



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Γιώργος Πισπιρίγκος

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2011

ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

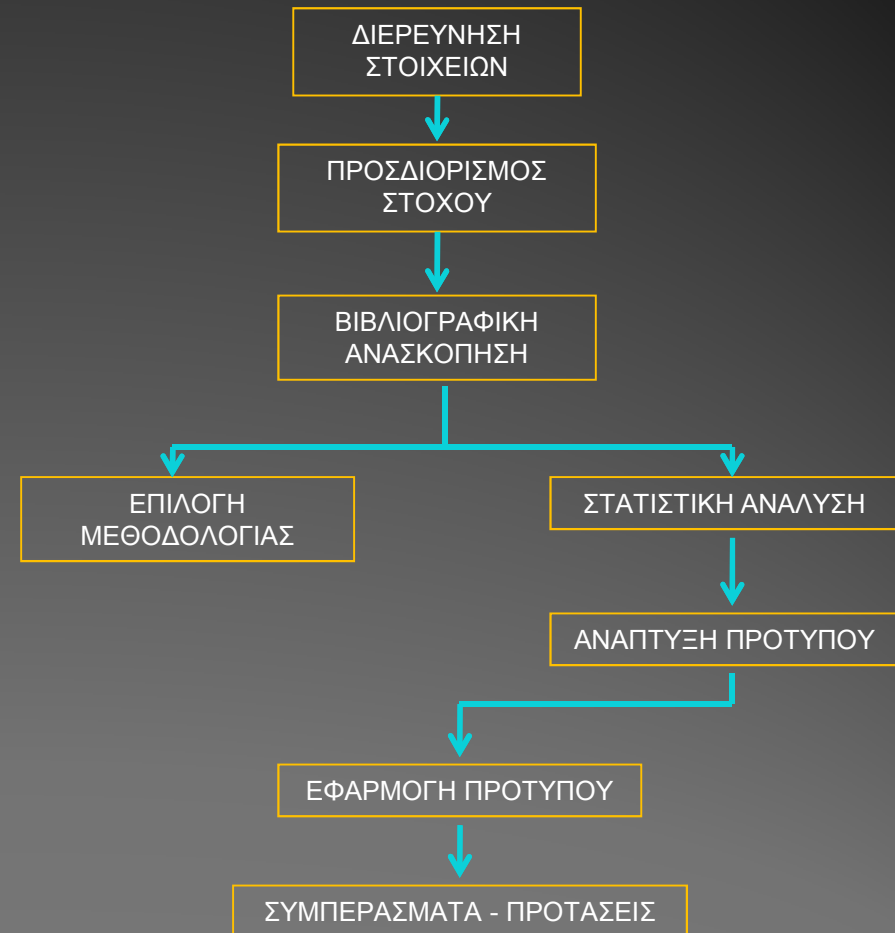
Η Διερεύνηση της σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων
ανά τύπο οχήματος

- Επιβατικό
- Φορτηγό
- Λεωφορείο
- Δίκυκλο $<50\text{cc}$
- Δίκυκλο $\geq 50\text{cc}$

με χρήση λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης

ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- Διερεύνηση Στοιχείων
- Προσδιορισμός Στόχου
- Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- Θεωρητικό Υπόβαθρο
- Επιλογή Μεθοδολογίας
- Συλλογή Στοιχείων
- Στατιστική Ανάλυση
- Ανάπτυξη Μαθηματικών Μοντέλων
- Περιγραφή Αποτελεσμάτων
- Συμπεράσματα-Προτάσεις



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Συναφείς έρευνες και μεθοδολογίες στο Εξωτερικό και στην Ελλάδα



Αυξημένη σοβαρότητα εμφανίζεται :

- ❖ Σε υπεραστικές οδούς
- ❖ Κατά τη διάρκεια της νύχτας
- ❖ Εκτός διασταύρωσης
- ❖ Για ηλικίες 65+
- ❖ Για οδήγηση με υψηλές ταχύτητες
- ❖ Σε συνθήκες καλοκαιρίας

ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ

- Η σοβαρότητα εκφράστηκε ως ο **λόγος** του αριθμού των παθόντων (νεκροί, βαριά και ελαφρά τραυματίες) προς το πλήθος των εμπλεκόμενων οχημάτων
- Αναπτύχθηκαν **15 στατιστικά μοντέλα**, για τους 5 τύπους οχήματος (επιβατικά, φορτηγά, λεωφορεία, δίκυκλα <50cc και ≥50cc) για κάθε κατηγορία παθόντα (νεκροί, βαριά, ελαφρά τραυματίες)

n/v	• $\frac{plithos_nekrwn}{plithos_oxhmatwn}$	πλήθος νεκρών ανά πλήθος εμπλεκόμενων οχημάτων
	• $\frac{plithos_varia_travmatiwn}{plithos_oxhmatwn}$	πλήθος βαριά τραυματιών ανά πλήθος εμπλεκόμενων οχημάτων
	• $\frac{plithos_elafra_travmatiwn}{plithos_oxhmatwn}$	πλήθος ελαφρά τραυματιών ανά πλήθος εμπλεκόμενων οχημάτων

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Μέθοδος της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης

□ Μαθηματική σχέση :

$$\text{Log } y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_{1i} + \beta_2 \cdot x_{2i} + \beta_3 \cdot x_{3i} + \dots + \beta_k \cdot x_{ki} + e$$

□ Βασικές Προϋποθέσεις ανάπτυξης μοντέλου:

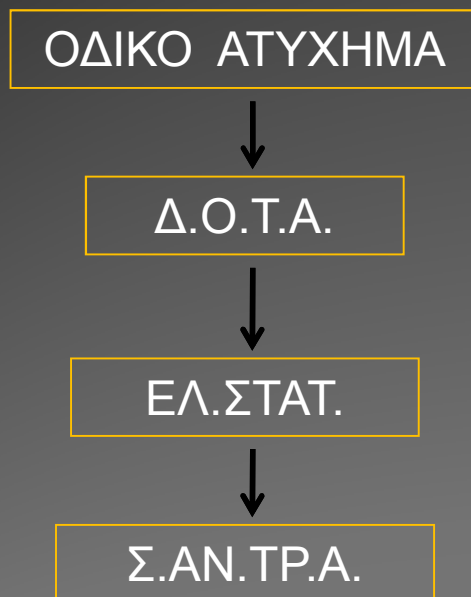
- Κανονική κατανομή της εξαρτημένης μεταβλητής
- Γραμμική ανεξαρτησία ανεξάρτητων μεταβλητών

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Κριτήρια αξιολόγησης μοντέλου

- Στατιστική σημαντικότητα των μεταβλητών του μοντέλου με **t-test**:
 $t = \beta_i / s.e.$
Όπου **s.e.**: τυπικό σφάλμα (επίπεδο εμπιστοσύνης 95%)
- Ποιότητα Μοντέλου (κριτήριο καλής προσαρμογής - συντελεστής R^2)
- Λογική ερμηνεία συντελεστών β_i της εξίσωσης
- Σφάλμα της εξίσωσης

ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



- Η συλλογή στοιχείων έγινε μέσω του Συστήματος Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων (Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.)
- Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν ατυχήματα για την περίοδο 2004 – 2008:
59.316 ατυχήματα
με 107.679 παθόντα πρόσωπα

ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

- Συγκεντρωτικοί πίνακες
- Επιλογή παραμέτρων
- Τρεις βάσεις δεδομένων (νεκροί, βαριά και ελαφρά τραυματίες) για κάθε τύπο οχήματος ξεχωριστά
- Προσαρμογή και έλεγχος δεδομένων (EXCEL)
- Εισαγωγή στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης (SPSS)

ΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ

- ✓ Τύπος περιοχής (κατοικημένη, μη κατοικημένη)
- ✓ Καιρικές συνθήκες (καλοκαιρία, βροχή, άλλες συνθήκες)
- ✓ Συνθήκες φωτισμού (μέρα, νύχτα, σούρουπο)
- ✓ Κεντρικό στήθαίο (ναι/όχι)
- ✓ Τύπος ατυχήματος (μετωπική σύγκρουση, πλαγιομετωπική σύγκρουση, πλάγια σύγκρουση, νωτομετωπική σύγκρουση, πρόσκρουση σε σταθμευμένο όχημα/αντικείμενο, παράσυρση πεζού, εκτροπή από την οδό, άλλος)
- ✓ Τύπος χρήστη οδού (οδηγός, επιβάτης, πεζός)
- ✓ Ηλικία

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- **Περιγραφική Στατιστική** (Διαμόρφωση πληρέστερης εικόνας για την κατανομή των τιμών των εξαρτημένων μεταβλητών)
- **Συσχέτιση μεταβλητών** (Επιδίωξη μέγιστης δυνατής συσχέτισης εξαρτημένων-ανεξάρτητων μεταβλητών, μη συσχέτισης μεταξύ ανεξάρτητων μεταβλητών)

ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ

- Η επιρροή των παραγόντων κάθε μοντέλου στον εξεταζόμενο λόγο, προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της **σχετικής επιρροής**, ο υπολογισμός της οποίας βασίστηκε στη θεωρία της ελαστικότητας και χρησιμοποιήθηκε ως μέγεθος ικανό να αναδείξει την επιρροή της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά
- Η **ελαστικότητα** αντικατοπτρίζει την ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής στην μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών

Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στις τρεις κατηγορίες μοντέλων

ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΝΕΚΡΟΙ										ΒΑΡΙΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣ										ΕΛΑΦΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣ											
	ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ		ΦΟΡΤΗΓΑ		ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ		ΔΙΚΥΚΛΑ ΜΕΧΡΙ 49cc		ΔΙΚΥΚΛΑ ΑΠΟ 50cc ΚΑΙ ΠΑΝΩ		ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ		ΦΟΡΤΗΓΑ		ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ		ΔΙΚΥΚΛΑ ΜΕΧΡΙ 49cc		ΔΙΚΥΚΛΑ ΑΠΟ 50cc ΚΑΙ ΠΑΝΩ		ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ		ΦΟΡΤΗΓΑ		ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ		ΔΙΚΥΚΛΑ ΜΕΧΡΙ 49cc		ΔΙΚΥΚΛΑ ΑΠΟ 50cc ΚΑΙ ΠΑΝΩ			
	Bi	ei*	Bi	ei*	Bi	ei*	Bi	ei*	Bi	ei*	Bi	ei*	Bi	ei*	Bi	ei*	Bi	ei*	Bi	ei*	Bi	ei*	Bi	ei*	Bi	ei*	Bi	ei*	Bi	ei*		
Σταθερά	0,451	-	-1,372	-	-1,160	-	-1,314	-	-1,276	-	0,477	-	-1,420	-	-0,815	-	0,287	-	-1,250	-	-0,501	-	-1,822	-	-1,411	-	-1,281	-	-0,156	-		
Τύπος περιοχής																													-0,065	-1,00	-0,151	-1,00
Νύχτα							-0,019	-1,00											-0,017	-1,00												
Βροχή	0,044	1,00	0,030	1,00					0,063	3,96	0,044	1,61							0,093	9,29	0,161	5,26	0,032	1,00			0,102	9,79	0,248	6,25		
Άλλες ατμοσφαιρικές συνθήκες																					0,179	6,69							0,277	7,24		
Μετωπική σύγκρουση			0,317	10,43	0,348	1,01	0,304	23,58	0,304	17,54			0,334	3,70	0,238	9,83	0,093	1,66	0,300	28,33	0,142	4,76	0,387	12,25	0,324	26,19	0,292	27,39				
Νωτομετωπική σύγκρουση	0,077	1,92	0,335	11,90	0,382	1,00	0,32	23,78	0,322	18,99	0,087	3,38	0,323	3,84	0,250	10,48			0,320	30,71	0,209	6,77	0,421	14,00	0,374	27,66	0,282	25,10				
Παράσυρση πεζού	-0,335	-8,32									-0,336	-13,13			-0,050	-1,00	-0,229	-4,30			-0,354	-12,98							-0,305	-7,38		
Πλαγιομετωπική σύγκρουση			0,340	10,65	0,558	1,48	0,302	17,05	0,270	13,15	0,034	1,00	0,322	2,83	0,281	11,75	0,079	1,00	0,200	15,24			0,363	9,18	0,334	21,74	0,142	9,13	-0,136	-2,80		
Πλάγια σύγκρουση	0,074	1,92	0,257	9,42			0,339	27,08	0,328	19,62			0,344	4,11					0,329	31,17	0,201	7,32	0,392	14,04	0,354	26,92	0,275	24,29				
Πρόσκρουση σε σταθμευμένο όχημα	-0,272	-6,38	0,084	2,74					0,018	1,00	-0,257	-9,71	0,092	1,00					0,077	7,03			0,207	7,02	0,112	8,80	0,202	18,87				
Εκτροπή από οδό	-0,291	-6,87									-0,287	-10,90					-0,216	-3,82			-0,167	-5,94	0,093	3,10					-0,183	-4,52		
Άλλος τύπος ατυχήματος							0,039	3,06									-0,206	-3,75														
Κεντρικό σθηθαίο ασφαλείας																					0,152	5,31							0,193	4,52		
Επιβάτης																					0,044	1,00			-0,036	-1,00	0,089	7,37	0,169	3,49		
Ηλικία	-0,0004	-	0,0005	-	-0,002	-	0,0004	-	-0,0004	-	-0,0005	-	0,0003	-	0,001	-	-0,0005	-	-0,0007	-	-0,002	-	0,0004	-	-0,0005	-	-0,002	-	-0,003	-		
R²	0,506		0,651		0,734		0,822		0,509		0,511		0,737		0,779		0,580		0,317		0,293		0,529		0,477		0,277		0,200			

Σχετική επιρροή μεταβλητών

ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΝΕΚΡΟΙ									
	ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ		ΦΟΡΤΗΓΑ		ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ		ΔΙΚΥΚΛΑ ΜΕΧΡΙ 49cc		ΔΙΚΥΚΛΑ ΠΑΝΩ ΑΠΟ 50cc	
	Bi	Σχετική επιρροή	Bi	Σχετική επιρροή	Bi	Σχετική επιρροή	Bi	Σχετική επιρροή	Bi	Σχετική επιρροή
		ei*		ei*		ei*		ei*		ei*
Σταθερά	0,451	-	-1,372	-	-1,160	-	-1,314	-	-1,276	-
Τύπος περιοχής										
Νύχτα							-0,019	-1,00		
Βροχή	0,044	1,00	0,030	1,00					0,063	3,96
Άλλες ατμοσφαιρικές συνθήκες										
Μετωπική σύγκρουση			0,317	10,43	0,348	1,01	0,304	23,58	0,304	17,54
Νωτομετωπική σύγκρουση	0,077	1,92	0,335	11,90	0,382	1,00	0,32	23,78	0,322	18,99
Παράσυρση πεζού	-0,335	-8,32								
Πλαγιομετωπική σύγκρουση			0,340	10,65	0,558	1,48	0,302	17,05	0,270	13,15
Πλάγια σύγκρουση	0,074	1,92	0,257	9,42			0,339	27,08	0,328	19,62
Πρόσκρουση σε σταθμευμένο όχημα	-0,272	-6,38	0,084	2,74					0,018	1,00
Εκτροπή από οδό	-0,291	-6,87								
Άλλος τύπος ατυχήματος							0,039	3,06		
Κεντρικό στηθαίο ασφαλείας										
Επιβάτης										
Ηλικία	-0,0004	-	0,0005	-	-0,002	-	0,0004	-	-0,0004	-

Μοντέλο λόγου αριθμού νεκρών προς το πλήθος των εμπλεκόμενων οχημάτων

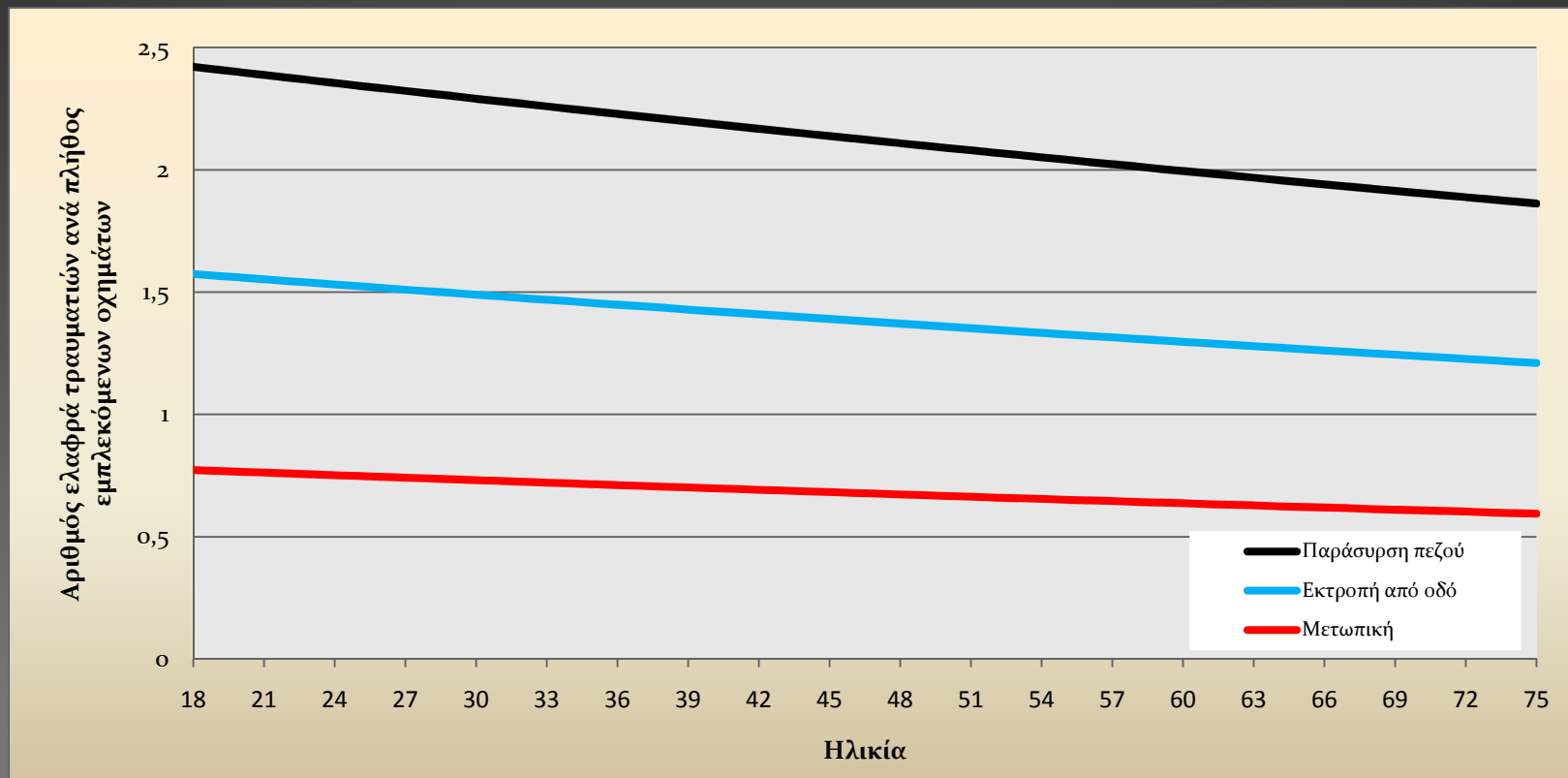
Αποτελέσματα

- ❖ Στην κατηγορία των **επιβατικών**, τη μεγαλύτερη επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή εμφανίζει η μεταβλητή «παράσυρση πεζού», με αρνητικό πρόσημο και μάλιστα 8 φορές μεγαλύτερη από την επιρροή της μεταβλητής «βροχή» που αποτελεί και τη μικρότερη επιρροή μεταξύ των υπολοίπων.
- ❖ Η μεταβλητή «βροχή» έχει τη μικρότερη επιρροή και όταν ο τύπος του οχήματος είναι το **φορτηγό**. Τη μεγαλύτερη επιρροή εμφανίζει η «νωτομετωπική σύγκρουση» (12 φορές μεγαλύτερη) ενώ και οι μεταβλητές «μετωπική» και «πλαγιομετωπική σύγκρουση» επηρεάζουν εξίσου την εξαρτημένη μεταβλητή.
- ❖ Στα **δίκυκλα μέχρι 49cc** και στα **δίκυκλα από 50cc και πάνω**, τη μεγαλύτερη επιρροή εμφανίζει η «πλάγια σύγκρουση», υπερτερώντας κατά 27 φορές από την αντίστοιχη της μεταβλητής «νύχτα» (μικρότερη επιρροή) στα **δίκυκλά μέχρι 49cc** και 20 φορές από εκείνη της μεταβλητής «πρόσκρουση σε σταθμευμένο όχημα» (μικρότερη επιρροή) στα δίκυκλα από 50cc και πάνω.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΛΑΦΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΩΝ

ΑΝΑ ΠΛΗΘΟΣ ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ



ΕΠΙΒΑΤΙΚΟ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Ο αριθμός των ελαφρά τραυματιών ανά εμπλεκόμενο όχημα παρουσιάζεται υψηλότερος σε ατυχήματα παράσυρσης πεζού, σε σχέση με ατυχήματα εκτροπής από οδό και μετωπικής σύγκρουσης
- Ο αριθμός των ελαφρά τραυματιών ανά εμπλεκόμενο όχημα μειώνεται όσο αυξάνει η ηλικία των οδηγών, για όλους τους παραπάνω τύπους ατυχήματος και μάλιστα πιο απότομα σε ατυχήματα με παράσυρση πεζού

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (1/2)

- Για πρώτη φορά στην Ελλάδα πραγματοποιείται μακροσκοπική ανάλυση της επιρροής του τύπου οχήματος στη σοβαρότητα των ατυχημάτων όπως αυτή εκφράζεται από τον **λόγο των παθόντων** (νεκροί, βαριά και ελαφρά τραυματίες) **προς το πλήθος των εμπλεκόμενων οχημάτων**
- Η **παράσυρση πεζού** επηρεάζει περισσότερο από κάθε άλλο εξετασθέντα παράγοντα τον αριθμό των παθόντων ανά όχημα και για τις τρεις κατηγορίες σοβαρότητας (νεκρών, βαριά και ελαφρά τραυματιών), όταν το όχημα στο ατύχημα είναι **επιβατικό**
- Αυξημένη σοβαρότητα παρουσιάζεται σε ατυχήματα που **εμπλέκονται δύο ή και περισσότερα οχήματα**, καθώς αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη υψηλότερων ταχυτήτων, άρα και σφοδρότερων συγκρούσεων

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (2/2)

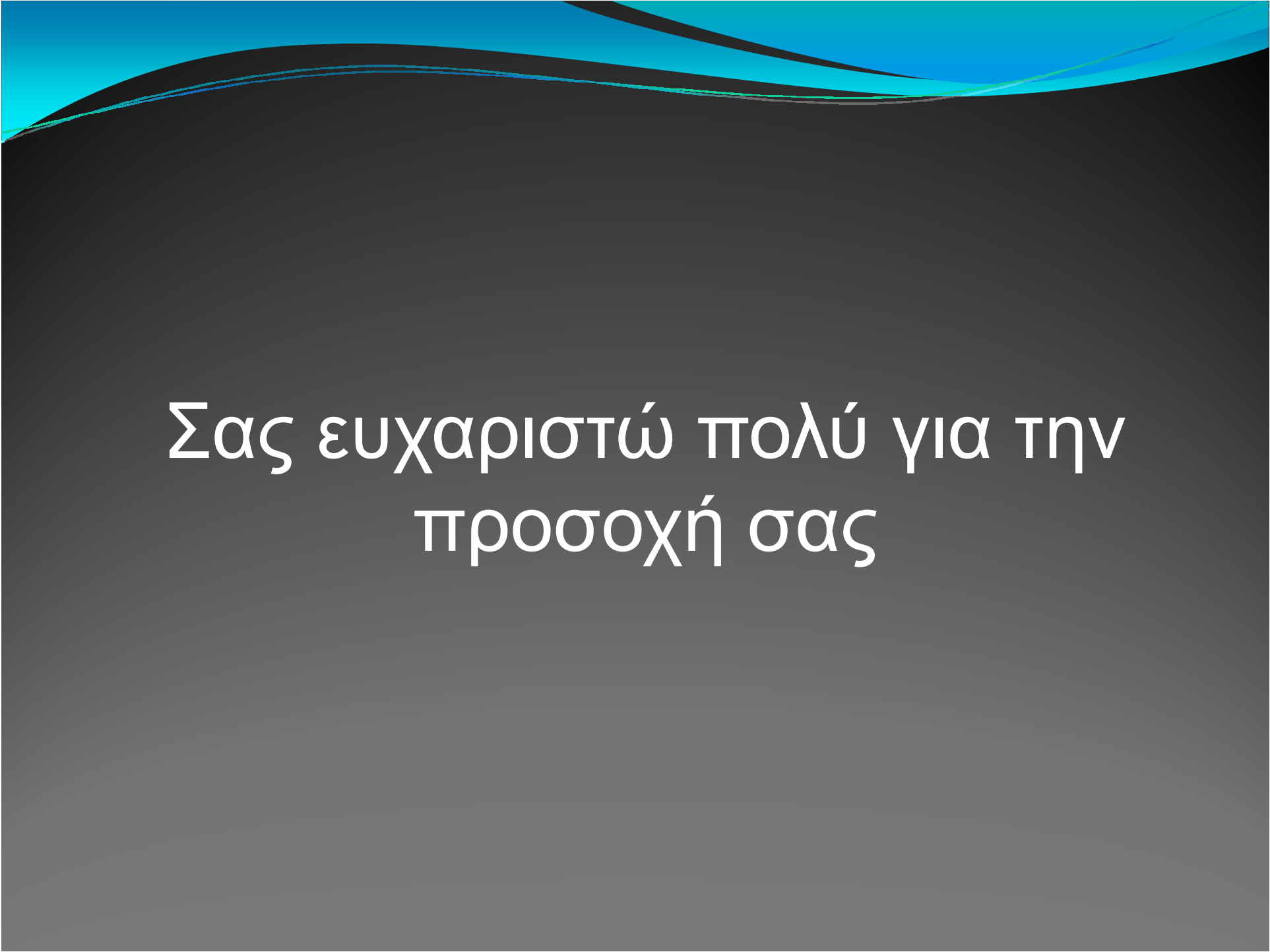
- Αυξημένη επιρροή στη σοβαρότητα των ατυχημάτων παρουσιάζουν οι μετωπικές, νωτομετωπικές και πλάγιες συγκρούσεις στον αριθμό των νεκρών και βαριά τραυματιών, όταν εμπλέκονται **δίκυκλα από 50cc και πάνω**. Το γεγονός ότι τα δίκυκλα παρέχουν ελάχιστη προστασία, καθιστούν ιδιαίτερα κρίσιμους τους παραπάνω τύπους ατυχήματος, όπου η σύγκρουση μεταξύ δύο κινούμενων οχημάτων είναι σφοδρότερη
- Παρατηρείται ότι **η βροχή** παρουσιάζει σχετικά μικρή επιρροή στον αριθμό των νεκρών, των βαριά και ελαφρά τραυματιών ανά όχημα, για όλους σχεδόν τους τύπους οχήματος. Ενδεχομένως σε συνθήκες βροχής, οι οδηγοί αναγκάζονται να ελαττώσουν την ταχύτητα κίνησης και να είναι περισσότερο προσεκτικοί

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

- Θέσπιση ειδικών **σεμιναρίων οδικής ασφάλειας**, για την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του ευρύ κοινού γύρω από το θέμα αυτό, αλλά και την σωστή εκπαίδευση των οδηγών, δίνοντας έμφαση στις ιδιαιτερότητες κάθε τύπου οχήματος, ιδιαίτερα για τα δίκυκλα και τα βαρέα οχήματα
- **Αποτελεσματική αστυνόμευση** από τους αρμόδιους φορείς, με συνεχείς ελέγχους της λειτουργίας του οδικού δικτύου και φροντίζοντας για την τήρηση του Κ.Ο.Κ., επιβάλλοντας τα ανάλογα πρόστιμα σε περιπτώσεις παραβίασής του
- **Μέτρα προστασίας της κίνησης των πεζών**, σε ένα οδικό δίκτυο, ώστε να επιτευχθεί η λιγότερη κατά το δυνατόν εμπλοκή της με εκείνη των διερχόμενων οχημάτων

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

- Εξέταση και άλλων παραμέτρων στην επιρροή της σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων, όπως τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, οι κυκλοφοριακοί φόρτοι κ.α.
- Εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης, για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων και την ανάπτυξη των τελικών μαθηματικών μοντέλων όπως Poisson, Αρνητική Διωνυμική κ.α.
- Διερεύνηση της σοβαρότητας, εκφρασμένης με διαφορετικό τρόπο, είτε ως κάποιος άλλος λόγος ή και κάποιο άλλο μέγεθος
- Διερεύνηση της σοβαρότητας και για άλλους τύπους οχήματος, αλλά και για την κατηγορία του πεζού ξεχωριστά



Σας ευχαριστώ πολύ για την
προσοχή σας



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Γιώργος Πισπιρίγκος

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2011