



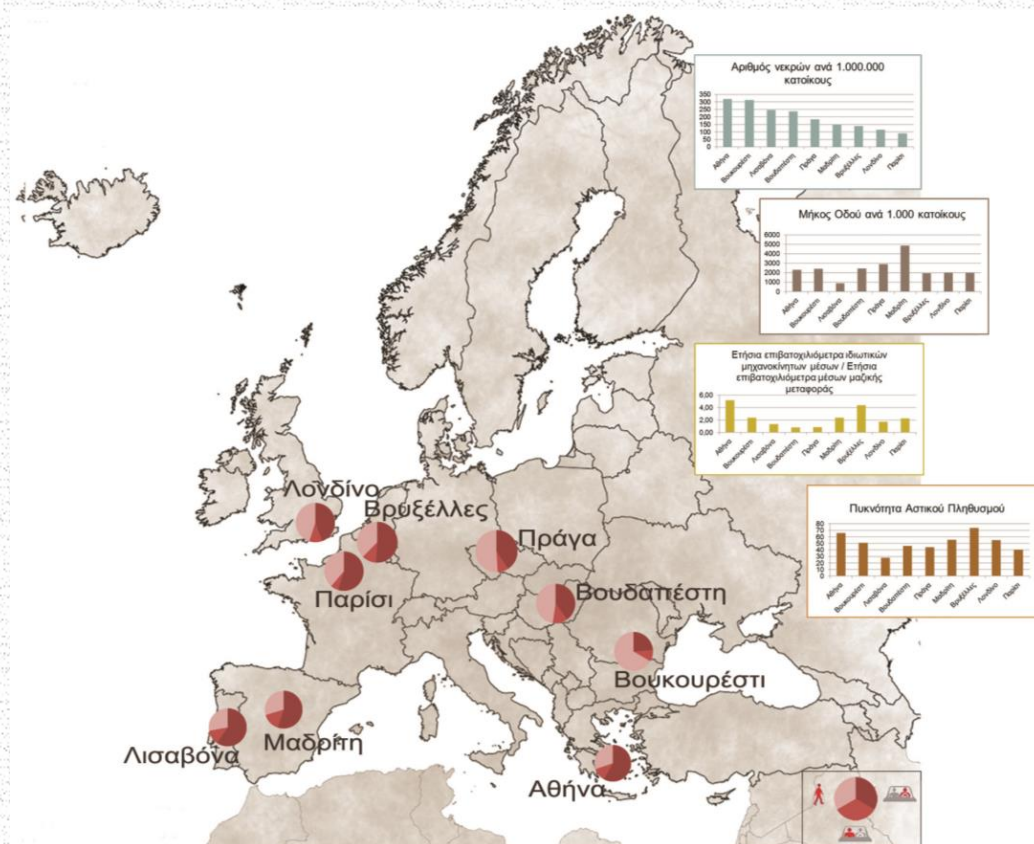
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

# ΠΟΛΥΕΠΙΠΕΔΗ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΕΣ

Μαριάνθη Μέρμυγκα

Επιβλέπων:  
Γιώργος Γιαννής,  
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάιος 2014



# Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

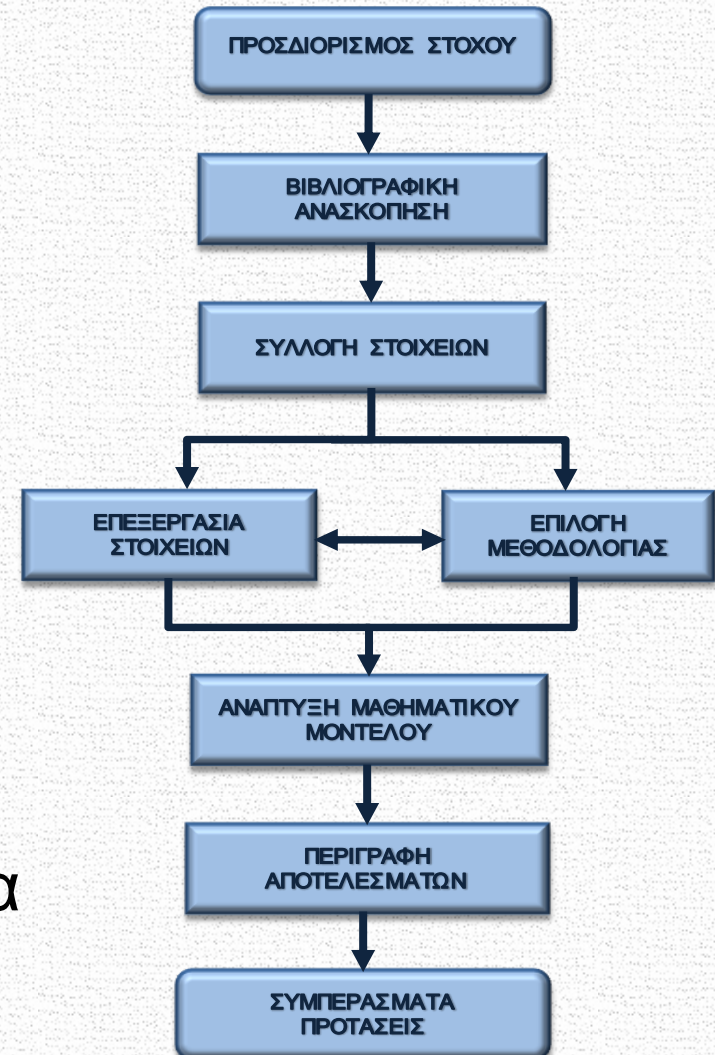
---

Η συγκριτική ανάλυση της οδικής ασφάλειας σε επιλεγμένες ευρωπαϊκές Πρωτεύουσες, η οποία θα συνεισφέρει στην καλύτερη κατανόηση των αιτιών των οδικών ατυχημάτων στις ευρωπαϊκές μεγαλουπόλεις.

Η ανάπτυξη των κατάλληλων πολυεπίπεδων μοντέλων που θα αποτυπώνουν πληρέστερα τη σχέση μεταξύ των εξεταζόμενων παραμέτρων.

# Δομή Διπλωματικής Εργασίας

- Προσδιορισμός Στόχου
- Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- Θεωρητικό Υπόβαθρο
- Συλλογή Στοιχείων
- Επεξεργασία Στοιχείων
- Στατιστική Ανάλυση Στοιχείων
- Αποτελέσματα Ανάλυσης
- Συμπεράσματα
- Προτάσεις - Περαιτέρω Έρευνα





# Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

---

## Νέα Υόρκη-Λος Άντζελες και Λονδίνο-Παρίσι

- Τα οδικά ατυχήματα σε αυτές τις μεγαλουπόλεις τείνουν να διαφέρουν σε πολλούς τομείς από τα τυπικά οδικά ατυχήματα στο σύνολο της αντίστοιχης χώρας.
- Διαφοροποιήσεις:
  - χρόνος και τόπος των οδικών ατυχημάτων
  - καιρικές συνθήκες
  - συνθήκες φωτισμού
  - εμπλεκόμενα πρόσωπα
  - ενέργειες του οδηγού

# Θεωρητικό Υπόβαθρο (1/4)

---

- Δεδομένα οδικής ασφάλειας - οργανωμένα σε ιεραρχική διάταξη π.χ. λόγω χωρικής εξάπλωσης
- *Βασικό πρόβλημα*: εξάρτηση μεταξύ των παρατηρήσεων
- Κλασσικά μοντέλα ανάλυσης → ανάλυση μόνο συγκεντρωτικά ή χωρίς δομή → σημαντική απώλεια πληροφοριών
- **Πολυεπίπεδα μοντέλα ανάλυσης** → δυνατότητα καθορισμού ιεραρχικής διάταξης μέσα στο μοντέλο

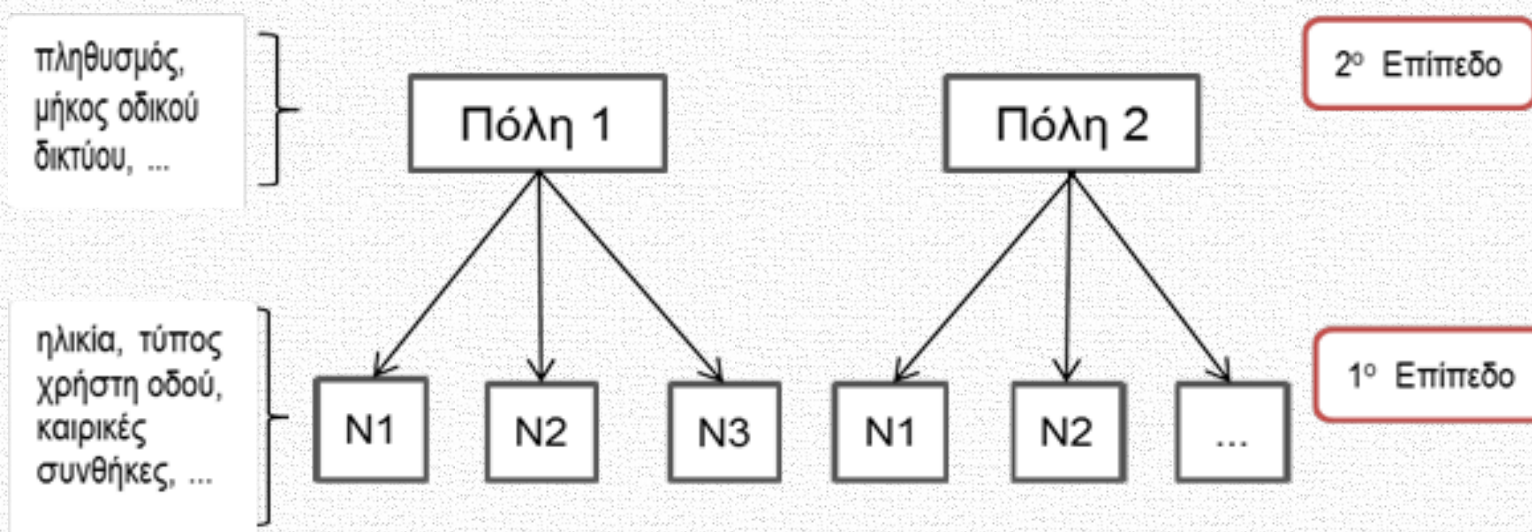
# Θεωρητικό Υπόβαθρο (2/4)

---

## Επίπεδα Ανάλυσης:

**1° Επίπεδο** → Περίπτωση Οδικού Ατυχήματος

**2° Επίπεδο** → Πόλη



## Θεωρητικό Υπόβαθρο (3/4)

---

- Εξίσωση πολυεπίπεδου μοντέλου Poisson:

$$O_{ij} \sim \text{Poisson}(\pi_{ij} E_{ij})$$

$$\log(\pi_{ij}) = \beta_{0j} + \beta_{1j} x_j$$

$$\beta_{0j} = \beta_0 + u_{0j}$$

- Προσθήκη 2<sup>ου</sup> επιπέδου: ο **σταθερός συντελεστής**  $\beta_{0j}$  για την κάθε Πρωτεύουσα  $j$  είναι μεγαλύτερος ή μικρότερος από τον συνολικό κατά μία ποσότητα  $u_{0j}$
- Αντιμετώπιση υπερδιασποράς: extra-Poisson διακύμανση

$$\text{var}(O_{ij} \pi_{ij}) = \alpha \sigma_1^2 \pi_{ij} E_{ij}$$



# Θεωρητικό Υπόβαθρο (4/4)

---

**Πλεονεκτήματα** ανάλυσης με πολυεπίπεδα μοντέλα:

- βελτίωση της προσαρμογής του μοντέλου στα δεδομένα
- αναγνώριση και εξήγηση τυχαίων διακυμάνσεων σε συγκεκριμένα επίπεδα της ιεραρχίας που εξετάζεται
- πιο πλήρη συμπεράσματα από ότι τα μοντέλα ενός επιπέδου σε σχέση με τα επίπεδα σημαντικότητας των παραμέτρων
- πιο εμπλουτισμένη και λεπτομερής ανάλυση πάνω στο θέμα της έρευνας



# Συλλογή Στοιχείων (1/3)

---

## Στοιχεία των Οδικών Ατυχημάτων:

- Ευρωπαϊκή Βάση Δεδομένων CARE
- Κοινό Σύνολο Στοιχείων Οδικών Ατυχημάτων CADaS
- Σύστημα Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων ΕΛΣΤΑΤ



## Στοιχεία των Πρωτευουσών:

- EUROSTAT
- Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ)
- Mobility in Cities - Διεθνής Οργανισμός Δημόσιων Μεταφορών UITP



# Συλλογή Στοιχείων (2/3)

## Ευρωπαϊκές Πρωτεύουσες (2007-2011)

	Πόλη
1	Αθήνα
2	Βρυξέλλες
3	Βουκουρέστι
4	Βουδαπέστη
5	Λισαβόνα
6	Λονδίνο
7	Μαδρίτη
8	Παρίσι
9	Πράγα



## Συλλογή Στοιχείων (3/3)

---

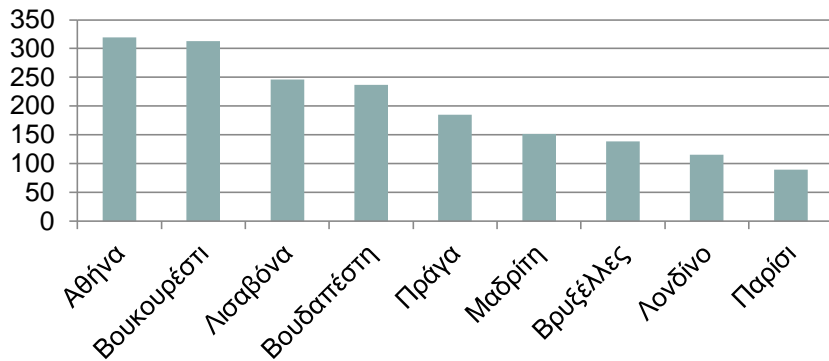
Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση

Οδικά Ατυχήματα
Μήνας
Ημέρα της Εβδομάδας
Συνθήκες Φωτισμού
Καιρός
Τύπος Οχήματος
Ηλικιακή Ομάδα
Φύλο
Τύπος Χρήστη της Οδού

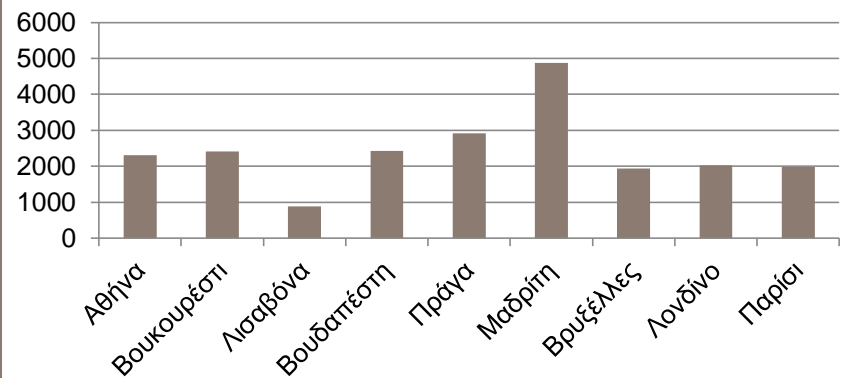
Πρωτεύουσες
Πληθυσμός
Πυκνότητα Αστικού Πληθυσμού
Μήκος Οδού ανά 1.000 κατοίκους
Ετήσια επιβατοχιλιόμετρα ιδιωτικών μηχανοκίνητων μέσων/ Ετήσια επιβατοχιλιόμετρα μέσων μαζικής μεταφοράς

# Γενική Ανάλυση Στοιχείων

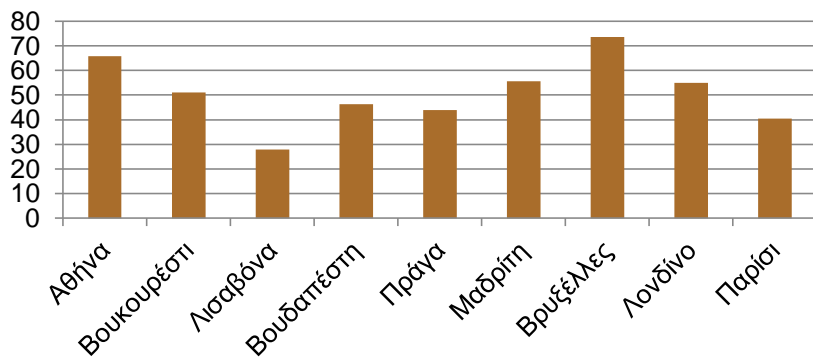
## Αριθμός νεκρών ανά 1.000.000 κατοίκους



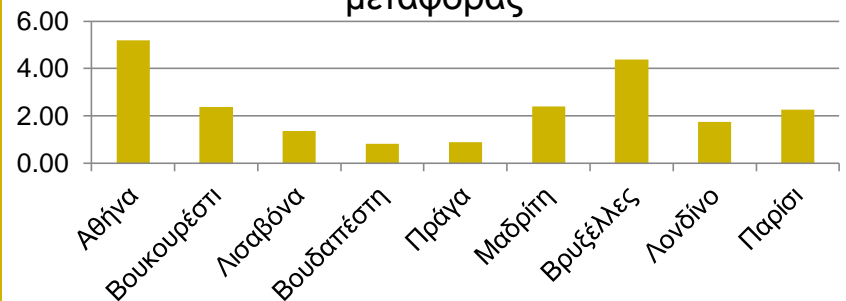
## Μήκος Οδού ανά 1.000 κατοίκους



## Πυκνότητα Αστικού Πληθυσμού



## Ετήσια επιβατοχιλιόμετρα ιδιωτικών μηχανοκίνητων μέσων / Ετήσια επιβατοχιλιόμετρα μέσω μαζικής μεταφοράς

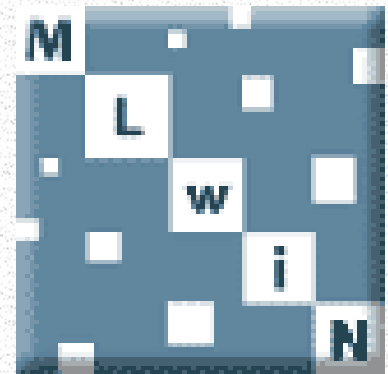




# Στάδια Επεξεργασίας και Ανάλυσης

---

- Κωδικοποίηση των μεταβλητών
- Δημιουργία ενιαίας βάσης δεδομένων
- Εισαγωγή ενιαίας βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης MLwiN
- Διαχωρισμός μεταβλητών σε κατηγορικές και ποσοτικές
- Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών
- Ανάπτυξη στατιστικού μοντέλου
- Στατιστικοί Έλεγχοι



# Παρουσίαση τελικού στατιστικού μοντέλου

Πολυεπίπεδο μοντέλο Poisson - Στοιχεία οδικών ατυχημάτων και Πρωτευουσών			
Εξαρτημένη μεταβλητή	Αριθμός νεκρών (μέσα σε 30 ημέρες από το οδικό ατύχημα)		
Όρος αντιστάθμισης	Φυσικός Λογάριθμος του Μήκους Οδού ανά 1.000 κατοίκους		
Ανεξάρτητες μεταβλητές	Συντελεστής $\beta_i$	S.E.	t-test = $\beta_i / S.E.$
<b>Σταθερό μέρος της εξίσωσης</b>			
Σταθερός όρος	-6,322	0,591	-10,697
Μήνας_1	0,937	0,073	12,836
Ημέρα της εβδομάδας_1	0,540	0,058	9,310
Ηλικιακή Ομάδα_1	-0,854	0,132	-6,470
Ηλικιακή Ομάδα_3	0,224	0,068	3,294
Ηλικιακή Ομάδα_4	0,228	0,075	3,040
Φύλο_2	-0,416	0,062	-6,710
Τύπος Χρήστη της Οδού_1	-0,399	0,081	-4,926
Τύπος Χρήστη της Οδού_2	-1,009	0,113	-8,929
Τύπος Οχήματος Κυκλοφορίας_1	-0,254	0,074	-3,432
Τύπος Οχήματος Κυκλοφορίας_3	-1,151	0,148	-7,777
Τύπος Οχήματος Κυκλοφορίας_4	-0,322	0,094	-3,426
Καιρός_1	1,095	0,086	12,733
Πυκνότητα Αστικού Πληθυσμού (άτομα/εκτάρια)	-0,043	0,015	-2,867
Ετήσια επιβατοχιλιόμετρα ιδιωτικών μηχανοκίνητων μέσων / Ετήσια επιβατοχιλιόμετρα μέσων μαζικής μεταφοράς	0,242	0,136	1,779
<b>Τυχαίο μέρος της εξίσωσης</b>			
2 <sup>ο</sup> Επίπεδο: Πόλη			
$\sigma^2_{u_0}$ (Όρος διακύμανσης)	0,123	0,063	1,952
1 <sup>ο</sup> Επίπεδο: Περίπτωση Ατυχήματος			
Όρος υπερδιασποράς	3,795	0,133	28,534

## Στατιστικοί Έλεγχοι

- ✓ **t-test:** όλες οι μεταβλητές στατιστικά σημαντικές
- ✓ όρος διακύμανσης στο 2<sup>ο</sup> επίπεδο - στατιστικά σημαντικός
- ✓ όρος υπερδιασποράς-στατιστικά σημαντικός
- ✓ **Likelihood Ratio Test**
- ✓ συντελεστής προσαρμογής  $\rho^2$

# Αποτελέσματα στατιστικού μοντέλου (1/2)

---

- Ο αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα είναι μεγαλύτερος στην **κατηγορία των πεζών** σε σχέση με τις κατηγορίες του οδηγού και του επιβάτη.
- Η κατηγορία οχήματος κυκλοφορίας **μοτοσικλέτα, μοτοποδήλατο** παρουσιάζει μεγαλύτερο αριθμό νεκρών από οδικά ατυχήματα σε σχέση με όλες τις άλλες κατηγορίες οχημάτων.
- Ο αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα είναι μεγαλύτερος στους **άνδρες** από ότι στις γυναίκες.

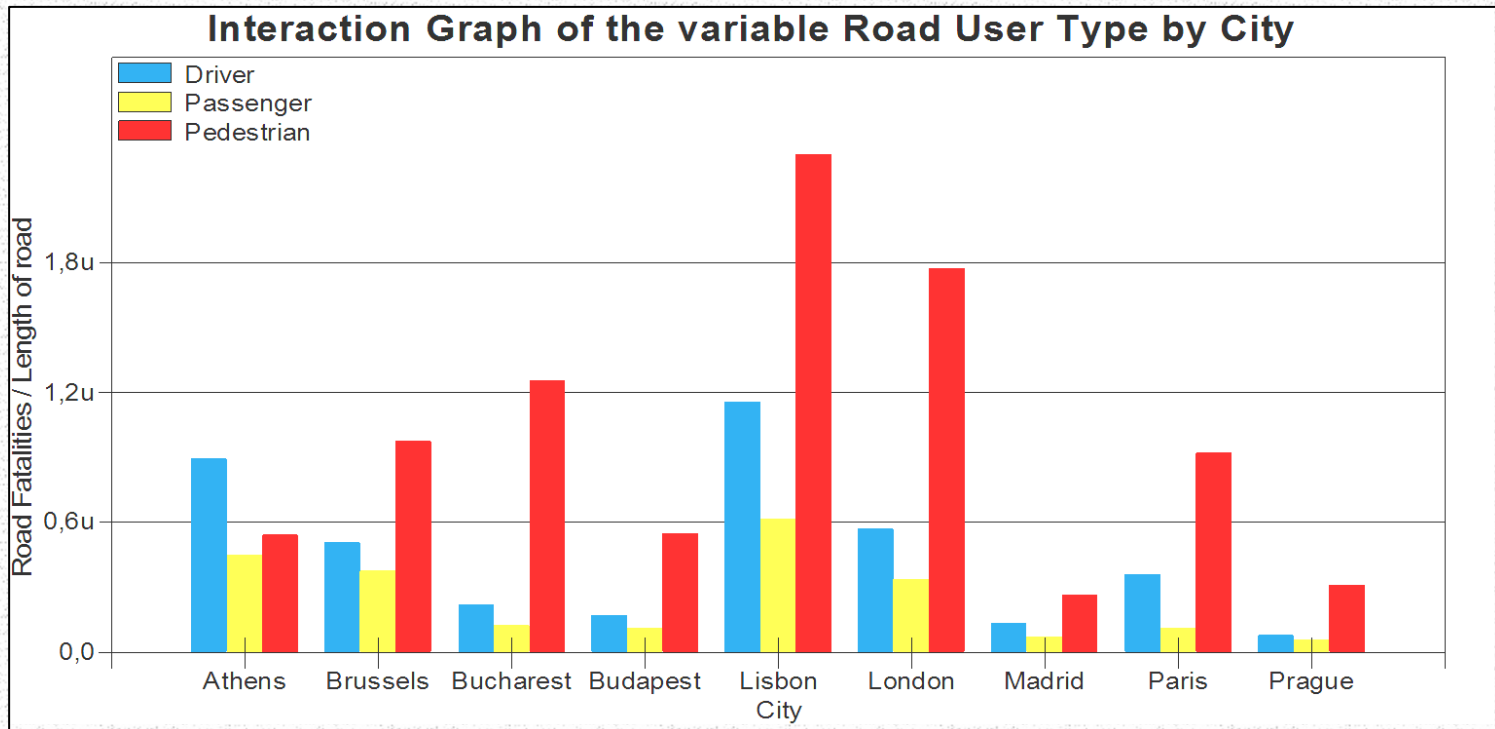
## Αποτελέσματα στατιστικού μοντέλου (2/2)

---

- Ο αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα είναι μεγαλύτερος τους **χειμερινούς μήνες** από ότι τους θερινούς μήνες.
- Ο αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα είναι μεγαλύτερος τις **καθημερινές** από ότι το σαββατοκύριακο.
- Ο αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα είναι μεγαλύτερος όταν οι **καιρικές συνθήκες** είναι καλές σε σχέση με δυσμενείς καιρικές συνθήκες.



# Συγκριτικό Διάγραμμα



Συγκριτικό διάγραμμα - Τύπος χρήστη της Οδού



Όσο πιο μεγάλο οδικό δίκτυο έχει μία πόλη, τόσο καλύτερο είναι το επίπεδο οδικής ασφάλειας σε αυτή.

# Συμπεράσματα (1/2)

---

- Τα πολυεπίπεδα μοντέλα στατιστικής ανάλυσης επέτρεψαν την **καλύτερη αποτύπωση της ιεραρχικής δομής των δεδομένων** οδικής ασφάλειας και αποκάλυψαν νέες επιπλέον πτυχές των επιδόσεων οδικής ασφάλειας των ευρωπαϊκών Πρωτευουσών.
- Από την πολυεπίπεδη ανάλυση προέκυψε ότι όσο πιο μεγάλο **οδικό δίκτυο** έχει μία πόλη, τόσο καλύτερο είναι το επίπεδο οδικής ασφάλειας σε αυτή.

## Συμπεράσματα (2/2)

---

- Όσο αυξάνεται η **πυκνότητα** του αστικού πληθυσμού, μειώνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.
- Όσο αυξάνεται ο **δείκτης χρήσης ΙΧ** (ετήσια επιβατοχιλιόμετρα ιδιωτικών μηχανοκίνητων μέσων ανά ετήσια επιβατοχιλιόμετρα μέσων μαζικής μεταφοράς), αυξάνεται η τιμή του αριθμού των νεκρών από οδικά ατυχήματα.

# Προτάσεις Βελτίωσης Οδικής Ασφάλειας

---

- Προτεραιότητα στη δημιουργία ενός ασφαλούς οδικού περιβάλλοντος για τους πεζούς και τους μοτοσικλετιστές στις πόλεις.
- Η οδική ασφάλεια πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στα σχέδια αστικής κινητικότητας.
- Παρακολούθηση της εξέλιξης του επιπέδου οδικής ασφάλειας στις πόλεις που παρουσιάζουν καλύτερες επιδόσεις και ανταλλαγή πληροφοριών για τις επιτυχημένες πρακτικές.



# Προτάσεις Περαιτέρω Έρευνας

---

- Επέκταση της συγκεκριμένης έρευνας σε πιο πολλές πόλεις στην Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο.
- Εμπλουτισμός των ευρωπαϊκών βάσεων δεδομένων με περισσότερα συγκρίσιμα δεδομένα και κοινές μεταβλητές (π.χ. οχηματο-χιλιόμετρα).
- Ανάπτυξη πιο αναλυτικών στατιστικών μοντέλων με εξέταση επιπλέον μεταβλητών για τα οδικά ατυχήματα, τα χαρακτηριστικά των πόλεων και τη συμπεριφορά των χρηστών.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

# ΠΟΛΥΕΠΙΠΕΔΗ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΕΣ

Μαριάνθη Μέρμυγκα

Επιβλέπων:  
Γιώργος Γιαννής,  
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάιος 2014

