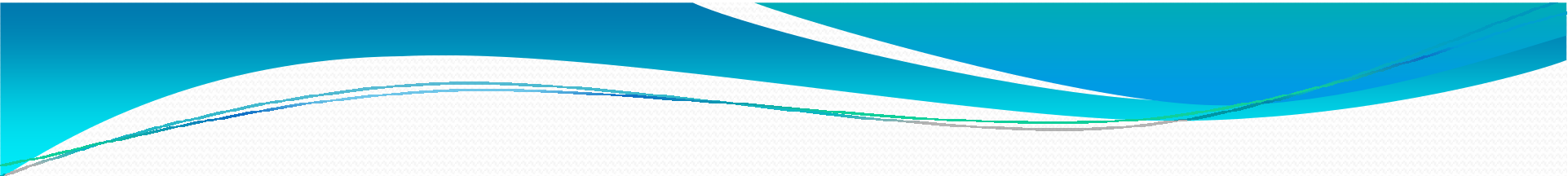




# Νικόλαος Μιτζάλης

**Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ**



## ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η Διερεύνηση της επιρροής του φωτισμού

- αστικών και υπεραστικών οδών
- στη συχνότητα και σοβαρότητα των ατυχημάτων

με χρήση λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης



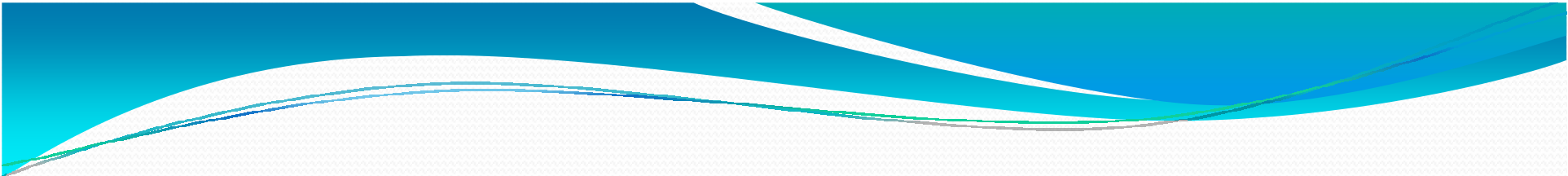
## ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

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



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

- Βάσεις Δεδομένων
- Μέθοδοι Πριν και Μετά (Εγκατάσταση φωτισμού)
- Πειραματικές Μέθοδοι (Εγκατάσταση φωτισμού, μέτρηση ταχύτητας και αποκλίσεων)
- Στατιστικές αναλύσεις - μοντέλα



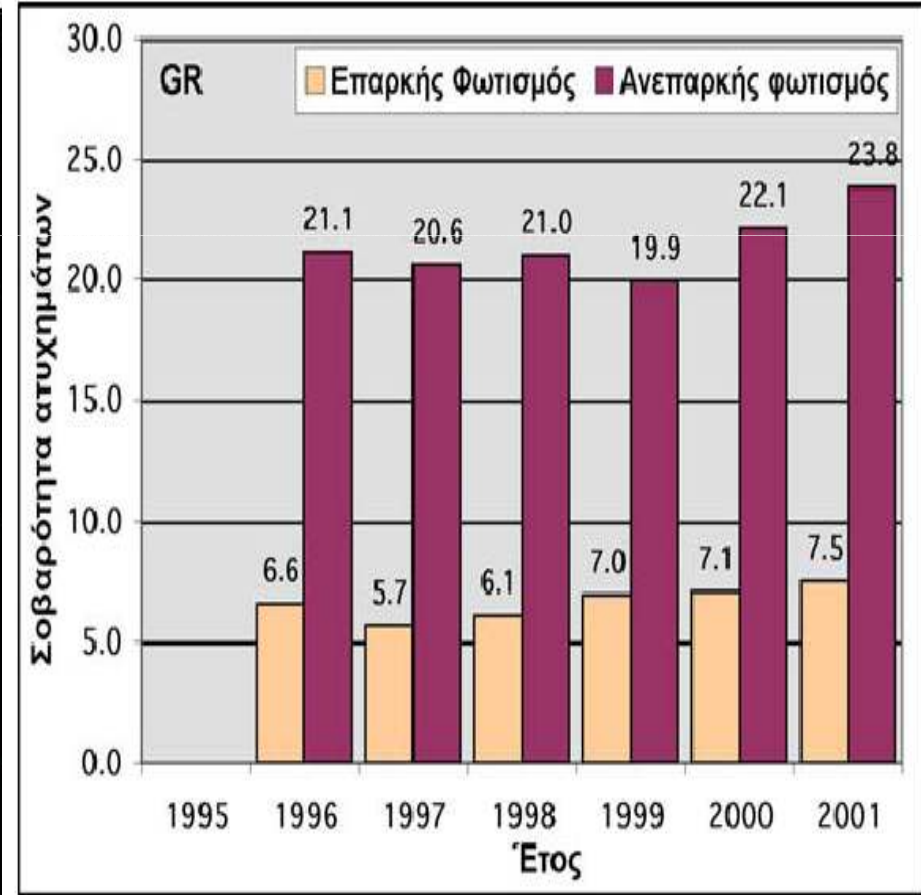
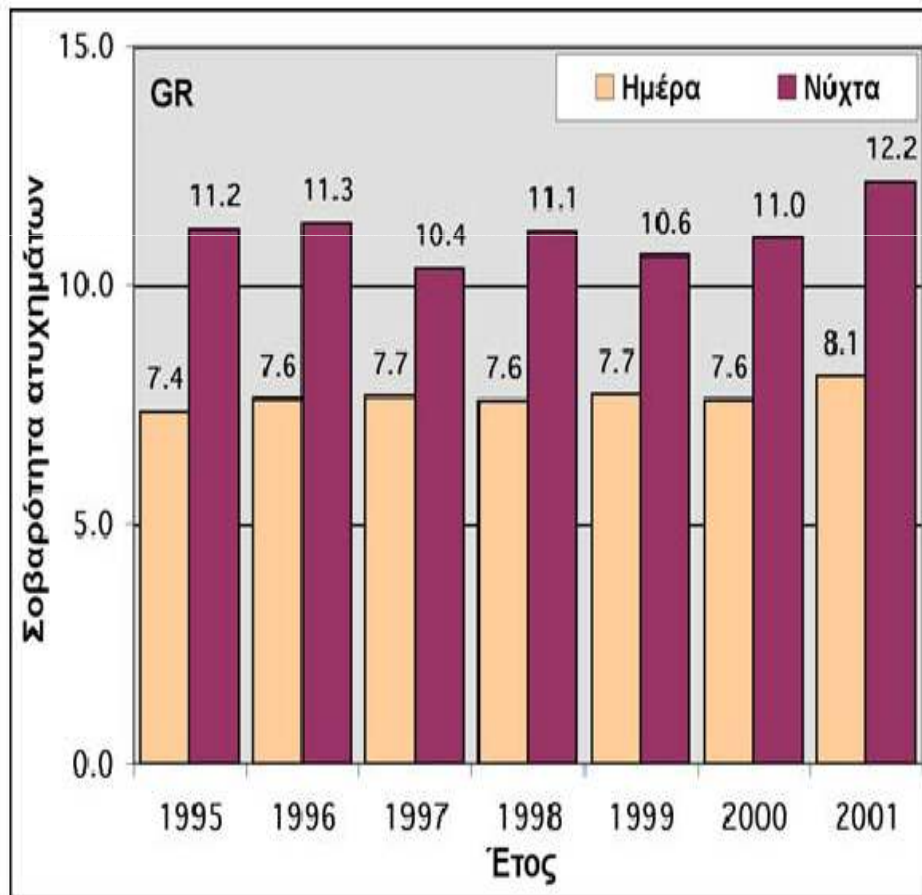
## ΣΥΝΟΨΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

Ο οδικός φωτισμός :

- Επιφέρει μείωση των ατυχημάτων έως και 50%
- Επιφέρει μείωση της σοβαρότητας των ατυχημάτων
- Επιδρά διαφορετικά για κάθε τύπο ατυχήματος
- Επιδρά διαφορετικά στις διάφορες καιρικές συνθήκες
- Επηρεάζει την ταχύτητα των οχημάτων
- Επηρεάζει τη συγκέντρωση των οδηγών
- Μειώνει τον κίνδυνο πρόκλησης ατυχήματος

# ΟΔΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Αριθμός ατυχημάτων με νεκρούς ανά 100 ατυχήματα



## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Η μαθηματική σχέση που περιγράφει τη μέθοδο της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης:

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

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<sup>2</sup>**)
- Λογική ερμηνεία συντελεστών  **$\beta_i$**  της εξίσωσης
- Σφάλμα της εξίσωσης

# ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

**ΔΟΤΑ** (Τροχαία)

(Δελτίο Οδικού Τροχαίου Ατυχήματος)



**ΕΣΥΕ**

(Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδας)



**ΣΑΝΤΡΑ** (ΕΜΠ)

(Σύστημα Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων)

# ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Συγκεντρωτικοί Πίνακες



Επιλογή Παραμέτρων



Τρεις Βάσεις Δεδομένων

(Νεκροί, Βαριά Τραυματίες, Ελαφριά Τραυματίες)



Προσαρμογή Δεδομένων για Εισαγωγή  
στο Ειδικό Λογισμικό Στατιστικής Ανάλυσης

# ΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΡΡΟΗΣ

- **Φωτισμός** (Φωτισμός Ημέρας, Αμυδρός Φωτισμός, Επαρκής Φωτισμός, Χωρίς Φωτισμό)
- **Καιρικές Συνθήκες** (Καλοκαιρία, Βροχή, Άλλες Συνθήκες)
- **Τύπος Οχήματος** (Άγνωστο, Επιβατηγό, Φορτηγό, Λεωφορείο, Ποδήλατο, Δίκυκλο μέχρι 49 κ.ε., Δίκυκλο από 50κ.ε. και άνω, Άλλος)
- **Τύπος Ατυχήματος** (Μετωπική σύγκρουση, Πλαγιομετωπική σύγκρουση, Πλάγια σύγκρουση, Νωτομετωπική σύγκρουση, Πρόσκρουση σε σταθμευμένο όχημα/αντικείμενο, Παράσυρση πεζού, Εκτροπή από την οδό, Άλλος)
- **Ηλικία**
- **Φύλο** (Άνδρας, Γυναίκα, Άγνωστο)
- **Λόγος Μετακίνησης** (Τουρισμός/Αναψυχή, Κατοικία/Εργασία, Άλλος λόγος μετακίνησης, Άγνωστος λόγος μετακίνησης)
- **Κεντρική Νησίδα**



# ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Περιγραφική Στατιστική  
(εικόνα κατανομής των τιμών των εξαρτημένων μεταβλητών)
- Συσχέτιση μεταβλητών  
(Επιδίωξη μέγιστης δυνατής συσχέτισης εξαρτημένων-ανεξάρτητων μεταβλητών, μηδενικής συσχέτισης μεταξύ ανεξάρτητων μεταβλητών)

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

- Ο **βαθμός της επιρροής** των μεταβλητών εκφράζεται ποσοτικά μέσω της ελαστικότητας
- Η **ελαστικότητα** αντικατοπτρίζει την ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής στην μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών (σχετική επιρροή)

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΡΙΘΜΟΥ ΝΕΚΡΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ( $R^2= 0,44$ )

| Ανεξάρτητες Μεταβλητές      | ΝΕΚΡΟΙ |       |                    |                |       |                    |                |      |                    |
|-----------------------------|--------|-------|--------------------|----------------|-------|--------------------|----------------|------|--------------------|
|                             | Σύνολο |       |                    | Εντός Κατ.Περ. |       |                    | Εκτός Κατ.Περ. |      |                    |
|                             | Bi     | t     | Σχετική<br>Επιρροή | Bi             | t     | Σχετική<br>Επιρροή | Bi             | t    | Σχετική<br>Επιρροή |
| Τύπος Περιοχής              | -0,02  | -6,5  | 1,3                | -              | -     | -                  | -              | -    | -                  |
| Μέρα                        | -0,02  | -3,4  | 1,1                | -0,01          | -1,7  | 1,0                | -0,02          | -2,5 | 1,4                |
| Αμυδρός Νυχτερινός Φωτισμός | -0,02  | -2,6  | 1,8                | -0,01          | -1,4  | 1,5                | -0,01          | -1,5 | 1,9                |
| Επαρκής Νυχτερινός Φωτισμός | -0,01  | -2,0  | 1,3                | -0,01          | -1,7  | 1,4                | -0,01          | -1,5 | 1,8                |
| Χωρίς Νυχτερινό Φωτισμό     | 0,35   | 55,7  | 37,9               | 0,41           | 38,4  | 52,1               | 0,30           | 37,3 | 36,3               |
| Κεντρική Νησίδα             | -0,01  | -4,0  | 1,4                | -              | -     | -                  | -              | -    | -                  |
| Βροχή                       | -0,08  | -16,6 | 8,7                | -0,16          | -24,9 | 19,9               | -0,04          | -6,7 | 5,6                |
| Εκτροπή                     | 0,05   | 9,5   | 5,4                | -              | -     | -                  | 0,06           | 7,8  | 9,4                |
| Νωτομετωπική Σύγκρουση      | 0,27   | 48,2  | 32,2               | 0,32           | 36,1  | 42,1               | 0,20           | 27,4 | 30,7               |
| Παράσυρση Πεζού             | 0,40   | 90,4  | 42,0               | 0,43           | 66,9  | 48,3               | 0,34           | 55,9 | 46,6               |
| Πλάγια Σύγκρουση            | 0,40   | 58,1  | 48,8               | 0,44           | 35,3  | 59,1               | 0,34           | 40,6 | 53,4               |
| Πρόσκρουση σε σταθμευμένο   | 0,03   | 3,5   | 3,4                | -              | -     | -                  | -              | -    | -                  |
| Άγνωστο είδος οχήματος      | 0,39   | 24,0  | 49,3               | -              | -     | -                  | -              | -    | -                  |
| Άλλο είδος οχήματος         | 0,36   | 53,8  | 44,0               | 0,40           | 38,3  | 53,7               | 0,29           | 33,4 | 46,2               |
| Δίκυκλο πάνω από 50 κ.ε.    | 0,35   | 65,0  | 33,0               | 0,43           | 70,1  | 39,7               | 0,27           | 37,3 | 35,6               |
| Δίκυκλο μέχρι 49 κ.ε.       | 0,33   | 44,4  | 40,3               | 0,39           | 48,9  | 49,6               | 0,28           | 23,9 | 46,2               |
| Ηλικία                      | 0,00   | -3,3  | 1,1                | 0,00           | -4,1  | 2,2                | 0,00           | -2,0 | 1,2                |
| Φύλο                        | -0,03  | -11,1 | 1,0                | -0,04          | -8,2  | 1,2                | -0,02          | -6,3 | 1,0                |

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΡΙΘΜΟΥ ΝΕΚΡΩΝ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η μεταβλητή «χωρίς φωτισμό»:

- έχει θετικό συντελεστή β<sub>i</sub> και παρουσιάζει από 20 έως 35 φορές μεγαλύτερη επιρροή συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες μεταβλητές οδικού φωτισμού («φωτισμός ημέρας», «επαρκής φωτισμός», «αμυδρός φωτισμός»)
- έχει σχεδόν την ίδια επιρροή με τη μεταβλητή «δίκυκλο άνω των 50 κ.ε.» (1,15 φορές μεγαλύτερη)
- έχει σχεδόν την ίδια επιρροή με τη μεταβλητή «παράσυρση πεζού» (1,1 φορά μικρότερη)
- παρουσιάζει τη μέγιστη επιρροή σε αστικές οδούς

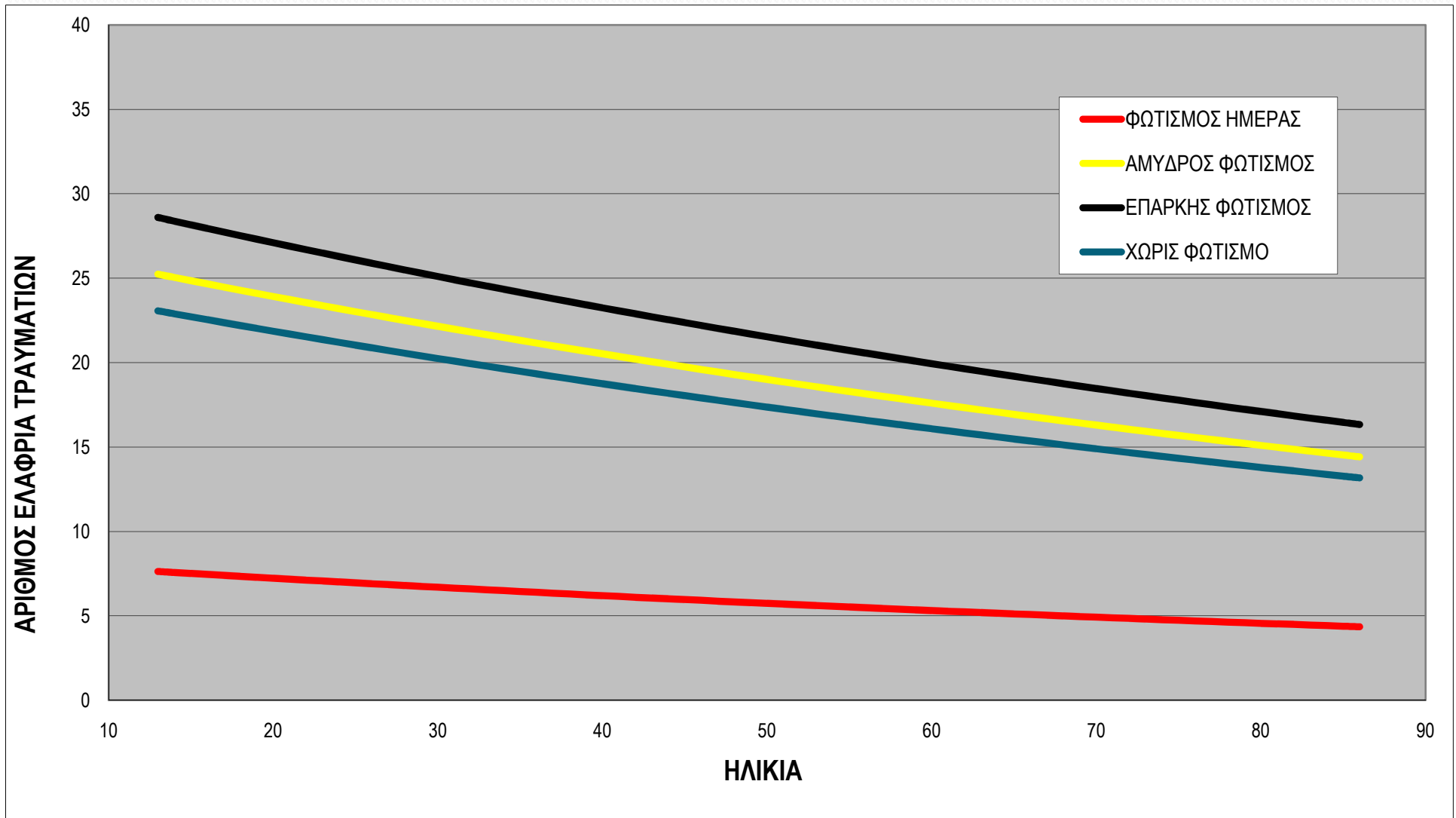
# ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΛΑΦΡΙΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ( $R^2= 0,32$ )

| Ανεξάρτητες Μεταβλητές       | ΕΛΑΦΡΙΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΕΣ |       |                    |                |       |                    |                |       |                    |
|------------------------------|--------------------|-------|--------------------|----------------|-------|--------------------|----------------|-------|--------------------|
|                              | Σύνολο             |       |                    | Εντός Κατ.Περ. |       |                    | Εκτός Κατ.Περ. |       |                    |
|                              | Bi                 | t     | Σχετική<br>Επιρροή | Bi             | t     | Σχετική<br>Επιρροή | Bi             | t     | Σχετική<br>Επιρροή |
| Τύπος Περιοχής               | -0,105             | -28,7 | 2,02               | -              | -     | -                  | -              | -     | -                  |
| Μέρα                         | -0,433             | -74,8 | 11,21              | -0,508         | -64,3 | 18,75              | -0,446         | -66,7 | 11,78              |
| Αμυδρός Νυχτερινός Φωτισμός  | -0,047             | -6,9  | 1,61               | -0,110         | -12,5 | 4,85               | -0,027         | -3,2  | 1,00               |
| Επαρκής Νυχτερινός Φωτισμός  | -0,219             | -34,4 | 7,11               | -0,356         | -43,2 | 14,14              | -0,073         | -9,1  | 2,69               |
| Χωρίς Νυχτερινό Φωτισμό      | -0,031             | -4,8  | 1,00               | 0,161          | 16,8  | 7,43               | -0,147         | -21,0 | 4,68               |
| Βροχή                        | 0,341              | 81,1  | 10,34              | 0,514          | 86,2  | 21,06              | 0,277          | 58,6  | 8,66               |
| Άλλες Ατμοσφαιρικές Συνθήκες | 0,483              | 78,5  | 17,51              | 0,666          | 78,4  | 31,80              | 0,434          | 61,2  | 16,70              |
| Άλλος τύπος ατυχήματος       | -                  | -     | -                  | 0,477          | 46,1  | 23,26              | 0,306          | 36,2  | 12,00              |
| Εκτροπή                      | 0,115              | 18,9  | 4,05               | 0,435          | 44,0  | 21,04              | 0,094          | 14,1  | 3,35               |
| Μετωπική                     | 0,123              | 21,2  | 4,27               | 0,350          | 39,8  | 16,30              | 0,133          | 19,8  | 4,79               |
| Νωτομετωπική Σύγκρουση       | 0,137              | 23,1  | 4,82               | 0,322          | 36,1  | 15,08              | 0,188          | 27,1  | 6,86               |
| Παράσυρση Πεζού              | 0,110              | 18,5  | 3,82               | 0,168          | 21,8  | 7,20               | 0,389          | 44,5  | 15,34              |
| Πλάγια Σύγκρουση             | 0,186              | 28,0  | 6,77               | 0,302          | 33,4  | 14,21              | 0,333          | 39,0  | 13,06              |
| Πρόσκρουση σε σταθμευμένο    | 0,183              | 29,4  | 6,53               | 0,345          | 38,3  | 16,23              | 0,232          | 31,1  | 8,76               |
| Ηλικία                       | -0,003             | -38,7 | 5,28               | -0,005         | -42,8 | 10,44              | -0,003         | -25,7 | 4,31               |
| Φύλο                         | -0,145             | -40,5 | 2,36               | -0,182         | -36,9 | 3,94               | -0,158         | -38,4 | 2,69               |
| Τουρισμός/Αναψυχή            | -                  | -     | -                  | 0,196          | 28,4  | 8,23               | -0,054         | -11,1 | 1,68               |
| Κατοικία/Εργασία             | -0,062             | -14,9 | 1,77               | -0,027         | -4,4  | 1,00               | -0,047         | -9,6  | 1,48               |
| Άλλος λόγος μετκίνησης       | 0,069              | 15,3  | 2,17               | 0,221          | 31,5  | 9,39               | -              | -     | -                  |

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΡΙΘΜΟΥ ΕΛΑΦΡΙΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΩΝ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Η μεταβλητή «φωτισμός ημέρας» έχει αρνητικό πρόσημο και παρουσιάζει τη μεγαλύτερη επιρροή (11,21) από τις μεταβλητές που αφορούν στο φωτισμό. Η επιρροή της είναι αυξημένη στο αστικό περιβάλλον.
- Αντίστοιχη επιρροή με τη μεταβλητή μέρα παρουσιάζει η μεταβλητή «επαρκής φωτισμός» που συνεπάγεται καλή ορατότητα του οδηγού.
- Η μεταβλητή «χωρίς φωτισμό» :
  - παρουσιάζει μεγαλύτερη επιρροή σε αστικό περιβάλλον.
  - έχει θετικό συντελεστή σε αστικό περιβάλλον (αύξηση αριθμού ελαφρία τραυματιών)
- Οι μεταβλητές «αμυδρός φωτισμός» και «επαρκής φωτισμός» έχουν επιρροή μεγαλύτερη κατά 1,6 και 7,1 φορές αντίστοιχα από την μεταβλητή «χωρίς φωτισμό».

# ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ – ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΛΑΦΡΙΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΩΝ





## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Ο αριθμός των ελαφριά τραυματιών είναι υψηλότερος τις νυχτερινές ώρες, ενώ μειώνεται όσο αυξάνει η ηλικία των οδηγών.
- Ο αριθμός των ελαφριά τραυματιών μειώνεται πιο απότομα τη νύχτα σε σχέση με τη μέρα, όσο αυξάνει η ηλικία. Βέβαια η επικινδυνότητα των ηλικιωμένων οδηγών πρέπει να διερευνηθεί με βάση και την κυκλοφορία τους κατά τη νύχτα.
- Όμοια κλίση των καμπυλών που αφορούν σε καταστάσεις νυχτερινού φωτισμού.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (1/2)

- Η μακροσκοπική ανάλυση της επιρροής του οδικού φωτισμού στον αριθμό των νεκρών, των βαριά τραυματιών και των ελαφριά τραυματιών πραγματοποιείται για πρώτη φορά στην Ελλάδα
- Η απουσία οδικού φωτισμού τις νυχτερινές ώρες αυξάνει τον αριθμό των νεκρών (σύμφωνα και με τη διεθνή βιβλιογραφία). Η αύξηση αυτή παρατηρείται ότι είναι μεγαλύτερη στις κατοικημένες περιοχές.
- Η επιρροή της απουσίας φωτισμού και της ύπαρξης αμυδρού φωτισμού σχετίζεται με τη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Η επιρροή αυτών των μεταβλητών μειώνεται, όσο μειώνεται η σοβαρότητα των ατυχημάτων.
- Οι μεταβλητές «φωτισμός ημέρας» και «επαρκής φωτισμός» παρουσιάζουν τη μικρότερη επιρροή από τις μεταβλητές που σχετίζονται με τον οδικό φωτισμό στα μοντέλα που αφορούν στον αριθμό των νεκρών και αντίστοιχα την μεγαλύτερη επιρροή στα μοντέλα που αφορούν στους ελαφριά τραυματίες.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (2/2)

- Η επιρροή του οδικού φωτισμού είναι μεγαλύτερη στον αριθμό των νεκρών και στον αριθμό των τραυματιών για τα ατυχήματα που συνέβησαν εντός κατοικημένης περιοχής.
- Η μεταβλητή «φύλο» δεν φάνηκε να επηρεάζει τον αριθμό των νεκρών, των βαριά τραυματιών και των ελαφριά τραυματιών.
- Η ανάλυση των στοιχείων με τη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση αποδείχθηκε κατάλληλη και οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών μοντέλων συσχέτισης των εξαρτημένων με τις ανεξάρτητες μεταβλητές.
- Υπό προϋποθέσεις, μπορεί να καταστεί δυνατή η γενίκευση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας, ώστε να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα σε άλλες περιοχές και σε άλλα κράτη.



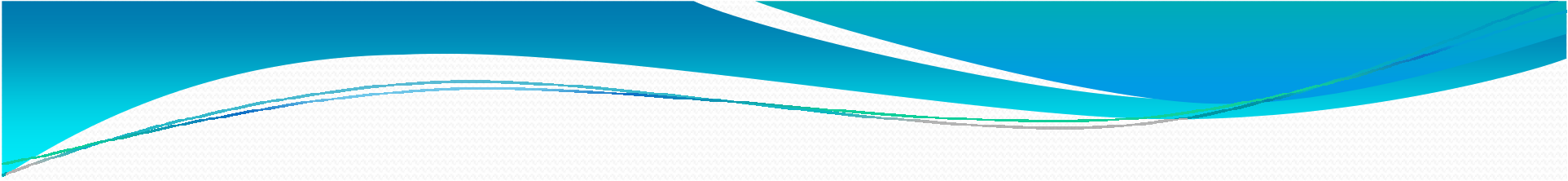
## ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

- Εγκατάσταση οδικού φωτισμού στο οδικό δίκτυο των κατοικημένων περιοχών.
- Βελτίωση του επιπέδου του οδικού φωτισμού σε ισόπεδους και ανισόπεδους κόμβους, όπου απαιτούνται πολύπλοκοι χειρισμοί, λόγω της μεγάλης επιρροής που παρατηρήθηκε στα ατυχήματα με παράσυρση πεζών τόσο σε αστικές όσο και σε υπεραστικές περιοχές.
- Συστηματικός έλεγχος και συντήρηση του οδικού φωτισμού από τις αρμόδιες υπηρεσίες, για την τήρηση των τεχνικών προδιαγραφών φωτισμού και της καλής λειτουργίας του.



## ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

- Να συμπεριληφθούν στη μελέτη και άλλες παράμετροι, όπως κυκλοφοριακοί φόρτοι, που ενδεχομένως θα οδηγούσαν σε καλύτερη εξήγηση της επιρροής των διαφόρων παραμέτρων.
- Μελέτη της επιρροής του οδικού φωτισμού με πειραματικές μεθόδους (μέθοδος «πριν και μετά») αλλά και με άλλες μεθόδους στατιστικής ανάλυσης.
- Μελέτη της επιρροής του οδικού φωτισμού για συγκεκριμένες συνθήκες κυκλοφορίας και υπό την επίδραση συγκεκριμένων καιρικών συνθηκών (π.χ. βροχή σε υπεραστικό οδικό περιβάλλον).



**Σας ευχαριστώ πολύ για την  
προσοχή σας!**



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

# **ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ**

**Νικόλαος Μιτζάλης**

**Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ**