



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΚΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ
ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΝΕΩΝ ΟΔΗΓΩΝ
ΣΕ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΟΥΣ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ ΟΔΗΓΗΣΗΣ**

ΑΝΝΑ-ΜΑΡΙΑ ΣΟΥΡΕΛΛΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΙΩΡΓΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ
ΑΘΗΝΑ, 2017

Στόχος

Ανάλυση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια των νέων οδηγών σε υπεραστικές οδούς με χρήση προσομοιωτή οδήγησης.

Εξετάζεται ο βαθμός στον οποίο οι παρακάτω παράμετροι συμβάλλουν στη μεταβολή της μέσης ταχύτητας οδήγησης και στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα.

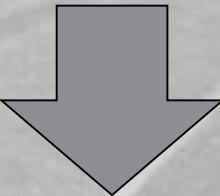
- Καιρικές συνθήκες (βροχή, ομίχλη, καλός καιρός)
- Χαρακτηριστικά του οδηγού (π.χ. φύλο, ηλικία)
- Τρόπος οδήγησης (π.χ. αριθμός στροφών κινητήρα, απόσταση από το προπορευόμενο όχημα)
- Κυκλοφοριακός φόρτος (μειωμένος, αυξημένος)

Βασικά στάδια εκπόνησης διπλωματικής εργασίας



Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Διεθνείς έρευνες σε περιβάλλον προσομοίωσης και πραγματικές συνθήκες



- ❖ Η **βροχόπτωση** αποτελεί το καιρικό φαινόμενο με τη μεγαλύτερη επιρροή στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού.
- ❖ Οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες **επηρεάζουν σημαντικά την ασφάλεια** του οδηγού, συγκεκριμένα φαίνεται να αυξάνουν τον αριθμό των ατυχημάτων, το χρόνο αντίδρασης και το αίσθημα του κινδύνου.
- ❖ Τόσο η ομίχλη όσο και η βροχή φαίνεται να οδηγούν σε **μείωση της μέσης ταχύτητας οδήγησης**.

Θεωρητικό υπόβαθρο

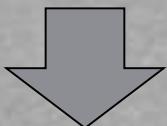
Μέθοδοι Ανάλυσης

❖ Εξαρτημένες μεταβλητές

- I. Συνεχής (μέση ταχύτητα οδήγησης)
- II. Διακριτή (ατύχημα ή όχι)

❖ Ανεξάρτητες μεταβλητές

Συνεχείς και διακριτές



❖ Λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση
(μέση ταχύτητα οδήγησης)

❖ Λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης
(ατύχημα ή όχι)

Στατιστικοί Έλεγχοι

❖ Συσχέτιση των ανεξάρτητων
μεταβλητών

❖ Συντελεστές βι

❖ Στατιστική σημαντικότητα
(δείκτης t, Wald)

❖ Σφάλμα

❖ Ποιότητα του μοντέλου (R^2 , ρ^2)

❖ Κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας
(LRT)

Ο προσομοιωτής

Πλεονεκτήματα

- Αρκετά ρεαλιστική αίσθηση οδήγησης
- Συνθήκες απόλυτης ασφάλειας
- Τυποποίηση
- Διευκόλυνση της συλλογής δεδομένων
- Φιλικός προς το περιβάλλον

Μειονεκτήματα

- Μη πλήρως ρεαλιστική απεικόνιση
- Ενδεχόμενη μεταβολή της συμπεριφοράς των οδηγών
- Πιθανό αίσθημα ζάλης



Εφαρμογή του πειράματος- Η πειραματική διαδικασία

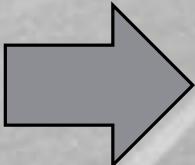
- ❖ 40 συμμετέχοντες 20-28 ετών
(16 γυναίκες, 24 άνδρες)
- ❖ Οδήγηση στον προσομοιωτή
 - I. Δοκιμαστικές διαδρομές με σκοπό την εξοικείωση με τον προσομοιωτή
 - II. 3 ζεύγη διαδρομών μήκους 2.1 km, σε συνθήκες καλού καιρού, βροχής και ομίχλης, σε συνθήκες μειωμένου και αυξημένου κυκλοφοριακού φόρτου
- ❖ Συμπλήρωση ερωτηματολογίου



Εφαρμογή του πειράματος- Η επεξεργασία των στοιχείων

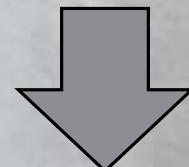
Επεξεργασία ερωτηματολογίων

- Πίνακας 65 στηλών
- Κωδικοποίηση με χρήση τιμών

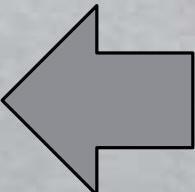


Επεξεργασία μετρήσεων προσομοιωτή

- Εισαγωγή στοιχείων στο Excel
- Επεξεργασία των στοιχείων με Visual Basic
- Εισαγωγή στοιχείων στην Access



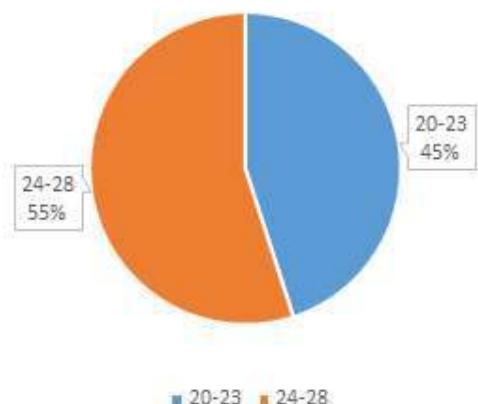
Περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος



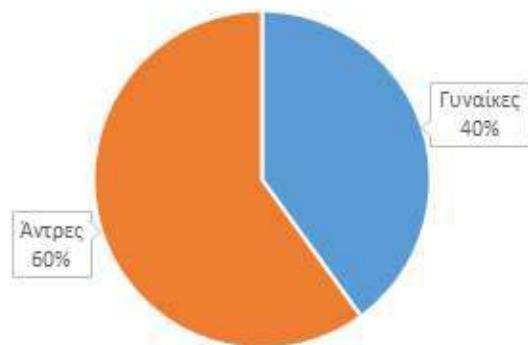
Τελική βάση δεδομένων

Χαρακτηριστικά του δείγματος (1/2)

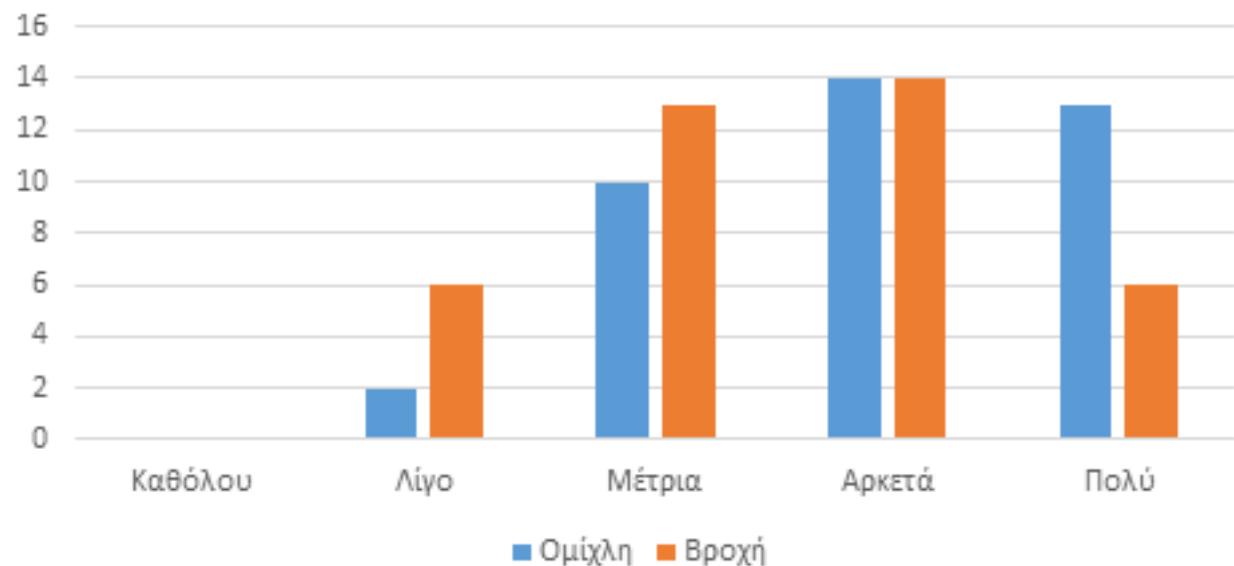
Κατανομή ηλικιών



Κατανομή Φύλου

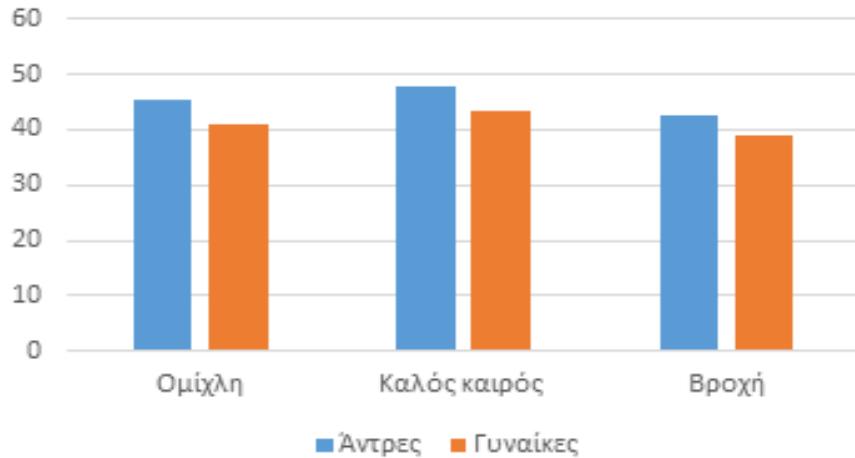


Κατά πόσο θεωρείτε ότι αλλάζει η οδηγική σας συμπεριφορά

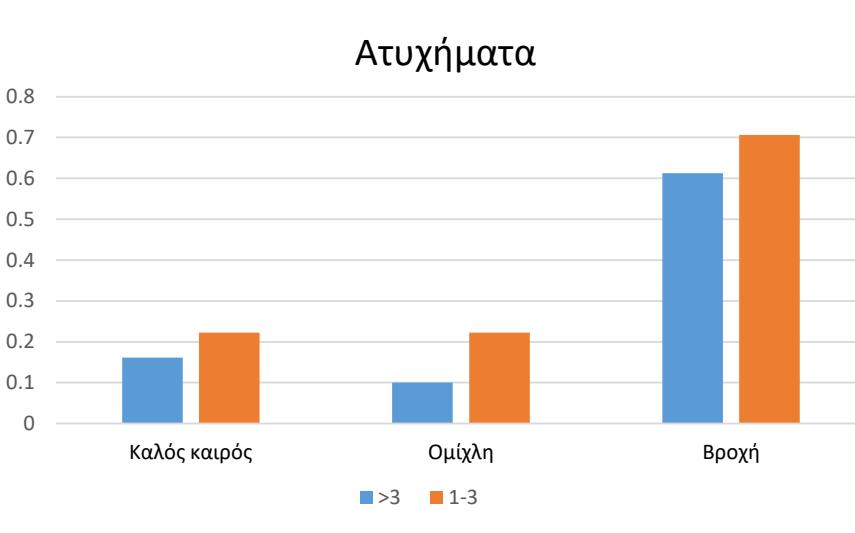


Χαρακτηριστικά του δείγματος (2/2)

Μέση ταχύτητα οδήγησης



Ατυχήματα



- Σε σύγκριση με την ταχύτητα κατά την οδήγηση με καλό καιρό, η μεγαλύτερη μείωση σημειώνεται κατά την οδήγηση με βροχή και μικρότερη μείωση κατά την οδήγηση με ομίχλη.
- Οι άντρες σημείωσαν αυξημένη ταχύτητα οδήγησης συγκριτικά με τις γυναίκες σε κάθε καιρική συνθήκη.
- Ο αριθμός των ατυχημάτων αυξάνεται κατά πολύ κατά την οδήγηση με βροχή, ενώ μειώνεται κατά την οδήγηση με ομίχλη.
- Οι συμμετέχοντες με οδηγική εμπειρία 1-3 έτη παρουσίασαν αυξημένο αριθμό ατυχημάτων σε σύγκριση με τους πιο έμπειρους οδηγούς.

Μοντέλο μέσης ταχύτητας οδήγησης (1/2)

$$\begin{aligned} \textit{LogV} = & 3,238 + 0,04 * \textit{Age} - 0,051 * \textit{Gender} - 0,037 * \textit{Traffic} - 0,037 * \textit{FOG} \\ & - 0,086 * \textit{RAIN} + 0,00028 * \textit{RpmAverage} - 0,066 * \textit{dr_enj} \end{aligned}$$

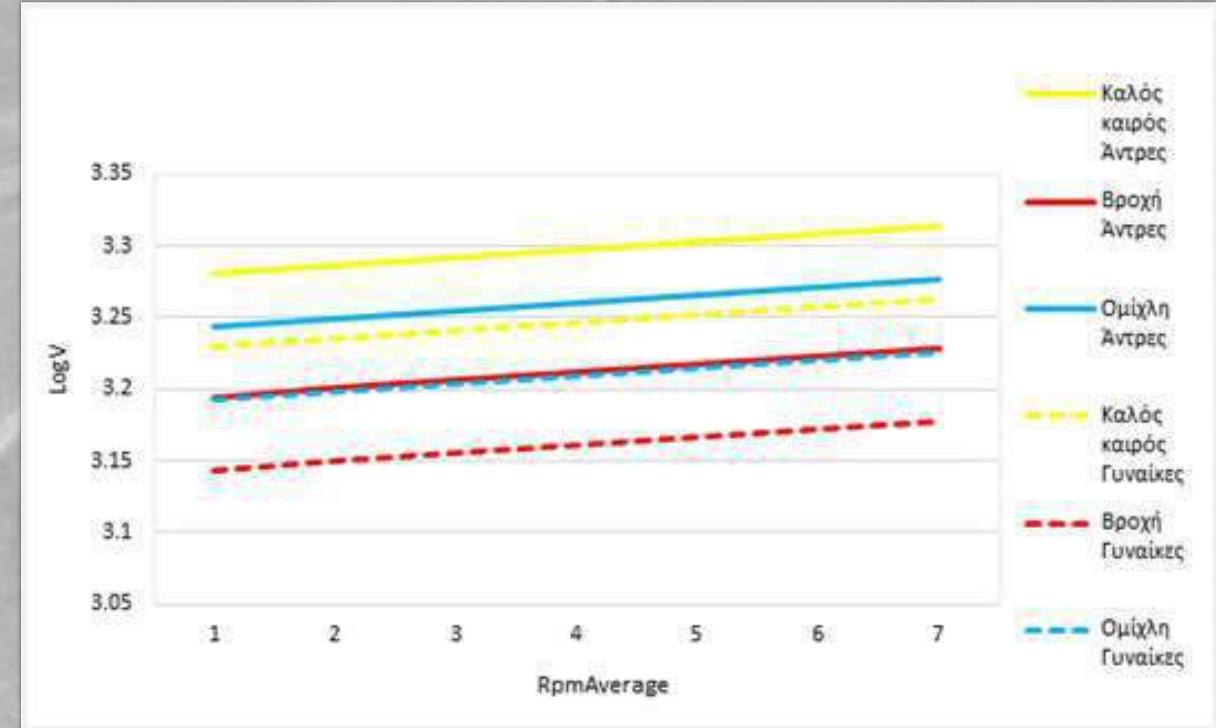
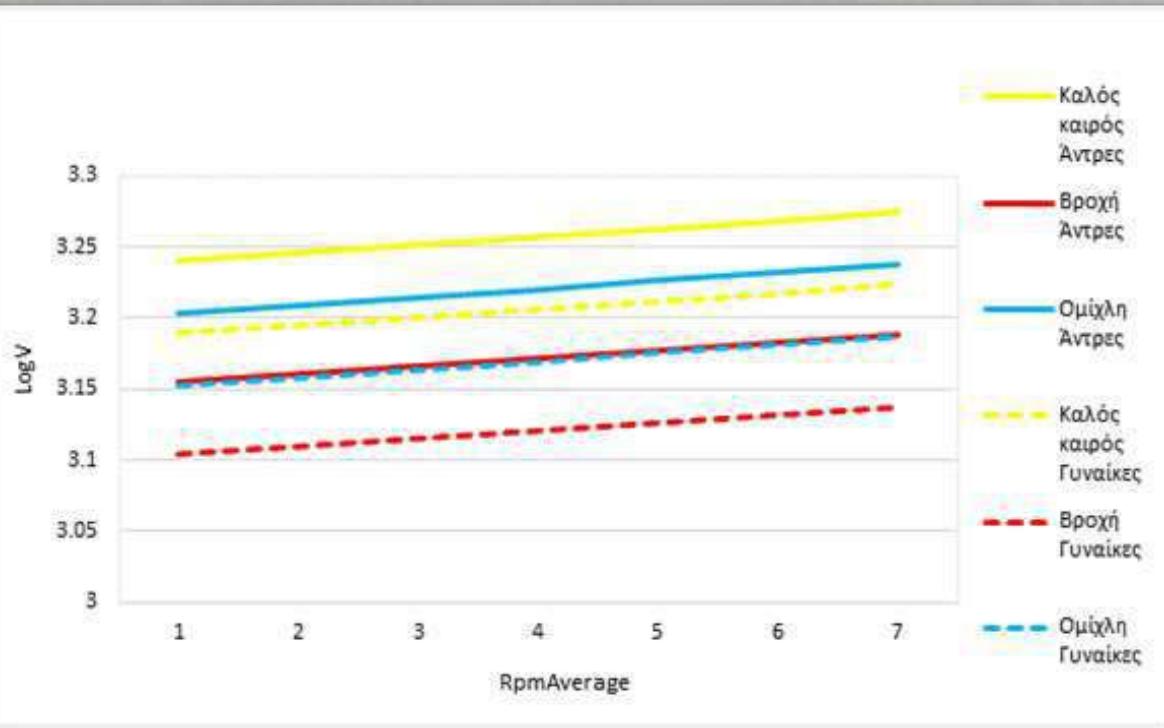
- ❖ **logV**: ο λογάριθμος της μέσης ταχύτητας οδήγησης
 - ❖ **Age**: Ηλικία (20-23=0, 24-28=1)
 - ❖ **Gender**: Φύλο (Άντρας=0, Γυναίκα=1)
 - ❖ **Traffic**: Κυκλοφοριακός Φόρτος (Μειωμένος=0, Αυξημένος=1)
 - ❖ **FOG**: Ομίχλη (Ναι=1, Όχι=0)
 - ❖ **RAIN**: Βροχή (Ναι=1, Όχι=0)
 - ❖ **RpmAverage**: Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα
 - ❖ **dr_enj**: Αν στον συμμετέχοντα αρέσει η οδήγηση (Ναι=1, Όχι=0)
- $R^2=0.568$

Μοντέλο μέσης ταχύτητας οδήγησης (2/2)

	Μοντέλο μέσης ταχύτητας οδήγησης			
		t	ei	ei*
Ανεξάρτητες μεταβλητές	β_i			Σχετική επιρροή
Συνεχείς μεταβλητές				
Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα	0.00028	12.952	0.17	-53.231
Διακριτές μεταβλητές				
Βροχή	-0.086	-5.089	-0.0076	2.382
Ομίχλη	-0.037	-2.201	-0.0032	1
Ηλικία	0.04	2.906	0.0059	-1.852
Φύλο	-0.051	-3.559	-0.0058	1.824
Κυκλοφοριακός φόρτος	-0.037	-2.684	-0.0049	1.544
Αν στο συμμετέχοντα αρέσει η οδήγηση	-0.066	-2.934	-0.0158	4.93

- Τη μεγαλύτερη επιρροή παρουσιάζουν οι μεταβλητές RpmAverage και dr_enj, ενώ ακολουθεί η μεταβλητή RAIN. Η μεγάλη επιρροή της μεταβλητής «βροχή» υποδεικνύει πως μετά τον ανθρωπογενή παράγοντα, **ο σημαντικότερος εξωγενής παράγοντας είναι η βροχή.**

Ανάλυση ευαισθησίας



Συσχέτιση του λογαρίθμου της μέσης ταχύτητας οδήγησης και του μέσου αριθμού στροφών κινητήρα ανάμεσα σε άντρες και γυναίκες οδηγούς 20-23 ετών και 24-28 ετών αντίστοιχα για διαφορετικές καιρικές συνθήκες

- Οι ταχύτητες των γυναικών κατά την οδήγηση με ομίχλη και των αντρών κατά την οδήγηση με βροχή παρουσίασαν πολύ κοντινές τιμές.

Μοντέλο πιθανότητας ατυχήματος (1/2)

$$U = -2,583 + 0,673 * dr_exp_1 + 0,186 * StdevBrakeAverage - 1,203 * FOG \\ + 2,675 * RAIN - 0,005 * StdevHwayAverage + 1,864 * inf_fog$$

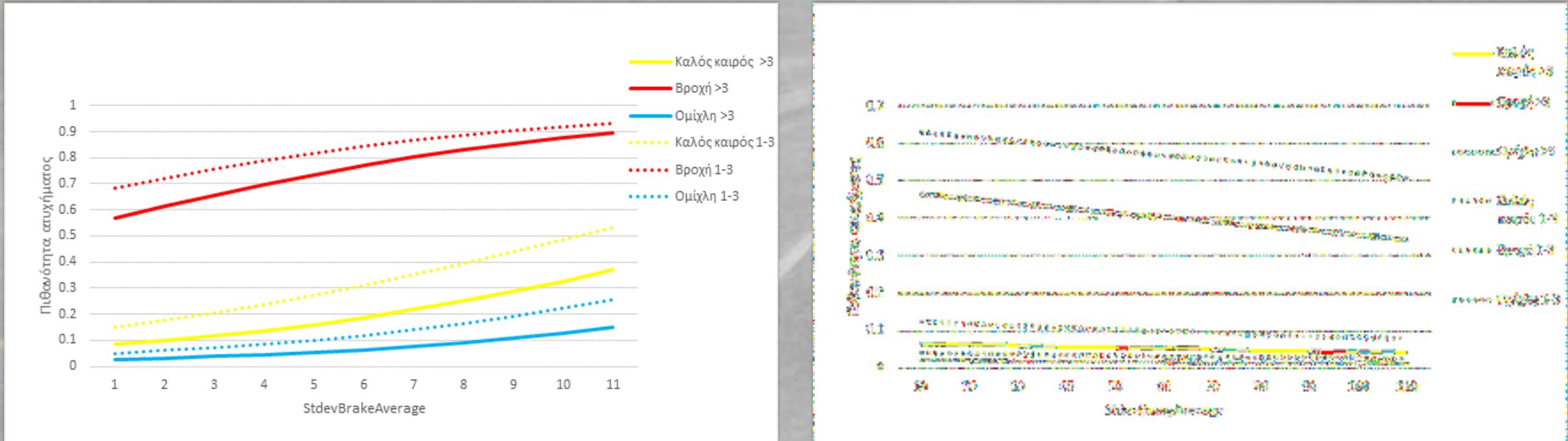
- ❖ **dr_exp1:** Οδηγική εμπειρία 1-3 έτη (Ναι=1, Όχι=0)
 - ❖ **StdevBrakeAverage:** Τυπική απόκλιση του ποσοστού χρήσης φρένου
 - ❖ **FOG:** Ομίχλη (Ναι=1, Όχι=0)
 - ❖ **RAIN:** Βροχή (Ναι=1, Όχι=0)
 - ❖ **StdevHwayAverage:** Τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα
 - ❖ **inf_fog:** Απάντηση στην ερώτηση: «Κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη ενημερώνεστε για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες; » (Ναι=1, Όχι=0)
- Με χρήση της άνω συνάρτησης υπολογίζεται η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα ως εξής: $P = \frac{e^U}{e^U + 1}$
- $\rho^2=0.289$

Μοντέλο πιθανότητας ατυχήματος (2/2)

	Μοντέλο πιθανότητας ατυχήματος			
			Σχετική επιρροή	
Ανεξάρτητες μεταβλητές	β_i	Wald	e_i	e_i^*
Συνεχείς μεταβλητές				
Τυπική απόκλιση του ποσοστού χρήσης του φρένου	0.186	11.396	1.02	-1.491
Τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα	-0.005	4.29	-0.6842	1
Διακριτές μεταβλητές				
Βροχή	2.675	33.368	13.045	-19.066
Ομίχλη	-1.203	3.054	-0.699	1.022
Οδηγική εμπειρία συμμετέχοντα 1-3 έτη	0.673	2.756	0.964	-1.409
Απάντηση στην ερώτηση «Κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη ενημερώνεστε για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες; »	1.864	6.654	5.411	-7.908

- Τη **μεγαλύτερη επιρροή** στην εξαρτημένη μεταβλητή την παρουσιάζει η μεταβλητή «**Βροχή**». Μικρή αλλά σαφής η επιρροή της μεταβλητής «**ομίχλη**».

Ανάλυση ευαισθησίας



Συσχέτιση πιθανότητας ατυχήματος και τυπικής απόκλισης ποσοστού χρήσης φρένου και τυπικής απόκλισης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα αντίστοιχα, για διαφορετικές καιρικές συνθήκες, ανάμεσα σε οδηγούς με οδηγική εμπειρία 1-3 έτη και >3

- Σε κάθε περίπτωση οι συμμετέχοντες με οδηγική εμπειρία 1-3 έτη παρουσίασαν αυξημένη πιθανότητα να συμβεί ατύχημα σε σύγκριση με τους περισσότερο έμπειρους οδηγούς.

Συμπεράσματα (1/2)

- Η βροχή φαίνεται να αυξάνει σημαντικά την πιθανότητα ατυχήματος, παρά την παρατηρούμενη μείωση της ταχύτητας από τους οδηγούς.
- Οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τη μέση ταχύτητα οδήγησης, συγκεκριμένα παρατηρήθηκε σημαντική μείωση κατά την οδήγηση με βροχή, αλλά και κάποια μείωση κατά την οδήγηση με ομίχλη.
- Η βροχή παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερη επιρροή από την ομίχλη τόσο στη μέση ταχύτητα οδήγησης όσο και στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα.

Συμπεράσματα (2/2)

- Μεγαλύτερη επιρροή στη μέση ταχύτητα οδήγησης παρουσιάζει ο **ανθρώπινος παράγοντας** (μέσος αριθμός στροφών κινητήρα, στον συμμετέχοντα αρέσει ή όχι η οδήγηση). Ο εξωγενής παράγοντας με τη μεγαλύτερη επιρροή είναι η **βροχή**.
- Η **ομίχλη**, όπως προέκυψε από τη διαδικασία υπολογισμού της σχετικής επιρροής των μεταβλητών φαίνεται να έχει μία μικρή αλλά σαφή επιρροή τόσο στη μέση ταχύτητα οδήγησης όσο και στην πιθανότητα ατυχήματος.

Προτάσεις για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας

- ✓ **Εκπαίδευση** όλων των οδηγών και ειδικότερα των νέων, για τη σωστή οδηγική συμπεριφορά κατά την οδήγηση με δυσμενείς καιρικές συνθήκες
- ✓ **Τακτική ενημέρωση** μέσω φωτεινών **πινακίδων** για τις κυκλοφοριακές και καιρικές συνθήκες
- ✓ **Μεταβλητά όρια ταχύτητας** ανάλογα με τις υπάρχουσες καιρικές συνθήκες
- ✓ Κατάλληλη κατασκευή και συντήρηση της **οδικής υποδομής**

Περαιτέρω έρευνα

- ❖ Εξέταση των ίδιων παραμέτρων σε **μεγαλύτερο δείγμα** ατόμων και σε περισσότερες ηλικιακές ομάδες
- ❖ Πραγματοποίηση αντίστοιχου πειράματος σε **πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας**
- ❖ Εφαρμογή άλλων **μεθόδων στατιστικής ανάλυσης**, διαφορετικής οικογένειας από την επιλεγείσα, με σκοπό την εξαγωγή επιπλέον μοντέλων
- ❖ Αντίστοιχη έρευνα σε **διαφορετικά οδικά περιβάλλοντα** (αυτοκινητόδρομος, αστική οδός)

A photograph of a paved road curving away from the viewer towards the horizon. The road is marked with white dashed lines. In the background, there are some utility poles and a yellow road sign on the right side. The sky is overcast and hazy.

Ευχαριστώ πολύ για το χρόνο σας



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΚΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ
ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΝΕΩΝ ΟΔΗΓΩΝ
ΣΕ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΟΥΣ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ ΟΔΗΓΗΣΗΣ**

ΑΝΝΑ-ΜΑΡΙΑ ΣΟΥΡΕΛΛΗ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΙΩΡΓΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ
ΑΘΗΝΑ, 2017