



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Κρίσιμοι Παράγοντες Επιρροής της Υπέρβασης των Ορίων Ταχύτητας με Δεδομένα Έξυπνων Κινητών Τηλεφώνων

Δημοσθένης - Μάριος Τζουτζούλης

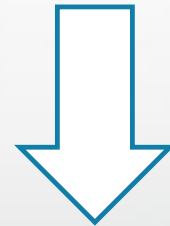
Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ
Αθήνα, Νοέμβριος 2020

Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Ο προσδιορισμός των κρίσιμων παραγόντων επιρροής της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας με χρήση δεδομένων από έξυπνα κινητά τηλέφωνα.



Σύνολο
οδών



Ανά
Τύπο
Οδού



Βασικά Στάδια Διπλωματικής Εργασίας

- Καθορισμός Στόχου
- Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων
- Επιλογή Μεθοδολογίας
- Στατιστική Επεξεργασία
- Ανάπτυξη Μαθηματικών Μοντέλων και Αποτελέσματα
- Συμπεράσματα
- Προτάσεις για Βελτίωση - Περαιτέρω Έρευνα

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (1/2)

Έρευνα των Παραγόντων Επιρροής της Υπέρβασης του Ορίου Ταχύτητας

- Τύπος Οδού
- Φύλο και Ηλικία
- Απόσταση και Χρονική Διάρκεια
- Επιθετική Συμπεριφορά των Οδηγών
- Σκοπός Μετακίνησης
- Δημογραφικά Χαρακτηριστικά (π.χ. ετήσιο εισόδημα)

Μεθοδολογία Συλλογής Στοιχείων

- Πειράματα οδήγησης σε πραγματικές συνθήκες
- Ερωτηματολόγια
- Καταγραφή δεδομένων (π.χ. ατυχημάτων) και δημιουργία βάσεων
- Ψηφιακά συστήματα καταγραφής που συνδέονται με τον **“εγκέφαλο”** της μηχανής (DDR)
- Συστήματα παρακολούθησης της συμπεριφορά του οδηγού (IVDR)

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (2/2)

Συμπεράσματα Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης

- Ο **τύπος της οδού** επηρεάζει την συχνότητα, την επικινδυνότητα και την σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων
- Η αύξηση της **απόστασης διαδρομής** οδηγεί σε αύξηση της πιθανότητας ατυχήματος (σοβαρού ή θανατηφόρου)
- Οι **νέοι οδηγοί** έχουν την τάση να προκαλούν περισσότερα ατυχήματα
- Οι **άνδρες** οδηγούν με μεγαλύτερες ταχύτητες από τις γυναίκες και παραβιάζουν πιο συχνά τα όρια (αντίστοιχα παρατηρούνται και περισσότερα ατυχήματα)
- Αυξημένη **επιθετική συμπεριφορά** παρατηρείται στους άνδρες μεγαλύτερης ηλικίας





Συλλογή Στοιχείων (1/2)

Η συλλογή στοιχείων πραγματοποιήθηκε από την **εταιρεία Oseven**, μέσω κατάλληλης εφαρμογής στα έξυπνα κινητά τηλέφωνα

- Η **καταγραφή** ξεκινάει αυτόματα όταν ανιχνευτεί μια κατάσταση οδήγησης
- Προσωρινή **αποθήκευση** στοιχείων και **αποστολή** στην κεντρική βάση δεδομένων του Oseven backend office μέσω wi-fi ή 3G/4G
- Κεντρική επεξεργασία και μείωση του όγκου των δεδομένων με την χρήση **τεχνικών εξόρυξης μεγάλων δεδομένων** και **αλγόριθμους Machine Learning**
- Δημιουργία **δεικτών** έκθεσης κινδύνου και οδηγικής συμπεριφοράς με σκοπό την τελική αξιολόγηση των οδηγών
- **Τελική αξιολόγηση** και **συμβουλές** για βελτίωση στο μέλλον, διαθέσιμες στον αντίστοιχο χρήστη
- Ταυτόχρονα υπάρχει τεχνολογία κρυπτογράφησης για **προστασία** προσωπικών δεδομένων

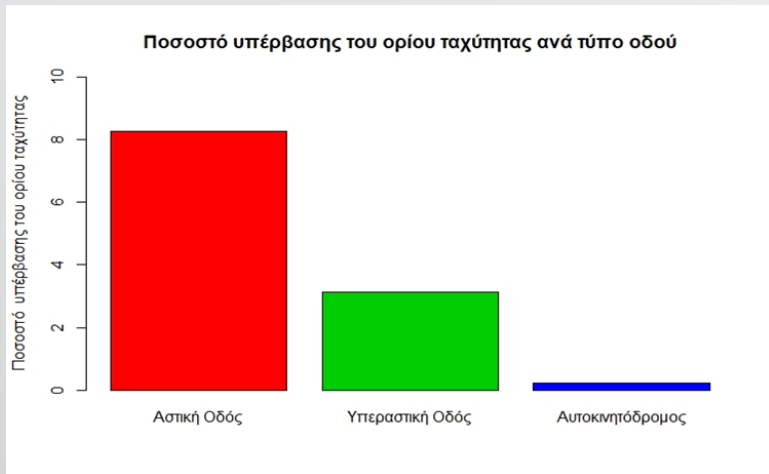
Συλλογή Στοιχείων (2/2)

Για την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας χρησιμοποιήθηκαν 2 βάσεις δεδομένων

- 1. Πίνακας Excel** που περιέχει χαρακτηριστικά της οδήγησης για 49.019 διαδρομές που υλοποιήθηκαν από περισσότερους από 200 οδηγούς στο χρονικό διάστημα των 6 μηνών
- 2. Ερωτηματολόγιο** με 4 θεματικές ενότητες, το οποίο συμπληρώθηκε από 100 οδηγούς που βρίσκονται στην πρώτη βάση

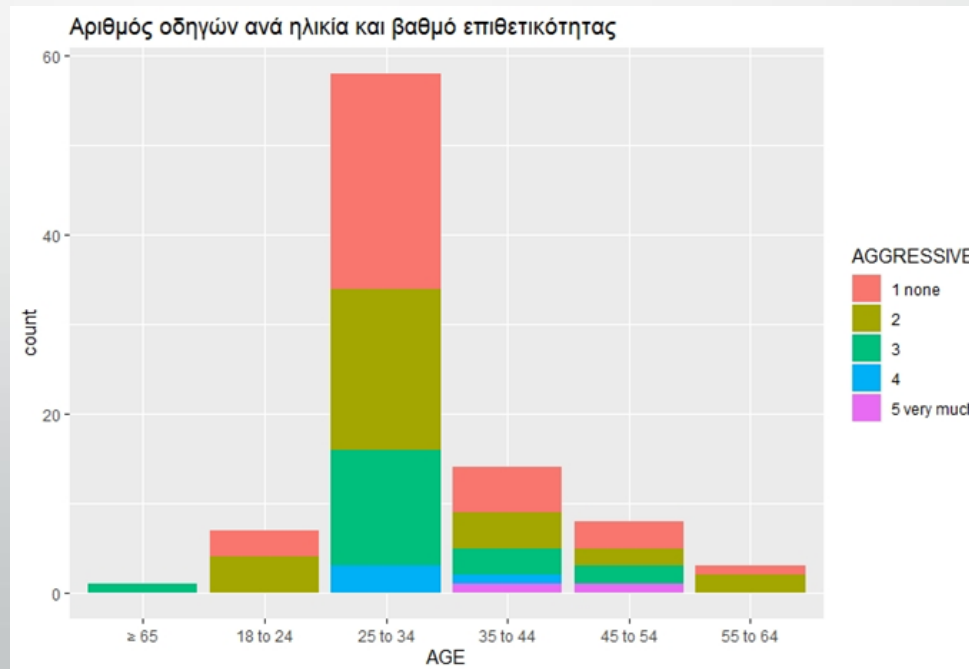
Για την **επεξεργασία** χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από τους οδηγούς που ανήκουν **και** στις 2 βάσεις και ταυτόχρονα είχαν κάνει **περισσότερες** από 10 διαδρομές (σύνολο 89 οδηγοί)

Προκαταρκτική Ανάλυση



Υψηλότερο ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας σε αστικό οδικό δίκτυο

Ο αριθμός των οδηγών ανά ηλικία και τον κατά δήλωση βαθμό επιθετικότητας



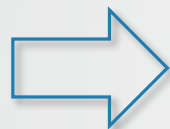
Επιλογή Μεθοδολογίας

Μέθοδοι
Ανάλυσης



- Παλινδρόμηση Poisson
- Λογαριθμική γραμμική παλινδρόμηση

Ανεξάρτητες
Μεταβλητές



- Συνεχείς
- Διακριτές

Εξαρτημένες
Μεταβλητές



- Ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας (γενικό επίπεδο και ανά τύπο οδού)

Κριτήρια
Αποδοχής



- Συντελεστής συσχέτισης μεταβλητών
- Λογική ερμηνεία προσήμων β_i
- Επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας
- Συντελεστής Προσαρμογής McFadden ή Adjusted R squared
- Δείκτης AIC (**μόνο** για Poisson)
- Ελαστικότητα και Διαγράμματα Ευαισθησίας

Στατιστική Επεξεργασία



1. Εισαγωγή βάσης δεδομένων στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης R
2. Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών (Pearson)
3. Καθορισμός ανεξάρτητων μεταβλητών
4. Ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων
5. Στατιστικοί έλεγχοι μαθηματικών μοντέλων

Γενικό Μοντέλο Πρόβλεψης του Ποσοστού Υπέρβασης του Ορίου Ταχύτητας

Υπολογισμός συντελεστών συσχέτισης ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών

Correlation Pearson							
	mbu	harsh_acc	acc_avg	distance_total	speed_avg	duration	duration_rural
mbu	1	0,301	0,152	0,256	0,214	0,142	0,12
harsh_acc	0,301	1	0,521	0,283	0,356	0,354	0,262
acc_avg	0,152	0,521	1	-0,284	-0,315	-0,142	-0,157
distance_total	0,256	0,283	-0,284	1	0,753	0,821	0,703
speed_avg	0,214	0,356	-0,315	0,753	1	0,495	0,528
duration	0,142	0,354	-0,142	0,821	0,495	1	0,784

Υπολογισμός:

- Αριθμητικών συντελεστών ανεξαρτήτων μεταβλητών
- σταθεράς
- επίπεδο σημαντικότητας

Model 1					
Speeding_Percentage AVG					
Coefficients					
Variables	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
Intercept	3,694	0,656	5,635	1.76e-08	***
mbu	3,655	0,864	4,231	2,32E-05	***
distance_total	0,017	0,008	2,121	3,39E-02	*
harsh_acc	0,485	0,126	3,859	1,14E-04	***
acc_avg	-1,244	0,39	-3,192	1,41E-03	**
GENDER Male	0,264	0,108	2,436	1,48E-02	*
BEYOND_SPEED NEVER	-1,648	0,461	-3,574	3,51E-04	***
BEYOND_SPEED OFTEN	-1,148	0,35	-3,28	1,04E-03	**
BEYOND_SPEED REARLY	-1,386	0,338	-4,098	4,17E-05	***
BEYOND_SPEED SMT	-1,073	0,331	-3,236	1,21E-03	**

Γενικό Μοντέλο Πρόβλεψης του Ποσοστού Υπέρβασης του Ορίου Ταχύτητας

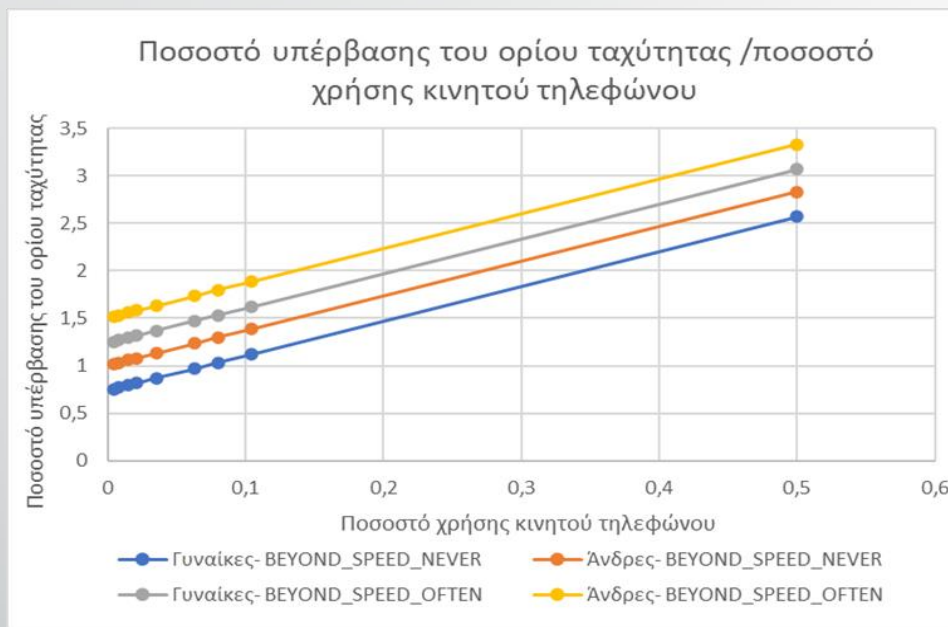
- Πίνακας σχετικής επιρροής ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών

Model 1				
Speeding_Percentage AVG				
Variables	Συντελεστής β _i	Μέση τιμή Μεταβλητής	Ελαστικότητα ε _i	Σχετική Επιρροή ε _i *
mbu	3,655	0,043	0,157	1
distance_total	0,017	9,5	0,162	1,032
harsh_acc	0,485	0,683	0,331	2,108
acc_avg	-1,244	1,445	-1,798	-11,452

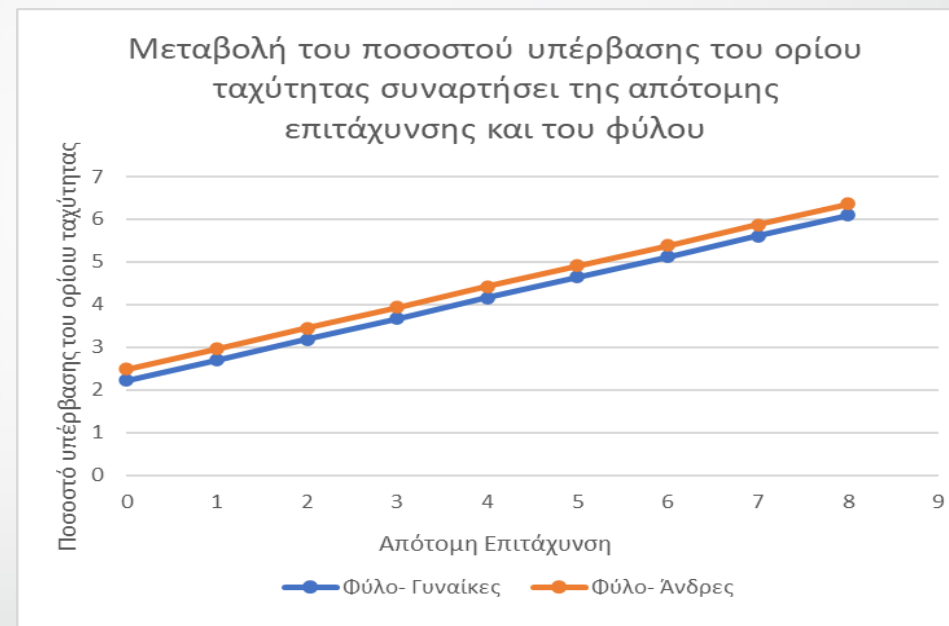
Η έννοια της επιρροής **δεν** έχει νόημα για διακριτές τιμές

- ❖ Μεγαλύτερη σχετική επιρροή παρουσιάζει κατά απόλυτη τιμή **η μέση τιμή της επιτάχυνσης σε σχέση** με τις υπόλοιπες μεταβλητές
- ❖ Μικρότερη η σχετική επιρροή του ποσοστού χρήσης κινητού τηλεφώνου

Γενικό Μοντέλο Πρόβλεψης του Ποσοστού Υπέρβασης του Ορίου Ταχύτητας



Η αύξηση του ποσοστού χρήσης κινητού τηλεφώνου από τους **άνδρες** οδηγεί σε αύξηση του ποσοστού υπέρβασης του ορίου ταχύτητας εν συγκρίσει με τις **γυναίκες για όλες τις απαντήσεις**



Η αύξηση της απότομης επιτάχυνσης για τους **άνδρες** οδηγεί σε μεγαλύτερη τιμή του ποσοστού υπέρβασης του ορίου ταχύτητας

Ανάπτυξη Μαθηματικώ Μοντέλων

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών μοντέλων

Μοντέλα Πρόβλεψης των Κρίσιμων Παραγόντων Επιρροής της Υπέρβασης των Ορίων Ταχύτητας															
Γενικό Μοντέλο (Poisson linear)					Μοντέλο σε Αστικό Περιβάλλον (Poisson linear)				Μοντέλο σε Υπεραστικό Περιβάλλον (Poisson linear)				Μοντέλο σε Αυτοκινητόδρομο (Log-linear)		
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	βi	Μέση τιμή	Ελαστικότητα ει	Σχετική Επιρροή ει*	βi	Μέση τιμή	Ελαστικότητα ει	Σχετική Επιρροή ει*	βi	Μέση τιμή	Ελαστικότητα ει	Σχετική Επιρροή ει*	βi	Ελαστικότητα ει	Σχετική Επιρροή ει*
Intercept	3,694	-	-	-	3,225	-	-	-	2,031	-	-	-	-8,575	-	-
mbu	3,655	0,043	0,157	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
distance_total	0,017	9,5	0,162	1,032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
harsh_acc	0,485	0,683	0,331	2,108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
acc_avg	-1,244	1,445	-1,798	-11,452	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mbu_urban	-	-	-	-	3,355	0,041	0,138	1	-	-	-	-	-	-	-
harsh_acc_urban	-	-	-	-	0,474	0,374	0,177	1,283	-	-	-	-	-	-	-
acc_urban	-	-	-	-	-0,789	1,494	-1,179	-8,543	-	-	-	-	-	-	-
distance_urban	-	-	-	-	0,163	3,276	0,534	3,87	-	-	-	-	-	-	-
mbu_rural	-	-	-	-	-	-	-	-	5,842	0,035	0,204	1	-	-	-
acc_rural	-	-	-	-	-	-	-	-	-1,143	1,13	-1,292	-6,333	-	-	-
harsh_acc_rural	-	-	-	-	-	-	-	-	1,485	0,27	0,401	1,966	-	-	-
duration_rural	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002	399,111	0,798	3,912	-	-	-
speeding_highway_sq_avg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,096	2,992	1
harsh_acc_highway	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,925	7517,583	2512,561
GENDER Male	0,264	-	-	-	-	-	-	-	0,375	-	-	-	1,408	-	-
BEYOND_SPEED NEVER	-1,648	-	-	-	-1,59	-	-	-	-2,758	-	-	-	-	-	-
BEYOND_SPEED OFTEN	-1,148	-	-	-	-0,734	-	-	-	-1,569	-	-	-	-	-	-
BEYOND_SPEED REARLY	-1,386	-	-	-	-1,118	-	-	-	-1,804	-	-	-	-	-	-
BEYOND_SPEED SMT	-1,073	-	-	-	-0,804	-	-	-	-1,949	-	-	-	-	-	-
AGGRESSIVE8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,527	-	-
AIC	406,96				511,16				352,72				-		
McFadden	0,209				0,203				0,263				-		
R²	-				-				-				0,4733		

Σύνοψη Αποτελεσμάτων

- Οι κοινές μεταβλητές που παρατηρούνται τόσο στο γενικό μοντέλο, όσο και στο αστικό και υπεραστικό περιβάλλον αντίστοιχα είναι οι εξής:
 1. Το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου
 2. Η απότομη επιτάχυνση
 3. Η μέση τιμή της επιτάχυνσης
 4. Η κατά δήλωση υπέρβαση του ορίου ταχύτητας
 5. Το φύλο των οδηγών (**εξαίρεση** αποτελεί το αστικό περιβάλλον)
 6. Η απόσταση διαδρομής (**εξαίρεση** αποτελεί το υπεραστικό περιβάλλον, όπου μπαίνει αντίστοιχα η χρονική διάρκεια)
- Τα αποτελέσματα έχουν **λογική εξήγηση** επιβεβαιώνοντας την βιβλιογραφία
- Όλα τα μοντέλα ικανοποιούν τους **στατιστικούς ελέγχους** (AIC, McFadden (R^2))

Συμπεράσματα (1/2)

- **Οι οδηγοί που κάνουν περισσότερες απότομες επιταχύνσεις είναι εκείνοι που υπερβαίνουν τα όρια ταχύτητας πιο συχνά**, που ενδεχομένως οφείλεται στο γεγονός ότι σε υψηλές ταχύτητες οι οδηγοί απαιτείται να κάνουν περισσότερους απότομους ελιγμούς. Αυτό μάλιστα ισχύει και επιβεβαιώνεται τόσο στο σύνολο των οδών όσο και στους επιμέρους τύπους οδών
- **Η χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά την διάρκεια της οδήγησης επηρεάζει την υπέρβαση των ορίων ταχύτητας** καθώς μειώνεται η αντίληψη του οδηγού για το τι συμβαίνει γύρω του
- Οι υψηλότερες τιμές **μέσης επιτάχυνσης** εντός αστικού και υπεραστικού οδικού δικτύου δεν συνεπάγονται πάντα με υπέρβαση των ορίων ταχύτητας, καθώς σε αυτές τις περιοχές υπάρχουν φωτεινοί σηματοδότες, σήμανση και ισόπεδοι κόμβοι. Αυτό έχει ως συνέπεια να μην επιτρέπεται στους οδηγούς να αναπτύσσουν μεγαλύτερες από τα επιτρεπτά όρια ταχύτητες

Συμπεράσματα (2/2)

- Οι **άνδρες** έχουν την τάση να οδηγούν με ταχύτητες μεγαλύτερες από τα επιτρεπτά όρια σε σχέση με τις γυναίκες και αυτό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι έχουν μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στις ικανότητές τους
- Οι απαντήσεις που δόθηκαν στο ερωτηματολόγιο που αφορούν στα ποσοστά υπέρβασης των ταχυτήτων δείχνουν ότι οι οδηγοί δεν αντιλαμβάνονται επαρκώς το πότε και πόσο συχνά τα ξεπερνούν. Αυτό επιβεβαιώνεται τόσο στο σύνολο των οδών όσο και σε κάθε επιμέρους τύπο οδών, εκτός των αυτοκινητόδρομο που τα αντιλαμβάνονται καλύτερα
- Τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά **παίζουν μεγαλύτερο ρόλο** σε σχέση με τις απαντήσεις των οδηγών στο ερωτηματολόγιο.

Προτάσεις για Βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας

- **Συχνότερη και αυστηρότερη αστυνόμευση.** Εποπτεία από τους φορείς της αστυνομίας με χρήση ηλεκτρονικών συσκευών για έλεγχο της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας.
- **Χρήση κατάλληλων εφαρμογών** με σκοπό την συνεχή ενημέρωση των οδηγών όταν παραβιάζουν τα όρια ταχυτήτων.
- **Η ένταξη μαθημάτων οδηγικής συμπεριφοράς και κανόνων** στο πλαίσιο της σχολικής μάθησης.
- Χρέωση των οδηγών με **μειωμένα ασφάλιστρα** ως επιβράβευση όταν παρουσιάζουν σημάδια καλής συμπεριφοράς.

Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

- Εφαρμογή μελετών με **μεγαλύτερη βάση δεδομένων** (περισσότεροι οδηγοί/ διαδρομές)
- Μελέτη του ίδιου αντικείμενου σε **διαφορετικές συνθήκες οδήγησης** (π.χ. καιρικές συνθήκες)
- Εφαρμογή εναλλακτικών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης (π.χ. ανάλυση χρονοσειρών)
- Έρευνα της επιρροής της **παρουσίας συνοδηγού**
- Διερεύνηση η οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ
- Διερεύνηση για τους **οδηγούς μοτοσυκλετών** (ευάλωτοι χρήστες)



Ευχαριστώ για την προσοχή σας...



**BE SAFE.
DRIVE SMART.**





Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Κρίσιμοι Παράγοντες Επιρροής της Υπέρβασης των Ορίων Ταχύτητας με Δεδομένα Έξυπνων Κινητών Τηλεφώνων

Δημοσθένης - Μάριος Τζουτζούλης

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ
Αθήνα, Νοέμβριος 2020