

# ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Γιώργος Γιαννής, Επικ. Καθηγητής ΕΜΠ, geyannis@central.ntua.gr  
Ματθαίος Καρλαύτης, Επικ. Καθηγητής ΕΜΠ, mgk@central.ntua.gr  
Δημήτρης Μπιλιώνης, Σπουδαστής Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, jimbilion@yahoo.gr

Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής ΕΜΠ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η συσχέτιση του αριθμού των οδικών ατυχημάτων και των βασικών μετεωρολογικών συνθηκών όπως το ύψος βροχόπτωσης και θερμοκρασία. Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκαν αναλυτικά ημερήσια στοιχεία για τον αριθμό των ατυχημάτων και των νεκρών και τραυματιών από τη βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ για το Λεκανοπέδιο της Πρωτεύουσας, καθώς και τα αντίστοιχα αναλυτικά ημερήσια στοιχεία για το ύψος βροχόπτωσης και τη μέση ημερήσια θερμοκρασία από τη βάση δεδομένων της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας. Για την ανάλυση των χρονοσειρών αναπτύχθηκε σύστημα μοντέλων τύπου SURE (Seemingly Unrelated Regression Equations) με ταυτόχρονη διόρθωση του σφάλματος για σειριακή αυτοσυσχέτιση πρώτου βαθμού. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η πτώση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση του πλήθους των ατυχημάτων ενώ αύξηση της βροχόπτωσης προκαλεί μείωση του αριθμού των ατυχημάτων αλλά και των νεκρών σε αυτά. Επίσης, από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι σημαντική επιρροή στον αριθμό των ατυχημάτων έχουν η θερμοκρασία και η μέση βροχόπτωση της προηγούμενης ημέρας (μεταβλητές με χρονική υστέρηση), ενώ το φαινόμενο της επιρροής των καιρικών συνθηκών στα οδικά ατυχήματα παρουσιάζει και έντονα στοιχεία μη-γραμμικότητας.

**Λέξεις - κλειδιά:** οδικά ατυχήματα, μετεωρολογικές συνθήκες, μοντέλα SURE

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Οι καιρικές συνθήκες όπως η θερμοκρασία και η βροχόπτωση σχετίζονται με την οδική ασφάλεια, κυρίως μέσω της επιρροής τους τόσο στον κυκλοφοριακό φόρτο όσο και στη συμπεριφορά των οδηγών. Η αλληλεπίδραση των καιρικών συνθηκών και των επιπτώσεων άλλων παραγόντων οδικής ασφάλειας, συμπεριλαμβανομένων του τύπου της οδού, του οδηγού, του οχήματος και των επεμβάσεων στη συχνότητα των οδικών ατυχημάτων είναι ένα σύνθετο φαινόμενο το οποίο προσελκύει όλο και περισσότερη προσοχή από τους ερευνητές. Ο Stipdonk (2008) επισημαίνει ότι οι καιρικές επιπτώσεις πρέπει να ελεγχθούν σε οποιαδήποτε ανάλυση πολλαπλών μεταβλητών (multivariate) με σκοπό να εξηγηθούν πληρέστερα οι αλλαγές στην οδική ασφάλεια. Οι Koetse και Rietveld (2009) επιπλέον δίνουν έμφαση σ' αυτήν την ανάγκη μέσα στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής. Διάφορες μελέτες

περιλαμβάνουν ή εστιάζονται στην επιρροή των καιρικών συνθηκών στη συχνότητα και στη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων (Eisenberg 2004).

Τα στοιχεία των καιρικών συνθηκών που επικρατούσαν κατά τη στιγμή του ατυχήματος καταγράφονται στο δελτίο του ατυχήματος. Σε διάφορες έρευνες οι καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια του ατυχήματος συνδέονται με τις συνέπειες του ατυχήματος συνήθως μέσω των δεικτών επικινδυνότητας, χρησιμοποιώντας μια ομάδα ελέγχου (Ivey et al. 1981; Majdzadeh et al. 2008), και τα αποτελέσματα δείχνουν αυξημένη επικινδυνότητα σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες.

Επιπροσθέτως, συνεχείς χρονοσειρές μετεωρολογικών στοιχείων συγκεντρώνονται με τη βοήθεια μόνιμων και κατάλληλα εγκατεστημένων σταθμών μέτρησης, οι οποίοι επιτρέπουν την καταγραφή τόσο συνολικών όσο και εποχιακών αποτελεσμάτων. Αυτές οι μελέτες ποικίλλουν από ετήσιες έως ημερήσιες αναλύσεις και από εθνικό έως τοπικό επίπεδο και χρησιμοποιούν από γενικευμένες τεχνικές γραμμικών μοντέλων (π.χ. οικογένεια μοντέλων Poisson) έως προηγμένες τεχνικές ειδικές για ανάλυση χρονοσειρών στοιχείων. Επιπλέον, συχνά ελέγχονται διάφορες επιπρόσθετες μεταβλητές, όπως η έκθεση στο κίνδυνο (οχηματο-χιλιόμετρα, κλπ.), ο σχεδιασμός της οδού, δημογραφικά στοιχεία και οι επεμβάσεις (Eisenberg 2004).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, οι υψηλότερες θερμοκρασίες εμφανίζονται να έχουν μια μειωμένη επιρροή στη συχνότητα και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων, τόσο σε ημερήσια όσο και σε εβδομαδιαία και μηνιαία βάση (Scott, 1986; Brijs et al. 2008), ενώ οι ώρες ηλιοφάνειας εμφανίζονται να οδηγούν σε αύξηση των ατυχημάτων (Hermans et al. 2006; Brijs et al. 2008). Επιπλέον, όταν ο μηνιαίος αριθμός των ημερών με θερμοκρασία υπό το μηδέν αυξάνεται, τότε τα οδικά ατυχήματα μειώνονται (Hermans et al. 2006; Stipdonk 2008) πιθανώς λόγω της μειωμένης έκθεσης στο κίνδυνο.

Σε ότι αφορά στην επιρροή της βροχόπτωσης διαπιστώθηκε ότι η αυξανόμενη καθημερινή, μηνιαία ή ακόμη και ετήσια βροχόπτωση σε εκατοστά φαίνεται να μειώνει τη συχνότητα των ατυχημάτων (Fridstrom et al. 1995; Chang and Chen 2005; Caliendo et al. 2007). Ένα παρόμοιο αποτέλεσμα λαμβάνεται κατά την εξέταση του μηνιαίου αριθμού ημερών με βροχόπτωση (Keay & Simmonds 2006; Hermans et al. 2006). Επιπλέον, συχνά εξετάζεται η επιρροή της βροχόπτωσης με χρονική υστέρηση. Ο Eisenberg (2004) έδειξε ότι η επιρροή της βροχόπτωσης μιας δεδομένης ημέρας είναι μειωμένος όταν παρατηρήθηκε βροχόπτωση τις προηγούμενες ημέρες.

Γενικά, τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών είναι, σε μεγάλο βαθμό, όμοια σε ότι αφορά στην επιρροή της βροχόπτωσης, αλλά λιγότερο όμοια σε ότι αφορά στην επιρροή της θερμοκρασίας.

Με βάση τα παραπάνω, στόχος της εργασίας αυτής είναι η συσχέτιση του αριθμού των οδικών ατυχημάτων και των βασικών μετεωρολογικών συνθηκών όπως το ύψος βροχόπτωσης και θερμοκρασία ανά ημέρα αξιοποιώντας τα σχετικά στοιχεία για το Λεκανοπέδιο της Αθήνας.

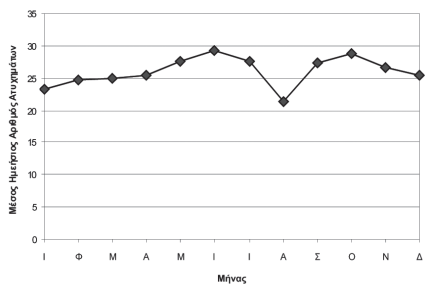
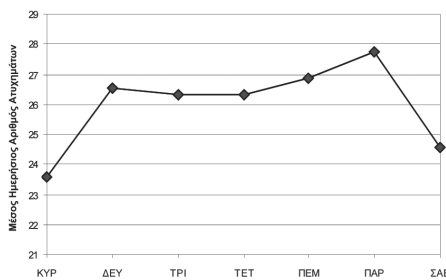
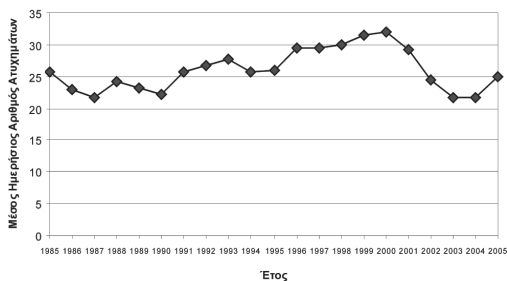
## 2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### 2.1 Τα Στοιχεία

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν αναλυτικά ημερήσια στοιχεία για τον αριθμό των ατυχημάτων, των νεκρών και των τραυματιών, καθώς και της μέσης θερμοκρασίας και του ύψους βροχόπτωσης για το Λεκανοπέδιο της Πρωτεύουσας (κατά την εικοσαετία 1985-2005), από τη βάση δεδομένων του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του ΕΜΠ. Τα στοιχεία αυτά προέρχονται από τα αρχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδας (ΕΣΥΕ), όσον αφορά στα ατυχήματα, και του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, όσον αφορά στη μέση θερμοκρασία και στο ύψος βροχόπτωσης.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η εικόνα του μέσου ημερήσιου αριθμού των ατυχημάτων ανάλογα με την ημέρα, το μήνα και το έτος, όπως προέκυψε μετά από περιγραφική στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

Σχήμα 1. Μέσος Ημερήσιος Αριθμός Ατυχημάτων ανάλογα με ημέρα, μήνα, έτος



Όπως παρατηρείται από τα παραπάνω διαγράμματα στον αριθμό των ημερήσιων ατυχημάτων ενδέχεται να παίζει ρόλο η ημέρα της εβδομάδας και ο μήνας. Πιο συγκεκριμένα, ο μεγαλύτερος αριθμός ατυχημάτων εμφανίζεται τις καθημερινές με αιχμή τις Παρασκευές. Επίσης το μήνα Αύγουστο παρατηρείται μείωση του αριθμού των ατυχημάτων, προφανώς λόγω των καλοκαιρινών διακοπών. Τέλος, παρά τη φθίνουσα πορεία των πρώτων ετών της τρέχουσας δεκαετίας (2000 και έπειτα), παρουσιάζεται αύξηση των ατυχημάτων το 2005.

## 2.2 Μεθοδολογία

Κατά την ανάλυση των χρονοσειρών ατυχημάτων και μετεωρολογικών συνθηκών αναπτύχθηκαν στατιστικά πρότυπα παλινδρόμησης. Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε σύστημα μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης τύπου SURE (Seemingly Unrelated Regression Equations) με ταυτόχρονη διόρθωση του σφάλματος για σειριακή αυτοσυσχέτιση πρώτου βαθμού.

Η γνωστή, και ευρέως χρησιμοποιούμενη, γραμμική παλινδρόμηση υπολογίζεται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων (OLS). Όταν όμως υπάρχει ένα μοντέλο με πολλές εξισώσεις (σύστημα), τα ελάχιστα τετράγωνα επιλύουν μια εξίσωση κάθε φορά, παραγνωρίζοντας τις πιθανές ιδιαιτερότητες του συστήματος. Η μέθοδος των φαινομενικά ασυσχέτιστων εξισώσεων (Seemingly Unrelated Regression Estimation – SURE) είναι μια τεχνική αυτού του υπολογισμού, με βάση την οποία οι πολλαπλές εξισώσεις ενός συστήματος συνδυάζονται για να γίνουν οι νέοι υπολογισμοί. Οι νέες παράμετροι που προκύπτουν είναι αποτελεσματικές (efficient) και συνεπείς (consistent) και ενδέχεται να διαφέρουν από εκείνες που υπολογίζονται από τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων αν οι συσχετίσεις είναι στατιστικά σημαντικές.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι φαινομενικά ασυσχέτιστες εξισώσεις χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που υπάρχει ταυτόχρονη (simultaneous) συσχέτιση ανάμεσα στους όρους σφάλματος δύο ή περισσότερων εξισώσεων. Στις περιπτώσεις αυτές, τα σφάλματα ενδέχεται να αντανακλούν κάποιο κοινό παράγοντα που είτε δεν είναι μετρήσιμος είτε παραλείπεται (ο κυκλοφοριακός φόρτος στην περίπτωση της παρούσας εργασίας), με αποτέλεσμα να συσχετίζονται μεταξύ τους. Η ταυτόχρονη συσχέτιση αυτή είναι πιθανή όταν υπολογίζονται εξισώσεις παρόμοιων εξαρτημένων μεταβλητών (ατυχημάτων και νεκρών για παράδειγμα) με δεδομένα χρονοσειρών. Στην περίπτωση αυτή, οι εξισώσεις μπορούν να εκτιμηθούν από κοινού ώστε οι παράμετροι που θα προκύψουν να είναι πιο αποτελεσματικές (Washington et al. 2003).

## 3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

---

Η διαδικασία ανάπτυξης του μαθηματικού μοντέλου περιελάμβανε μία σειρά από δοκιμές διαφόρων μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης με απώτερο σκοπό την κατάστρωση ενός συστήματος τεσσάρων γραμμικών εξισώσεων το οποίο να περιγράφει και να ποσοτικοποιεί σε αποδεκτό επίπεδο εμπιστοσύνης την επιρροή της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας και του μέσου ημερήσιου ύψους βροχόπτωσης στον αριθμό των οδικών ατυχημάτων, των θανατηφόρων ατυχημάτων καθώς και των νεκρών και τραυματιών πεζών.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων είναι:

- ⇒ ως Εξαρτημένες μεταβλητές (Y):
- ο αριθμός των ατυχημάτων (ACCIDENT)
  - ο αριθμός των θανατηφόρων ατυχημάτων (FATALITI)
  - ο αριθμός των νεκρών πεζών (KILLEDPE)
  - ο αριθμός των τραυματιών πεζών (INJUREDPE)

⇒ ως Ανεξάρτητες μεταβλητές (X):

- η μέση ημερήσια θερμοκρασία (MEANTEMP)
- η μέση ημερήσια θερμοκρασία της προηγούμενης ημέρας (MEANTEMP\_1)
- το μέσο ύψος βροχόπτωσης (TOTALPRE)
- το μέσο ύψος βροχόπτωσης της προηγούμενης ημέρας (TOTALPRE\_1)

Επίσης, για να ληφθεί υπόψη και η επιρροή των ημερών, των μηνών και των ετών, χρησιμοποιήθηκαν και ψευδομεταβλητές (Dummies) ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Έτσι με το πέρας της διαδικασίας προέκυψε ένα σύστημα εξισώσεων της εξής μορφής:

$$Y_i = \text{Constant} + b_{1i} * \text{MEANTEMP}_i + b_{2i} * \text{MEANTEMP\_1}_i + b_{3i} * \text{TOTALPRE}_i + b_{4i} * \text{TOTALPRE\_1}_i + (\text{dummies for years}) + (\text{dummies for months}) + (\text{dummies for days}) + \varepsilon_i(\text{error})$$

Ως κριτήρια για την επιλογή του τελικού μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν ο συντελεστής καλής προσαρμογής του μοντέλου  $R^2$  καθώς και η στατιστική αξιοπιστία κάθε μεταβλητής που αξιολογείται μέσω του ελέγχου t-test (κριτήριο t της κατανομής Student). Αναλυτικότερα, αποδεκτή είναι μία ανεξάρτητη μεταβλητή όταν για αυτήν ισχύει  $|t_{\text{μεταβλητής}}| > |t^*|$ , όπου  $t^* = 1,645$  για επίπεδο εμπιστοσύνης 0,95 και άπειρους βαθμούς ελευθερίας. Τέλος, ο συντελεστής προσαρμογής  $R^2$  επιδιώκεται να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερος.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας για εξαρτημένη μεταβλητή των αριθμό των ατυχημάτων (μεταβλητή ACCIDENT).

*Πίνακας 1. Αποτελέσματα για εξαρτημένη μεταβλητή ACCIDENT*

	Τιμή Συντελεστή	Τιμή t
Constant	21,33585	54,03
MEANTEMP	0,07962	3,60
MEANTEMP_1	0,12618	8,67
TOTALPRE	-0,14017	-9,84
TOTALPRE_1	-0,11845	-8,77
Dummies for years	√	√
Dummies for months	√	√
Dummies for days	√	√

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι όλες οι μεταβλητές είναι στατιστικά σημαντικές για επίπεδο εμπιστοσύνης 0,95. Επίσης, φαίνεται πως η αύξηση της θερμοκρασίας τόσο στην ίδια όσο και στην προηγούμενη ημέρα οδηγεί σε αύξηση των ατυχημάτων. Αντίθετα, η σχέση μεταξύ του αριθμού των ατυχημάτων και του ύψους βροχόπτωσης είναι αρνητική, δηλαδή η βροχόπτωση προκαλεί μείωση του αριθμού των ατυχημάτων. Η σχέση της βροχόπτωσης ισχύει, όπως και στην περίπτωση της θερμοκρασίας, τόσο για την ίδια

όσο και για την προηγούμενη ημέρα. Έχει ενδιαφέρον να τονιστεί ότι τα αποτελέσματα αυτά είναι συμβατά με προηγούμενες έρευνες όπως, για παράδειγμα, Fridstrom et al. (1995), Chang and Chen (2005), Caliendo et al. (2007). Το σύμβολο  $\checkmark$  υποδεικνύει ότι ελήφθησαν υπόψη και οι αντίστοιχες ψευδομεταβλητές που αναφέρθηκαν παραπάνω. Ο συντελεστής προσαρμογής  $R^2$  ήταν ίσος με 0,310.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας για εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των θανατηφόρων ατυχημάτων (μεταβλητή FATALITI).

*Πίνακας 2. Αποτελέσματα για εξαρτημένη μεταβλητή FATALITI*

	Τιμή Συντελεστή	Τιμή t
Constant	1,11585	24,93
MEANTEMP	-	-
MEANTEMP_1	0,00436	2,81
TOTALPRE	-0,00572	-2,19
TOTALPRE_1	-0,00516	-3,30
Dummies for years	$\checkmark$	$\checkmark$
Dummies for months	$\checkmark$	$\checkmark$
Dummies for days	$\checkmark$	$\checkmark$

Στην περίπτωση αυτή παρατηρείται ότι η μεταβλητή που σχετίζεται με τη θερμοκρασία δεν είναι στατιστικά σημαντική, καταδικνύοντας ότι η θερμοκρασία δεν επηρεάζει τον αριθμό των ημερήσιων θανατηφόρων ατυχημάτων. Επίσης και εδώ παρατηρείται αρνητική επιρροή της βροχόπτωσης στον αριθμό των θανατηφόρων ατυχημάτων. Ο συντελεστής προσαρμογής  $R^2$  ήταν ίσος με 0,270.

Στους Πίνακες 3 και 4 παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές για τα μεγέθη που αφορούν στους πεζούς. Δηλαδή για τα μεγέθη που αφορούν στον αριθμό των νεκρών πεζών (μεταβλητή KILLEDPE) και στον αριθμό των τραυματιών πεζών (μεταβλητή INJUREDP).

*Πίνακας 3. Αποτελέσματα για εξαρτημένη μεταβλητή KILLEDPE*

	Τιμή Συντελεστή	Τιμή t
Constant	0,33398	18,04
MEANTEMP	-	-
MEANTEMP_1	-	-
TOTALPRE	-0,00248	-1,85
TOTALPRE_1	-	-
Dummies for years	$\checkmark$	$\checkmark$
Dummies for months	$\checkmark$	$\checkmark$
Dummies for days	$\checkmark$	$\checkmark$

Πίνακας 4. Αποτελέσματα για εξαρτημένη μεταβλητή INJURED<sub>P</sub>

	Τιμή Συντελεστή	Τιμή t
Constant	3,69999	21,13
MEANTEMP	0,02791	2,57
MEANTEMP_1	0,02544	4,11
TOTALPRE	-0,02223	-3,72
TOTALPRE_1	-0,01976	-3,44
Dummies for years	√	√
Dummies for months	√	√
Dummies for days	√	√

Εξάγεται λοιπόν ότι για μεν τον αριθμό των νεκρών πεζών η μόνη στατιστικά 'αξιόπιστη' μεταβλητή είναι αυτή του συνολικού (ημερήσιου) ύψους βροχόπτωσης. Μάλιστα, για τη μεταβλητή αυτή παρατηρείται αρνητικό πρόσημο συντελεστή. Για δε τον αριθμό των τραυματιών πεζών όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι στατιστικά αποδεκτές, με θετική την επιρροή των μεταβλητών της θερμοκρασίας και αρνητική εκείνων της βροχόπτωσης. Τα αποτελέσματα αυτά, για τα ατυχήματα των πεζών, δείχνουν παρόμοια ποιοτικά χαρακτηριστικά με εκείνα των ατυχημάτων των αυτοκινήτων. Ο συντελεστής προσαρμογής  $R^2$  ήταν ίσος με 0,160 και 0,184 αντίστοιχα.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε ανάλυση χρονοσειρών στοιχείων χρησιμοποιώντας ειδικό σύστημα μοντέλων τύπου SURE (Seemingly Unrelated Regression Equations) με ταυτόχρονη διόρθωση του σφάλματος για σειριακή αυτοσυσχέτιση πρώτου βαθμού με στόχο τον προσδιορισμό της συσχέτισης του αριθμού των οδικών ατυχημάτων και των βασικών μετεωρολογικών συνθηκών όπως το ύψος βροχόπτωσης και η θερμοκρασία. Χρησιμοποιήθηκαν αναλυτικά ημερήσια στοιχεία για τον αριθμό των ατυχημάτων και των νεκρών και τραυματιών από τη βάση δεδομένων της ΕΣΥΕ για το Λεκανοπέδιο της Πρωτεύουσας, καθώς και τα αντίστοιχα αναλυτικά ημερήσια στοιχεία για το ύψος βροχόπτωσης και τη μέση θερμοκρασία από τη βάση δεδομένων της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας.

Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η πτώση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση του πλήθους των ατυχημάτων και η βροχόπτωση προκαλεί μείωση του αριθμού των ατυχημάτων αλλά και των νεκρών σε αυτά. Επίσης, από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι σημαντική επιρροή στον αριθμό των ατυχημάτων έχουν η θερμοκρασία και η μέση βροχόπτωση της προηγούμενης ημέρας (μεταβλητές με χρονική υστέρηση), ενώ το φαινόμενο της επιρροής των καιρικών συνθηκών στα οδικά ατυχήματα παρουσιάζει και έντονα στοιχεία μη γραμμικότητας.

Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής μπορεί να φανούν χρήσιμα για την λήψη μέτρων βελτίωσης της οδικής ασφάλειας που θα λαμβάνουν υπόψη την επιρροή των μετεωρο-

λογικών συνθηκών, όπως ο καθορισμός μεταβλητών ορίων ταχύτητας και η εντατικοποίηση της αστυνόμευσης ανάλογα τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες, καθώς και οι εκστρατείες ενημέρωσης για τη σωστή οδήγηση στη βροχή ή σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

---

1. Brijs T.; Karlis D.; Wets G. (2008). Studying the effect of weather conditions on daily crash counts using a discrete time-series model. *Accident Analysis and Prevention* 40, 1180-1190.
2. Caliendo C.; Guida M.; Parisi A. (2007). A crash-prediction model for multilane roads. *Accident Analysis and Prevention* 39, 657-670.
3. Chang L.Y.; Chen W.C. (2005). Data mining of tree-based models to analyze freeway accident frequency. *Journal of Safety Research* 36, 365-375.
4. developments in Europe. Deliverable D7.10 of the EU FP6 project SafetyNet. Available on-line at: [http://www.erso.eu/safetynet/fixe/WP7/SN\\_D7.10\\_final.pdf](http://www.erso.eu/safetynet/fixe/WP7/SN_D7.10_final.pdf)
5. Eisenberg D. (2004). The mixed effects of precipitation on traffic crashes. *Accident Analysis and Prevention* 36, 637-647.
6. Fridstrøm L.; Ifver J.; Ingebrigtsen S.; Kulmala R.; Thomsen L.K. (1995). Measuring The Contribution Of Randomness, Exposure, Weather, And Daylight To The Variation In Road Accident Counts. *Accident Analysis & Prevention* 27 (1), 1-20.
7. Hermans E.; Wets G.; Van Den Bossche F. (2006). Frequency and Severity of Belgian Road Traffic Accidents Studied by State Space Methods. *Journal of Transportation and Statistics* 9 (1), 63-76.
8. Ivey D.L.; Griffin L.; Newton T.M.; Lytton R.; Hankin K.C. (1981). Predicting Wet Weather Accidents. *Accident Analysis And Prevention* 13, 83-99.
9. Keay K.; Simmonds I. (2006). Road accidents and rainfall in a large Australian city. *Accident Analysis and Prevention* 38, 445-454.
10. Koetse M.J., Rietveld P. (2009). The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings. Article in press, *Transportation Research Part D*.
11. Majdzadeh R. Khalagi K.; Naraghi K.; Motevalian A.; Eshraghian M.R. (2008). Determinants of traffic injuries in drivers and motorcyclists involved in an accident. *Accident Analysis and Prevention* 40, 17-23.
12. Scott P. P. (1986). Modelling Time-Series Of British Road Accident Data. *Accident Analysis & Prevention* 18 (2), 109-117.
13. Stipdonk, H.L. (Ed.) (2008). Time series applications on road safety
14. Washington, S.P., Karlaftis, M.G., Mannering, F.L. (2003). *Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis*, Chapman and Hall/ CRC Press, Boca Raton, FL.