



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών
στη συμπεριφορά και την ασφάλεια νέων οδηγών
σε αστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης

Μαρία Χαιρέτη

Επιβλέπων καθηγητής: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής
ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2017

Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Η ανάλυση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια νέων οδηγών σε αστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης.

Θα εξεταστεί ο βαθμός στον οποίο οι καιρικές συνθήκες σε συνάρτηση με:

- τα χαρακτηριστικά οδηγού (ηλικία, φύλο)
- του τρόπου οδήγησης του (απόσταση από το προπορευόμενο όχημα)
- τον κυκλοφοριακό φόρτο (υψηλός/ χαμηλός φόρτος)

συμβάλλουν:

- στη μεταβολή της ταχύτητας
- στη μεταβολή της πλευρικής απόστασης του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή
- στην πιθανότητα ατυχήματος

Βασικά στάδια διπλωματικής εργασίας



Βιβλιογραφική ανασκόπηση (1/2)

- ❖ Η οδήγηση **υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες** επιφέρει **μεταβολή στη συμπεριφορά** των οδηγών και έχει προφανή αντίκτυπο **στα ποσοστά ατυχημάτων**.
- ❖ Ο κίνδυνος που αντιπροσωπεύουν οι βροχοπτώσεις θεωρείται **συνδυασμός** κακής τριβής των οδοστρωμάτων και χαμηλής ορατότητας.
- ❖ Οι ταχύτητες τείνουν **να μειώνονται** σε συνθήκες ομίχλης, λόγω χαμηλής ορατότητας, αλλά η **μεταβολή είναι διαφορετική** για διαφορετικό τύπο οδού.

Βιβλιογραφική ανασκόπηση (2/2)

- ❖ Παρουσιάζονται **διαφορές** στα αποτελέσματα διάφορων μελετών, μπορούν όμως να εξηγηθούν από:
 - ✓ το σχεδιασμό της εκάστοτε μελέτης
 - ✓ την ημερομηνία της μελέτης
 - ✓ και την περιοχή ή τις χώρες που περιλαμβάνονται σε αυτή.
- ❖ Οι προσομοιωτές οδήγησης αποτελούν ένα **σημαντικό εργαλείο**, που έχει στη διάθεσή της η επιστήμη, παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, όμως υπάρχει προοπτική βελτίωσης και αύξησης της εγκυρότητας τους.

Θεωρητικό υπόβαθρο

➤ Μέθοδοι Ανάλυσης:

- ❖ **Λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση**
 - **Εξαρτημένες μεταβλητές:**
 - ✓ Συνεχή μεγέθη (απόσταση από δεξιά οριογραμμή, ταχύτητα)
 - **Ανεξάρτητες μεταβλητές:**
 - ✓ Συνεχείς και διακριτές
- ❖ **Λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης**
 - **Εξαρτημένες μεταβλητές:**
 - ✓ Διακριτά μεγέθη (τιμές 0 και 1)
 - **Ανεξάρτητες μεταβλητές:**
 - ✓ Συνεχείς και διακριτές

➤ Στατιστικοί έλεγχοι:

- ❖ **Συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών (γραμμική ανεξαρτησία)**
- ❖ **Συντελεστής παλινδρόμησης β_i (ερμηνεύσιμος)**
- ❖ **Στατιστική σημαντικότητα (δείκτης t, Wald)**
- ❖ **Έλεγχοι σφάλματος**
- ❖ **Ποιότητα του μοντέλου (συντελεστής προσαρμογής R^2 , Κριτήριο Λόγου Πιθανοφάνειας)**

Συλλογή στοιχείων (1/2)

Πειραματική διαδικασία

- ❖ 40 συμμετέχοντες (24 άντρες, 16 γυναίκες) ηλικίας 20-28 ετών
- ❑ 2 δοκιμαστικές διαδρομές: ελεύθερη οδήγηση, οδήγηση με απρόοπτο συμβάν
- ❑ έξι σενάρια οδήγησης: **3** διαφορετικές καιρικές συνθήκες (καλοκαιρία, βροχή και ομίχλη) * **2** διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες (υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος, χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος)
- ❑ Τα σενάρια με τις ίδιες καιρικές συνθήκες **εκτελούνταν διαδοχικά** (για υψηλό και χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο) χωρίς ανάπαυλα μεταξύ τους.

Συλλογή στοιχείων(2/2)

- ❑ δημιουργήθηκαν **διαφορετικοί συνδυασμοί** σχετικά με την **αλληλουχία** των σεναρίων οδήγησης, έτσι ώστε η σταδιακή εξοικείωσή του οδηγού με τον προσομοιωτή να μην επηρεάσει **συνολικά τα αποτελέσματα**.
- ❑ Κατά τη διάρκεια της οδήγησης συνέβαιναν διάφορα **απρόοπτα συμβάντα** σε συγκεκριμένα σημεία της διαδρομής (τα σημεία αυτά διέφεραν ανά σενάριο).
- ❑ Μετά το τέλος του πειράματος στον προσομοιωτή, ο συμμετέχοντας καλούνταν να συμπληρώσει ένα **ερωτηματολόγιο**.

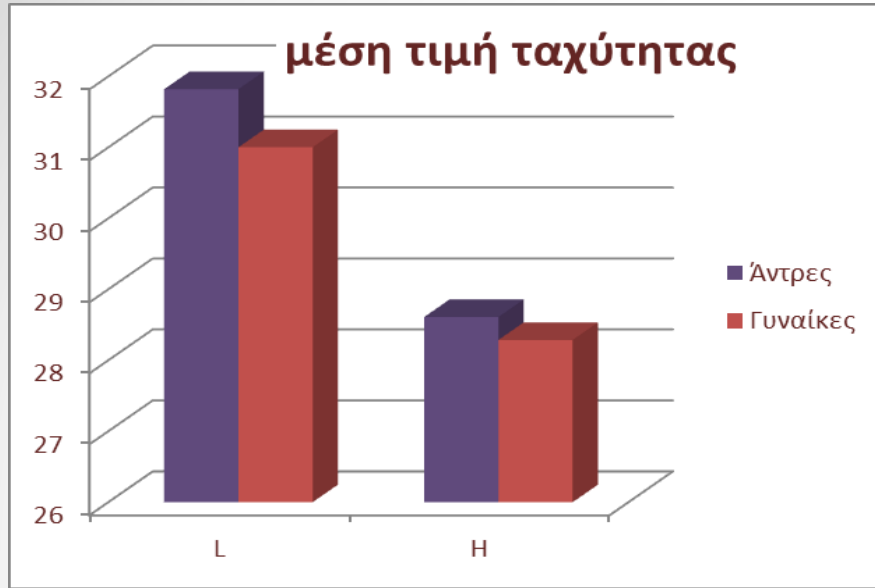
Προεργασία στοιχείων (1/2)

- Επεξεργασία ερωτηματολογίων
➡ πίνακας μεταβλητών ερωτηματολογίου
- Επεξεργασία μεταβλητών προσομοιωτή
➡ βάση δεδομένων μετρήσεων προσομοιωτή
- ✓ Τελική βάση δεδομένων

Από επεξεργασία της τελικής βάσης δεδομένων προέκυψαν ορισμένα **περιγραφικά χαρακτηριστικά** του δείγματος.

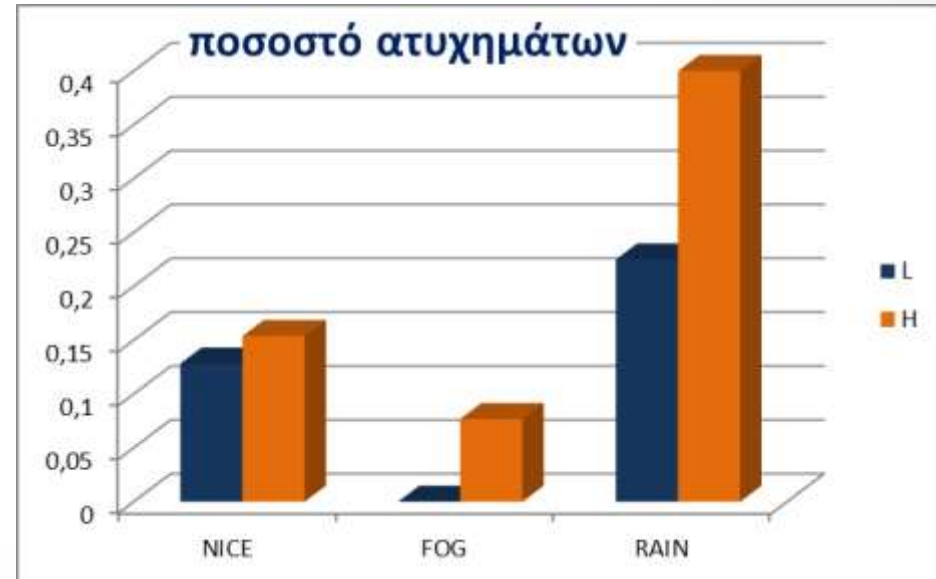
Αστική οδός	Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος			Υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος		
	Καλοκαιρία	Βροχή	Ομίχλη	Καλοκαιρία	Βροχή	Ομίχλη
Ταχύτητα οδήγησης (km/h)	30,85	30,00	30,50	29,31	29,64	30,54
Πλευρική απόστατη (m)	2,15	2,10	2,02	2,15	2,07	2,14
Ποσοστό ατυχημάτων	0,13	0,23	0	0,15	0,08	0,40

Προεργασία στοιχείων (2/2)



- Στα σενάρια **υψηλού** κυκλοφοριακού φόρτου παρατηρούνται **μικρότερες ταχύτητες**
- Και στα δυο σενάρια οι **γυναίκες** αναπτύσσουν **μικρότερες ταχύτητες** σε σχέση με τους άντρες

- Λιγότερα ατυχήματα σε συνθήκες **χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου**
- **Αυξημένη** πιθανότητα ατυχήματος σε **βροχερές συνθήκες**
- **Μειωμένη** πιθανότητα σε οδήγηση **υπό ομίχλη**



Μοντέλο για τη μέση ταχύτητα οδήγησης (1/2)

LogV= +1.256 -0.010***RAIN** -0.24***Gender** +0.020 ***Age** -0.021***ACC{DAM}**
+0,000137***RpmAverage** +0,12***LateralPosition** -0,042***dr_enj**
-0,021***redspeed(r)<20**

LogV: μέση ταχύτητα οδήγησης

RAIN: οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με βροχή (ναι= 1, όχι= 0)

Gender: το φύλο του συμμετέχοντος (γυναίκα= 1, άνδρας= 0)

Age: η ηλικία του συμμετέχοντος (24-28 χρονών= 1, 20-23 χρονών= 0)

RpmAverage: μέσος αριθμός στροφών κινητήρα

LateralPosition: απόσταση οχήματος από την δεξιά οριογραμμή

Acc{Dam}: αν έχει συμβεί στο συμμετέχοντα ατύχημα με υλικές ζημιές, σε αστικό περιβάλλον (ναι= 1, όχι= 0)

dr_enj: αν αρέσει η οδήγηση στον συμμετέχοντα (ναι= 1, όχι= 0)

redspeed(r)<20: αν δηλώνει ο συμμετέχοντας ότι μειώνει την ταχύτητα του από 0 έως 20 χιλιόμετρα ανά ώρα, όταν οδηγεί σε βροχή, σε αστική οδό •

Μοντέλο για τη μέση ταχύτητα οδήγησης (2/2)

	Μέση Ταχύτητα			
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	β_i	t	Σχετική επιρροή	
			ei	e *i
Βροχή	-0,01	-1,66	0	1
Ηλικία	0,02	3,08	0,01	-3,09
Φύλο	-0,02	-3,55	-0,01	2,88
Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα	0	10,78	0,06	-24,27
Απόσταση από την δεξιά οριογραμμή	0,01	2,64	0,02	-7,45
Ατύχημα με υλικές ζημιές (από ερωτηματολόγιο)	-0,02	-2,87	0	1,75
Απόλαυση της οδήγησης (από ερωτηματολόγιο)	-0,04	-4,11	-0,03	10,57
Μείωση της ταχύτητας 0-20 χλμ/ώρα στη βροχή (από ερωτηματολόγιο)	-0,02	-2,69	-0,01	4,71

- Η «**Βροχή**» εμφανίζει **αρνητική συσχέτιση** με την ταχύτητα, το ίδιο και η μεταβλητή «**Φύλο**».
- Τη μεγαλύτερη επιρροή παρουσιάζει η μεταβλητή «**Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα**»

Μοντέλο ατυχήματος σε απρόοπτο συμβάν (1/3)

$$U = -4,161 + 0,872 * RAIN - 1,738 * FOG + 0,693 * Gender - 1,145 * dr_enj \\ - 1,172 * Traffic_L + 0,014 * HwayAverage + 0,002 * RpmAverage$$

U: Αν συνέβη ατύχημα (ΝΑΙ ΑΤΥΧΗΜΑ= 1, ΟΧΙ ΑΤΥΧΗΜΑ= 0)

RAIN: οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με βροχή (ναι= 1, όχι= 0)

FOG: οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με βροχή (ναι= 1, όχι= 0)

Gender: το φύλο του συμμετέχοντος (γυναίκα= 1, άνδρας= 0)

Traffic_L: χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος (ναι= 1, όχι= 0)

RpmAverage: μέσος αριθμός στροφών κινητήρα

HWayAverage: απόσταση οχήματος από το προπορευόμενο όχημα

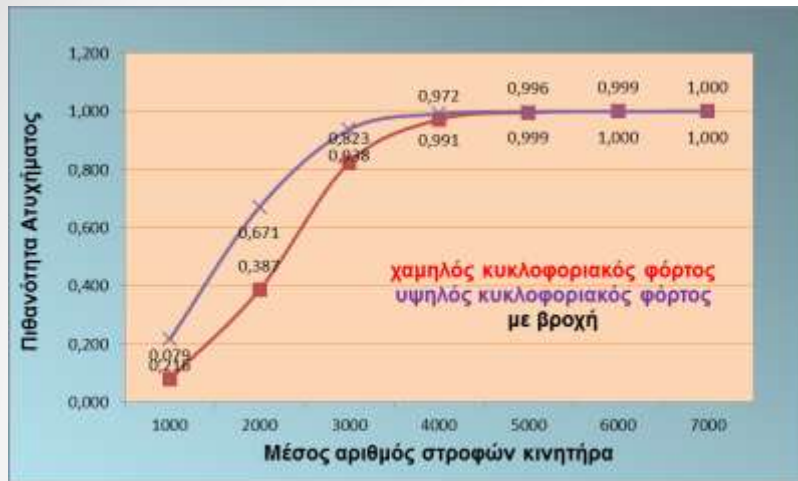
dr_enj: αν αρέσει στο συμμετέχοντα η οδήγηση (ναι= 1, όχι= 0)

Μοντέλο ατυχήματος σε απρόοπτο συμβάν (2/3)

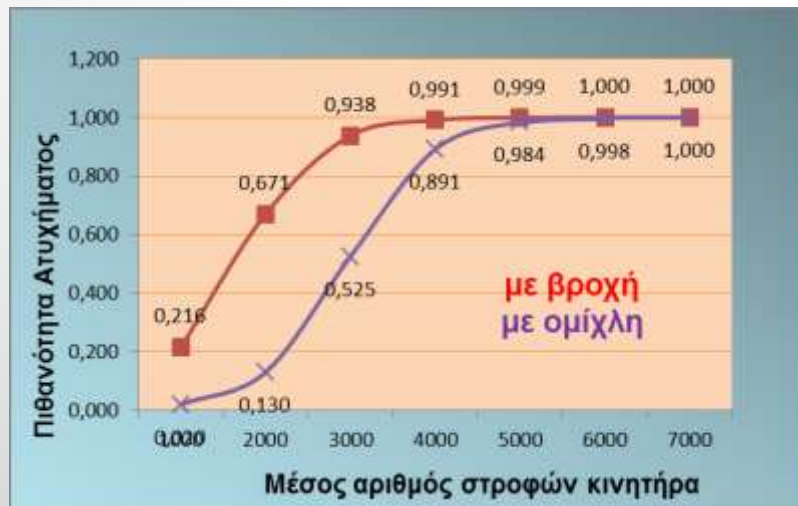
	Πιθανότητα Ατυχήματος			
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	β_i	Wald	Σχετική επιρροή	
			e_i	$e * i$
Βροχή	0,872	4,08	0,65	3,33
Ομίχλη	-1,738	6,14	-0,69	-3,56
Φύλο	0,693	2,68	-0,48	-2,47
Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος	-1,172	6,40	0,19	1,00
Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα	0,002	3,84	2,03	10,47
Απόσταση από το προπορευόμενο όχημα	0,014	2,84	0,45	2,30
Απόλαυση της οδήγησης (από ερωτηματολόγιο)	-1,145	4,09	-0,42	-2,16

- Η «**Ομίχλη**» παρουσιάζει **αρνητικό πρόσημο** στο μοντέλο ατυχήματος ,**ενώ η «Βροχή»** θετικό πρόσημο.
- Η μεταβλητή «Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα» και ακολούθως η «**Ομίχλη**» και η «**Βροχή**» παρουσιάζουν τις **μεγαλύτερες επιρροές** στο μοντέλο ατυχήματος.

Μοντέλο ατυχήματος σε απρόοπτο συμβάν (3/3)



- ❖ Διαπιστώνεται ότι, **υπό υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο η πιθανότητα ατυχήματος είναι μεγαλύτερη** σε σχέση με τις χαμηλές κυκλοφοριακές συνθήκες.



- Σε συνθήκες βροχής παρατηρείται αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος.
- Ενώ, σε συνθήκες ομίχλης παρατηρείται μειωμένη πιθανότητα ατυχήματος.

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών μοντέλων

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Μέση Ταχύτητα				Πλευρική Απόσταση				Πιθανότητα Ατυχήματος			
	βi	t	ei	e *i	βi	t	ei	e *i	βi	Wald	ei	e *i
Βροχή	-0,010	-1,659	-0,002	1					0,872	4,084	0,646	3,329
Ομίχλη					-0,031	-1,757	-0,034	1	-1,738	6,140	-0,690	-3,556
Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος									-1,172	6,397	0,194	1
Μεση ταχύτητα οχήματος					-0,007	3,541	0,146	-4,282				
Απόσταση από το προπορευόμενο όχημα									0,014	2,841	0,445	2,296
Απόσταση από την δεξιά οριογραμμή	0,012	2,643	0,018	-7,453								
Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα	0,002	10,777	0,058	-24,274					0,002	3,843	2,031	10,469
Ηλικία	0,020	3,079	0,007	-3,087	-0,066	-3,616	-0,705	20,734				
Φύλο	-0,024	-3,552	-0,007	2,881					0,693	2,675	-0,478	-2,466
Οδηγική εμπειρία 4-6 έτη (από ερωτηματολόγιο)					-0,042	-2,162	-0,070	2,064				
Εμπλοκή σε ατύχημα με υλικές ζημιές (από ερωτηματολόγιο)	-0,021	-2,868	-0,004	1,749								
Απόλαυση της οδήγησης (από ερωτηματολόγιο)	-0,042	-4,108	-0,025	10,574					-1,145	4,091	-0,420	-2,163
Μείωση της ταχύτητας 0-20 χλμ/ώρα στη βροχή (από ερωτηματολόγιο)	-0,021	-2,689	-0,011	4,715								

Συμπεράσματα (1/2)

- Η οδήγηση υπό **βροχή** επιφέρει **αύξηση της πιθανότητας ατυχήματος**, εξαιτίας της ολισθηρότητας του οδοστρώματος.
- Η οδήγηση υπό **ομίχλη**, συνεπάγεται **μείωση της πιθανότητας ατυχήματος**. Οι οδηγοί τείνουν να είναι πιο προσεκτικοί λόγω χαμηλής ορατότητας.
- Σε συνθήκες **βροχής**, υπάρχει **μείωση της ταχύτητας** οδήγησης. Οι οδηγοί τείνουν να είναι πιο συντηρητικοί, λόγω ολισθηρού οδοστρώματος και δυσκολίας στο φρενάρισμα.
- Υπό **ομίχλη**, οι οδηγοί τείνουν να **διατηρούν μικρότερη απόσταση** από την δεξιά οριογραμμή. Λόγω χαμηλής ορατότητας, πιθανόν αισθάνονται μεγαλύτερη ανασφάλεια και για να αντισταθμίσουν τον πιθανό κίνδυνο, απομακρύνονται από τον άξονα της οδού.

Συμπεράσματα (2/2)

- Υπό **υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο**, **αυξάνεται η πιθανότητα ατυχήματος**. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι, ο υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος δημιουργεί πιο περίπλοκο περιβάλλον οδήγησης με αυξημένες δυσκολίες και **περισσότερες εμπλοκές οχημάτων**.
- Οι οδηγοί που δηλώνουν ότι έχουν εμπλακεί σε **ατύχημα** με υλικές ζημιές τείνουν να **οδηγούν με χαμηλότερη ταχύτητα** σε συνθήκες βροχής. Προκειμένου ίσως να αποφύγουν στο μέλλον αντίστοιχες καταστάσεις, τείνουν να είναι πιο συντηρητικοί.
- Οι οδηγοί που δηλώνουν ότι τους **αρέσει η οδήγηση**, απολαμβάνουν το χρόνο που περνούν οδηγώντας και ίσως δεν βιάζονται, ακόμη και υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες, γι' αυτό και **αναπτύσσουν μικρότερες ταχύτητες**.

Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας

- ✓ Εκστρατείες ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης των οδηγών για την ζωτική σημασία της κατάλληλα προσαρμοζόμενης οδικής συμπεριφοράς στις εκάστοτε καιρικές συνθήκες.
- ✓ Εκπαίδευση όλων των οδηγών για τη σωστή οδηγική συμπεριφορά κατά την οδήγηση υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες.
- ✓ Τακτική ενημέρωση των οδηγών μέσω φωτεινών πινακίδων για τις οδικές συνθήκες, ιδιαίτερα για απρόβλεπτα καιρικά φαινόμενα (π.χ. καταιγίδα).

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

- Η παρατήρηση των ίδιων μεταβλητών σε **μεγαλύτερο δείγμα οδηγών**. Όσοι περισσότεροι οδηγοί συμμετέχουν στο πείραμα, τόσο πιο αξιόπιστα αποτελέσματα προκύπτουν.
- Ένα πείραμα με συμμετέχοντες διαφορετικών **ηλικιακών ομάδων**, ώστε να μελετηθεί η επιρροή των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του συνόλου των οδηγών.
- Ενδιαφέρουσα, τέλος, θα ήταν μια έρευνα αντίστοιχη της παρούσης, η οποία θα πραγματοποιηθεί υπό την επίδραση και άλλων **περιβαλλοντικών συνθηκών** για παράδειγμα υπό χιόνι, και σε άλλα οδικά περιβάλλοντα (αυτοκινητόδρομοι, ορεινή περιοχή, κλπ).

Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας!



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών
στη συμπεριφορά και την ασφάλεια νέων οδηγών
σε αστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης

Μαρία Χαιρέτη

Επιβλέπων καθηγητής: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής
ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2017