

Η συνάρτηση χρησιμότητας της λογιστικής παλινδρόμησης δίνεται από τη σχέση:

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

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

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

Ερμηνεία μέσω του odds ratio

Κριτήρια αποδοχής λογιστικής παλινδρόμησης

- ❑ Λογική ερμηνεία των προσήμων των συντελεστών της εξίσωσης
- ❑ z-value ή Wald > 1.645 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%
- ❑ Οι ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου να μην είναι συγγραμικές
- ❑ $R^2 > 0.2$ συντελεστής προσαρμογής του μοντέλου

Έρευνα πεδίου

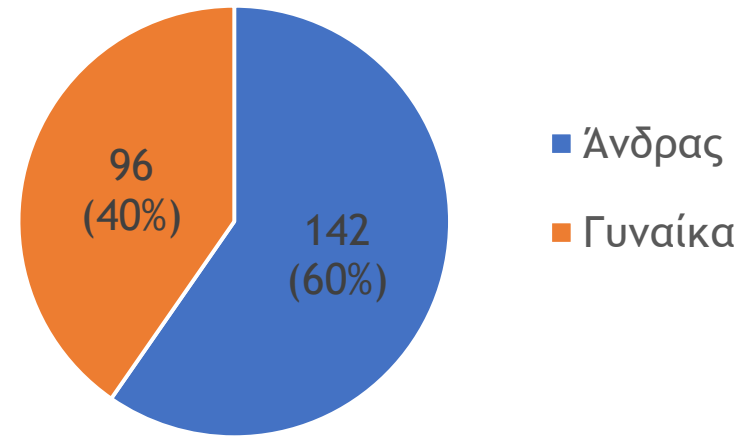
- Διαμορφώθηκε με την βοήθεια του www.google.com/forms
- 238 ερωτηματολόγια
- Α' μέρος: Οδηγική συμπεριφορά και οδηγικές συνήθειες των ερωτώμενων
- Β' μέρος: Εξοικείωση των ερωτώμενων με την πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα
- Γ' μέρος: Οι ερωτώμενοι δηλώνουν την πρόθεση τους να πληρώσουν για να μειώσουν την πιθανότητα εμπλοκής τους σε οδικό ατύχημα. Παράλληλα επιλέγουν διαφορετικά επίπεδα μείωσης (0%, 20%, 50%) της εν λόγω πιθανότητας για 10 διαφορετικά σενάρια επεμβάσεων (αύξηση χρόνου και κόστους ταξιδιού)
- Δ' μέρος: Δημογραφικά χαρακτηριστικά των οδηγών

Προκαταρκτική Ανάλυση

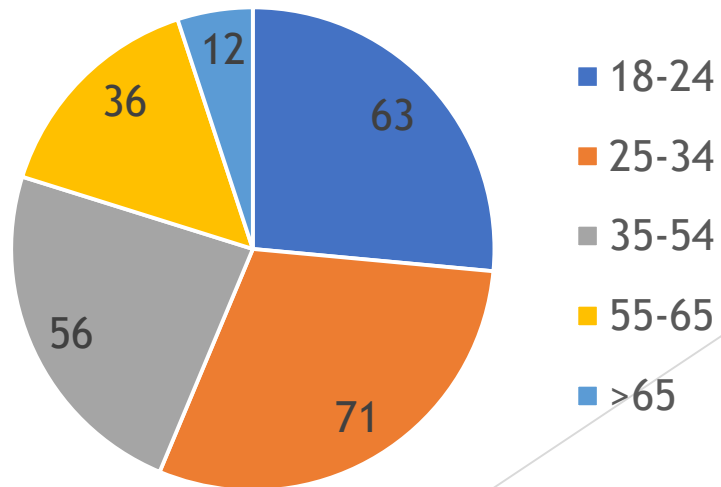
- ✓ Κατανομή του δείγματος ως προς το φύλο
- ✓ ηλικιακή κατανομή του δείγματος



Ποιο είναι το φύλο σας ;

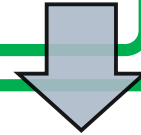


Ποια είναι η ηλικία σας (σε έτη) ;

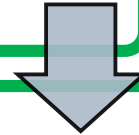


Διαδικασία στατιστικής επεξεργασίας

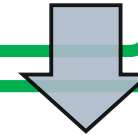
Εισαγωγή βάσης δεδομένων στο πρόγραμμα
στατιστικής ανάλυσης IBM SPSS STATISTICS 23



Καθορισμός εξαρτημένων & ανεξάρτητων
μεταβλητών



Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών



Στατιστικοί έλεγχοι μαθηματικών μοντέλων

Διατεταγμένη λογιστική παλινδρόμηση

Εξαρτημένη Μεταβλητή: Μέγιστο ποσό (€/έτος) του οικογενειακού εισοδήματος σας που θα δίνετε κάθε χρόνο για να μειωθεί η πιθανότητα εμπλοκής ΣΑΣ κατά 50% σε οδικό ατύχημα με Νεκρούς.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Pseudo R-Square (Nagelkerke)		0.305
	Estimate	Significance	Odds Ratio
Σταθερά	-5.308	0.000	
Καμία εμπλοκή ως οδηγός σε οδικό ατύχημα με παθόντες	-2.499	0.000	0.08
Εμπλοκή ως οδηγός σε ένα οδικό ατύχημα με παθόντες	-2.086	0.004	0.12
Εμπλοκή ως οδηγός σε >1 οδικά ατυχήματα με παθόντες	0	-	-
<10.000€ ετήσιο οικογενειακό εισόδημα	-1.566	0.003	0.21
10.000-25.000€ ετήσιο οικογενειακό εισόδημα	0.772	0.113	
25.000-50.000€ ετήσιο οικογενειακό εισόδημα	-1.433	0.002	0.24
>50.000€ ετήσιο οικογενειακό εισόδημα	0	-	-
<10 χιλιόμετρα εβδομαδιαίως	0.988	0.031	2.69
10-40 χιλιόμετρα εβδομαδιαίως	0.901	0.024	2.46
40-100 χιλιόμετρα εβδομαδιαίως	1.185	0.001	3.27
>100 χιλιόμετρα εβδομαδιαίως	0	-	-

- ✓ $Pseudo R^2 > 0.2$
- ✓ $Sig < 0,05$
- ✓ Λογική ερμηνεία προσήμων
- ✓ Οι ανεξάρτητες μεταβλητές δεν είναι συγγραμικές

Θετική Συσχέτιση

- Αριθμός ατυχημάτων με παθόντες στα οποία έχει εμπλακεί
 - Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα
 - Χιλιόμετρα ανά εβδομάδα
- +/- Συσχέτιση

Συνολικά 3 συναρτήσεις χρησιμότητας με διαφορετική σταθερά

1. $U_{1-2} = -5.308$
2. $U_{2-3} = -3.776$
3. $U_{3-4} = -2.180$

Πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση (1 / 2)

- ▶ Δημιουργήθηκε στο R-studio
- ▶ Ειδικά διαμορφωμένη βάση δεδομένων (dataset)
- ▶ Εξαρτημένη Μεταβλητή:

Επιλογή επιπέδου μείωσης (0%, 20%, 50%) της πιθανότητας εμπλοκής σε ατύχημα κατά τη διάρκεια ταξιδιού διάρκειας 180 λεπτών και κόστους 60 €

Στατιστικοί έλεγχοι

- ✓ $McFaddenR^2 = 0.225 > 0.200$
- ✓ $z\text{-value} > 1.645$

Θετική Συσχέτιση

- ☐ Βαθμός ανησυχίας για το ενδεχόμενο ατυχήματος
- ☐ Ποσό (€/έτος) για μείωση 50% της πιθανότητας εμπλοκής στενού συγγενή σας σε ατύχημα με βαριά τραυματίες

Αρνητική Συσχέτιση

- ☐ Χρόνος
- ☐ Κόστος
- ☐ Ώρες οδήγησης

(+/-) Συσχέτιση

- ☐ Εκτιμώμενη πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα
- ☐ Αριθμός ατυχημάτων
- ☐ Ηλικία
- ☐ Φύλο
- ☐ Είδος οχήματος
- ☐ Σκοπός μετακίνησης

Πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση (2 / 2)						
Ανεξάρτητες μεταβλητές	Επιλογή 20% μείωση			Επιλογή 50% μείωση		
	Coefficients	z-value	odds ratio	Coefficients	z-value	odds ratio
Σταθερά	4.971	8.961	-	4.917	6.971	-
Επιπλέον χρόνος ταξιδιού (λεπτά)	-0.038	-5.426	0.963	-0.034	-6.354	0.966
Επιπλέον κόστος ταξιδιού (€)	-0.088	-10.662	0.916	-0.061	-10.011	0.940
18-24 ετών (τιμή αναφορά)	0	-	-	0	-	-
25-34 ετών	-1.010	-3.835	0.364	-0.862	-3.214	0.422
35-54 ετών	-0.860	-2.964	0.423	-0.480	-1.628	0.619
55-65 ετών	0.037	0.111	1.038	0.128	0.372	1.136
>65 ετών	1.928	1.817	6.872	2.186	2.060	8.896
Φύλο= Άντρας (τιμή αναφοράς)	0	-	-	0	-	-
Φύλο= Γυναίκα	0.359	2.189	1.431	0.338	1.991	1.401
1-10% εκτιμώμενη πιθανότητα εμπλοκής σε οδικό ατύχημα με ελαφρά τραυματίες (τιμή αναφοράς)	0	-	-	0	-	-
11-20% εκτιμώμενη πιθανότητα εμπλοκής σε οδικό ατύχημα με ελαφρά τραυματίες	-0.837	-3.319	0.433	-1.323	-5.038	0.266
21-30% εκτιμώμενη πιθανότητα εμπλοκής σε οδικό ατύχημα με ελαφρά τραυματίες	-1.011	-3.989	0.364	-1.179	-4.463	0.308
31-40% εκτιμώμενη πιθανότητα εμπλοκής σε οδικό ατύχημα με ελαφρά τραυματίες	-0.680	-2.263	0.507	-0.781	-2.570	0.458
>40% εκτιμώμενη πιθανότητα εμπλοκής σε οδικό ατύχημα με ελαφρά τραυματίες	-0.298	-4.896	0.742	-2.055	-6.659	0.128
Δίτροχο (τιμή αναφοράς)	0	-	-	0	-	-
ΙΧ	0.189	0.766	1.201	0.501	1.793	1.650
Συνδυασμοί οχημάτων	0.965	2.842	2.624	1.753	4.712	5.771
Σκοπός μετακίνησης «Εργασία» (τιμή αναφοράς)	0	-	-	0	-	-
Σκοπός μετακίνησης «Ψώνια-Αναψυχή»	0.313	0.998	1.367	0.772	2.440	2.165
Σκοπός μετακίνησης «Εκπαίδευση»	0.306	0.996	1.426	0.566	1.800	1.762
Σκοπός μετακίνησης «Κοινωνικές-Υποχρεώσεις»	-0.108	-0.291	0.897	1.302	3.645	3.676
Σκοπός μετακίνησης «Άλλοι λόγοι»	-1.468	-5.163	0.230	-2.163	-6.437	0.115
Καμία εμπλοκή ως οδηγός σε οδικό ατύχημα με παθόντες (τιμή αναφοράς)	0	-	-	0	-	-
Εμπλοκή ως οδηγός σε ένα οδικό ατύχημα με παθόντες	-0.116	-0.602	0.890	-0.707	-3.484	0.493
Εμπλοκή ως οδηγός σε >1 οδικά ατυχήματα με παθόντες	0.673	1.910	1.960	1.050	2.974	2.857
Λίγο ανήσυχος για το ενδεχόμενο εμπλοκής σε ατύχημα (τιμή αναφοράς)	0	-	-	0	-	-
Αρκετά ανήσυχος για το ενδεχόμενο εμπλοκής σε ατύχημα	0.344	1.882	1.411	0.894	4.705	2.456
Πολύ ανήσυχος για το ενδεχόμενο εμπλοκής σε ατύχημα	1.037	4.196	2.822	2.228	8.951	9.284
<1 ώρες οδήγησης εβδομαδιαίως (τιμή αναφοράς)	0	-	-	0	-	-
1-4 ώρες οδήγησης εβδομαδιαίως	-0.467	-1.241	0.627	-0.766	-2.028	0.465
4-10 ώρες οδήγησης εβδομαδιαίως	-0.856	-2.322	0.425	-0.868	-2.329	0.420
>10 ώρες οδήγησης εβδομαδιαίως	-1.132	-2.872	0.322	-1.429	-3.576	0.239
<200€ ετησίως για 50% μείωση στην πιθανότητα εμπλοκής στ. συγγενή σε ατύχημα με βαριά τραυματίες (τ.α)	0	-	-	0	-	-
200€-500€ ετησίως για 50% μείωση στην πιθανότητα εμπλοκής στ. συγγενή σε ατύχημα με βαριά τραυματίες	0.325	1.656	1.384	0.875	3.818	2.400
500-1000€ ετησίως για 50% μείωση στην πιθανότητα εμπλοκής στ. συγγενή σε ατύχημα με βαριά τραυματίες	0.398	1.796	1.489	2.011	8.262	7.472
>1000€ ετησίως για 50% μείωση στην πιθανότητα εμπλοκής στ. συγγενή σε ατύχημα με βαριά τραυματίες	0.952	3.402	2.592	2.783	9.449	16.161

Αποτελέσματα (1/2)

- Η συντριπτική πλειονότητα των Ελλήνων οδηγών επιλέγει τη μείωση (μικρή ή μεγάλη) της πιθανότητας εμπλοκής σε οδικό ατύχημα
- Όσο ο χρόνος και το κόστος ταξιδιού αυξάνονται, τόσο μειώνεται η πρόθεση των οδηγών να αποδεχτούν τις περαιτέρω αυξήσεις και να επενδύσουν στην οδική ασφάλεια
- Οι πολύ νέοι οδηγοί καθώς και οι οδηγοί άνω των 55 ετών είναι περισσότερο πρόθυμοι να επενδύσουν στην βελτίωση της οδικής ασφάλειας συγκριτικά με τους οδηγούς ηλικίας 25-55 ετών
- Οι γυναίκες εμφανίζονται περισσότερο ευαισθητοποιημένες συγκριτικά με τους άντρες στο ζήτημα της οδικής ασφάλειας

Αποτελέσματα (2/2)

- ❑ Οι οδηγοί με κύριο σκοπό μετακίνησης την ψυχαγωγία επιθυμούν περισσότερο τη μεγάλη μείωση της πιθανότητας εμπλοκής σε οδικό ατύχημα συγκριτικά με εκείνους των οποίων ο κύριος σκοπός μετακίνησης είναι η εργασία
- ❑ Όσοι έχουν επιλέξει ΙΧ για τις καθημερινές τους μετακινήσεις επενδύουν στην μείωση της πιθανότητας εμπλοκής σε σχέση με εκείνους που οδηγούν δίτροχο
- ❑ Οι οδηγοί επιθυμούν τη μείωση της πιθανότητας εμπλοκής κατά τη διάρκεια της ζωής τους και όχι ευκαιριακά μονάχα για ένα ταξίδι όπως αυτό που τους προτάθηκε (διάρκειας 180 λεπτών και κόστους 60 €)

Υπολογισμός του ανθρώπινου κόστους με τη μέθοδο «Πρόθεση να πληρώσω»

$$\underline{\text{Ανθρώπινο κόστος} = (\text{οε}) * (\text{πνπ}) * (\text{σο}) / \text{νεκροί}}$$

- (οε) = Μέσο ετήσιο οικογενειακό εισόδημα (Eurostat 2017) = **8.682 €**
- (πνπ) = Πρόθεση να πληρώσουν ως ποσοστό του οικογενειακού εισοδήματος = **6,76%**
- (σο) = Συνολικός αριθμός οικογενειών (ΕΛΣΤΑΤ 2011) = **4.134.540**
- νεκροί = Μέσος αριθμός νεκρών ανά έτος 2000-2016 σε οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα (ΕΛΣΤΑΤ) = **1.378**

Σύμφωνα με τα παραπάνω το ανθρώπινο κόστος του νεκρού σε οδικό ατύχημα υπολογίστηκε **1,761 εκατ. €**

Συμπεράσματα (1/2)

- Σημαντικές επιπτώσεις οδικών ατυχημάτων → Στήριξη από τους Έλληνες οδηγούς σε βελτιωτικές συγκοινωνιακές παρεμβάσεις
- Ενδεχόμενη αύξηση του χρόνου και του κόστους ταξιδιού (βασικές παράμετροι μετακινήσεων) → Αρνητική επίδραση στην επιλογή των οδηγών για μείωση της πιθανότητας εμπλοκής
- Απειρία νέων οδηγών (18-24 ετών) και αδυναμία έγκαιρης αντίδρασης οδηγών >65 ετών → Προθυμία επένδυσης για μείωση πιθανότητας εμπλοκής σε οδικό ατύχημα
- Φύλο = «Άντρας» → περισσότερα οχηματοχιλιόμετρα → δαπάνη περισσότερου χρόνου και κόστους για μετακινήσεις → απροθυμία για περαιτέρω αυξήσεις

Συμπεράσματα (2/2)

- Χρήση δίτροχου οχήματος για εξοικονόμηση χρόνου και οικονομικών πόρων
→ Αρνητική στάση οδηγών στην επένδυση για βελτίωση της οδικής ασφάλειας λόγω της συνεπαγόμενης αύξησης κόστους και χρόνου ταξιδιού
- Σκοπός μετακίνησης «Εργασία» → ανελαστική μετακίνηση κυρίως ως προς τον χρόνο → απροθυμία να επενδύσει στην οδική ασφάλεια
- Σκοπός μετακίνησης «Ψυχαγωγία» → Πληθώρα προορισμών και κυκλοφοριακών συνθηκών κατά τη διαδρομή → αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος → προθυμία να επενδύσει στην οδική ασφάλεια

Προτάσεις

- Ανάπτυξη εκπαιδευτικών σεμιναρίων και ένταξη μαθημάτων οδικής ασφάλειας στο πλαίσιο των σχολικών δραστηριοτήτων
- Συνεχείς κοινοποιήσεις των στατιστικών στοιχείων και χαρακτηριστικών οδικών ατυχημάτων για την ευαισθητοποίηση της κοινωνίας
- Ανάπτυξη εφαρμογής στα κινητά τηλέφωνα για τον έλεγχο των παραβατών και την επιβράβευση όσων οδηγούν με σύνεση μέσω φορολογικών ελαφρύνσεων



Προτάσεις για έρευνα

- ❖ Προτείνεται η εκπόνηση πανευρωπαϊκής έρευνας με τη μέθοδο ΠΝΠ προκειμένου να υπάρχουν συγκρίσιμα στοιχεία για όλες τις χώρες και να επιτυγχάνεται η αποτελεσματικότερη κατανομή των κοινοτικών κονδυλίων
- ❖ Επικαιροποίηση της παρούσας έρευνας μετά από εύλογο διάστημα για την μελέτη ενδεχόμενων αλλαγών στην οδηγική συμπεριφορά και τις προτιμήσεις των Ελλήνων σε θέματα οδικής ασφάλειας
- ❖ Διεξαγωγή μελέτης με αντικείμενο την αλληλεπίδραση μεταξύ των συγκοινωνιακών υποδομών κάθε κράτους και της οδηγικής συμπεριφοράς των πολιτών του, προκειμένου να εντοπιστούν και να αναλυθούν τυχόν αποκλίσεις



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Μοντελοποίηση του οικονομικού κόστους των οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα

ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ-ΜΑΡΙΟΣ ΚΟΥΡΤΗΣ

Επιβλέπων Καθηγητής: Γιώργος Γιαννής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ 2018