

ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΓΙΩΡΓΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

ANNA ΤΣΟΥΜΑΝΗ

Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, MSc

Περίληψη

Σκοπός της έρευνας είναι η διερεύνηση της συσχέτισης βασικών μακροσκοπικών παραμέτρων οδικής ασφάλειας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε ανάλυση χρονοσειρών στοιχείων δημογραφικών, κυκλοφοριακών και ατυχημάτων για τα 25 κράτη-μέλη της Ε.Ε για τη χρονική περίοδο 1970-2003. Αναπτύχθηκαν γραμμικά και μη γραμμικά πρότυπα παλινδρόμησης, από τα οποία προέκυψε και ποσοτικοποιήθηκε η επιρροή κάθε μεταβλητής στον αριθμό και τους δείκτες των οδικών ατυχημάτων. Τα αποτελέσματα οδηγούν σε δύο βασικά συμπεράσματα. Πρώτον ότι ο λόγος του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των οχημάτων μειώνεται με την αύξηση του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό και δεύτερον ότι η καμπύλη της διαχρονικής εξέλιξης των θανάτων στα οδικά ατυχήματα παρουσιάζει διαφορετική κλίση, καταρχήν αύξουσα, στη συνέχεια σταθερή και τελικώς φθίνουσα ανάλογα με την τιμή του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα οδικά ατυχήματα αποτελούν ένα μείζον παγκόσμιο κοινωνικό πρόβλημα, αυτό που στην πρόσφατη Γενική Συνέλευση του Οργανισμού των Ηνωμένων Εθνών αποκάλεσαν «Παγκόσμια Κρίση Οδικής Ασφάλειας». Κάθε χρόνο παγκοσμίως βρίσκουν τον θάνατο στα τροχαία ατυχήματα περισσότεροι από 1.300.000 άνθρωποι, περισσότεροι, δηλαδή, από κάθε σύγχρονη πολεμική σύρραξη και τόσο ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ), όσο και ο Οργανισμός για την Οικονομική Συνεργασία και Ανάπτυξη (ΟΟΣΑ) θέτουν ως βασική προτεραιότητα της πολιτικής μεταφορών τη συστηματική προσπάθεια για τη μείωση των οδικών ατυχημάτων και των θυμάτων τους [9].

Η μελέτη των ατυχημάτων σε εθνική ή περιφερειακή κλίμακα περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τη μακροσκοπική εξέταση της χρονικής εξέλιξης των ατυχημάτων σε μια χώρα ή σε μεγάλες γεωγραφικές υποδιαίρεσεις της με στόχο αφενός να επισημανθούν και να εξηγηθούν οι διαφορές μεταξύ χωρών και περιοχών και αφετέρου να επιχειρηθεί η διατύπωση προτύπων πρόβλεψης [23].

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών έχουν πραγματοποιηθεί σε χώρες της Ε.Ε. και παγκοσμίως έρευνες με αντικείμενο τον εντοπισμό των κοινωνικών, οικονομικών ή σχετικών με το οδικό δίκτυο και τους χρήστες του παραγόντων με επιρροή στο επίπεδο οδικής ασφάλειας μιας ξεταξόμενης περιοχής [3][4][7][8].

Μία από τις παλαιότερες έρευνες είναι εκείνη του καθη-

γητή Smeed R.J. [15] με τη χρήση στατιστικών θανάτων από οδικά ατυχήματα, πληθυσμό και αριθμό κυκλοφορούντων οχημάτων από 20 χώρες για το έτος 1938 από την οποία προέκυψε ένα εκθετικό πρότυπο σύγκρισης σε εθνική κλίμακα $\{F=0.0003*(V*P^2)^{1/3}\}$ [1]. Πρότυπα βασισμένα στο αρχικό πρότυπο του Smeed R.J. αναπτύχθηκαν και στην Ελλάδα από ερευνητές του ΑΠΘ [14] και του ΕΜΠ [17]. Στην έρευνα αυτή χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα θανάτων από οδικά ατυχήματα πληθυσμού και οχημάτων από ευρωπαϊκές χώρες για την περίοδο 1970-2003 για την ανάπτυξη μη γραμμικών προτύπων πρόβλεψης του αριθμού των οδικών ατυχημάτων. Βάσει των προτύπων αυτών καθορίζεται το επίπεδο οδικής ασφάλειας της κάθε χώρας, αλλά και οι στόχοι και οι δράσεις των στρατηγικών σχεδίων [19] [22].

Μία ακόμα έρευνα πραγματοποιήθηκε στην Ελλάδα από τους Β. Προφυλλίδη και Γ. Μποτζώρη (2005), με σκοπό την αιτιοκρατική συσχέτιση ανάμεσα στις συνέπειες της οδικής ασφάλειας και στο επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης μιας χώρας χρησιμοποιώντας ως μέτρο του επιπέδου ανάπτυξης το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ). Συμπέρασμα της έρευνας αυτής είναι ότι οι συνέπειες των τροχαίων ατυχημάτων σε διάφορες χώρες είναι αντιστρόφως ανάλογες προς το επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης μιας χώρας [21].

Το 1991 ο J. Broughton χρησιμοποιώντας εθνικά στοιχεία της Μεγάλης Βρετανίας έδειξε τη θετική επίδραση της υποχρεωτικής χρήσης ζώνης ασφαλείας χρησιμοποιώντας ένα λογαριθμικό πρότυπο $(\text{Log}(F/V) = a + b*y + s)$ με το οποίο υπήρξε η δυνατότητα πρόβλεψης στοιχείων ατυχημάτων έως το έτος 2005 [5]. Ένα πρότυπο για την επιτυχή πρόβλεψη και τον έλεγχο της εξέλιξης του αριθμού των θανάτων από οδικά ατυχήματα αναπτύχθηκε από τον Brude U. (1994) για τη Σουηδία. Το πρότυπο αυτό είναι εκθετικής μορφής $(F=0.2091*0.9562^y *t^{1.851})$, έχει εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των θανάτων και ανεξάρτητες μεταβλητές τον χρόνο και τον κυκλοφοριακό φόρτο και βάσει αυτού αποδεικνύεται ότι ο κίνδυνος θανάτου έχει μια αναλογική σχέση με τον κυκλοφοριακό φόρτο [6].

Με σκοπό τη σύγκριση των επιπέδων οδικής ασφάλειας και των τάσεων εξέλιξης αυτής σε χώρες του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) την περίοδο 1980-1994, ο Page Y. (2000) ανέπτυξε ένα εκθετικό πρότυπο $(F_{it} = e^{b_0} \prod X_{jit}^{b_j} e^{u_{it}})$. Το πρότυπο αυτό χρησιμεύει σε ταξινόμηση των κρατών, παρέχοντάς τους δείκτες και δίνει τη δυνατότητα στα κράτη να κάνουν συγκρίσεις μεταξύ τους [13]. Άλλες έρευνες που αφορούσαν στις χώρες της Ευ-

ρωπαϊκής Ένωσης [12] και του ΟΟΣΑ [11], πραγματοποιήθηκε από τον Koornstra M. (2002). Στις έρευνες αυτές συσχετίζεται το ΑΕΠ συγκεκριμένων χωρών με τους καταγεγραμμένους σε αυτές θανάτους και τραυματισμούς από οδικά ατυχήματα με τη χρήση εκθετικών μοντέλων με ανεξάρτητη μεταβλητή το κατά κεφαλήν ΑΕΠ και εξαρτημένη τον αριθμό είτε των θανάτων είτε των τραυματιών.

Οι μεθοδολογίες ανάλυσης, που χρησιμοποιούνται στις έρευνες αυτές, παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία. Γίνεται χρήση τόσο γραμμικών, όσο και μη γραμμικών προτύπων παλινδρόμησης, καθώς και οικονομετρικές μέθοδοι [11]. Ένα πρότυπο ανάλυσης, το οποίο χρησιμοποιήθηκε, είναι το πρότυπο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Το πρότυπο αυτό, όμως, δεν περιγράφει τη φύση του προβλήματος με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Καταλληλότερα θεωρούνται τα πρότυπα Poisson (λογαριθμικής παλινδρόμησης) και αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης, τα οποία περιγράφουν με καλύτερο τρόπο την τυχαία, διακριτή και μη αρνητική φύση του προβλήματος [2].

Πιο πρόσφατες μελέτες έχουν βασιστεί σε μεθοδολογίες ανεξάρτητες της διακύμανσης των δεδομένων των ατυχημάτων. Τέτοιες μεθοδολογίες περιλαμβάνουν δέντρα αποφάσεων και τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης, όπως τα νευρωτικά δίκτυα. Οι μεθοδολογίες αυτές δεν απαιτούν προκαθορισμένες σχέσεις μεταξύ ανεξάρτητης και εξαρτημένης μεταβλητής και για τον λόγο αυτό αποτελούν ισχυρές μεθοδολογίες ανάλυσης δεδομένων [2].

Ο στόχος της παρούσας έρευνας είναι η συσχέτιση χρονοσειρών βασικών μακροσκοπικών στοιχείων οδικής ασφάλειας σε χώρες της Ε.Ε. Για την πραγματοποίηση της έρευνας αυτής χρησιμοποιήθηκαν γραμμικά και μη γραμμικά πρότυπα. Αναλυτικότερα, έγινε προσπάθεια εξαγωγής μαθηματικών προτύπων, που να συσχετίζουν βασικές παραμέτρους, όπως ο ετήσιος αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων, ο πληθυσμός και το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) με τον αριθμό των θανάτων από οδικά ατυχήματα. Παράλληλα, επιδιώκεται να προσδιοριστεί το μέγεθος και το είδος της επιρροής κάθε παραμέτρου χωριστά στην πρόκληση των θανάτων.

Συμβολισμοί

F:	ο αριθμός των θανάτων που προκλήθηκαν σε οδικά ατυχήματα
V:	ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων
P:	ο πληθυσμός
a, b:	εκτιμώμενοι συντελεστές
s:	επίδραση της υποχρεωτικής ζώνης ασφαλείας
y:	έτος
tr:	δείκτης κυκλοφοριακού φόρτου
i:	δείκτης της χώρας
t:	δείκτης του χρόνου

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου δημιουργήθηκε καταρχήν βάση δεδομένων με στοιχεία που αφορούσαν στον

πληθυσμό, τον ετήσιο αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων, τον ετήσιο αριθμό θανάτων που προκλήθηκαν από οδικά ατυχήματα και στο ΑΕΠ των 25 κρατών-μελών της Ε.Ε. για τη χρονική περίοδο 1970-2003. Η συλλογή των παραπάνω στοιχείων έγινε με αναζήτηση σε ευρωπαϊκές και εθνικές βάσεις δεδομένων, αφού η χρήση μίας μόνο βάσης δεδομένων δεν ήταν δυνατή.

Τα στοιχεία του ετήσιου αριθμού θανάτων στα οδικά ατυχήματα προήλθαν για τη χρονική περίοδο 1970-2003 από τη βάση IRTAD (International Road Traffic and Accident Database) του ΟΟΣΑ (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης), ενώ για τη συμπλήρωσή τους χρησιμοποιήθηκε και η Ευρωπαϊκή Βάση Οδικών Ατυχημάτων, CARE (Community database on Accidents on the Roads in Europe) μετά από σχετικές προσαρμογές ομογενοποίησης. Επιπλέον, για επιμέρους ελλείψεις χρησιμοποιήθηκαν και οι εθνικές στατιστικές υπηρεσίες, ιδιαίτερα κρατών από τα νέα κράτη της Ε.Ε.

Όσον αφορά στον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων, χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων IRTAD του ΟΟΣΑ, παράλληλα με τις εθνικές στατιστικές υπηρεσίες της Κύπρου, της Τσεχίας, της Μάλτας και της Πολωνίας, αλλά και τη βάση δεδομένων του οργανισμού Eurostat για τη Σλοβενία. Τα στοιχεία του πληθυσμού της κάθε χώρας ανά έτος προήλθαν από τη βάση δεδομένων του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization-WHO) με εξαίρεση τα στοιχεία της Κύπρου και της Πολωνίας που προήλθαν από τις εθνικές στατιστικές υπηρεσίες τους. Για τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων IRTAD του ΟΟΣΑ, παράλληλα με τις εθνικές στατιστικές υπηρεσίες της Κύπρου, της Τσεχίας, της Μάλτας και της Πολωνίας, αλλά και η βάση δεδομένων του οργανισμού Eurostat για τη Σλοβενία. Τέλος, τα δεδομένα του ΑΕΠ είχαν ως πηγή τη βάση δεδομένων της Eurostat της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Στη συνέχεια, για την εκπλήρωση του σκοπού της παρούσας έρευνας εξετάστηκαν αρκετοί τύποι προτύπων, όπως η γραμμική παλινδρόμηση, το πρότυπο παλινδρόμησης πολυωνυμικής μορφής, η υπερβολή και το διπλά λογαριθμικό πρότυπο. Το πρότυπο που τελικά επιλέχθηκε, ήταν η λογαριθμική παλινδρόμηση (logistic regression). Η μέθοδος αυτή οδηγεί στην ανάπτυξη ενός προτύπου, μέσω του οποίου συνδέονται δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Η σχέση που συνδέει την εξαρτημένη μεταβλητή με τις ανεξάρτητες μεταβλητές, είναι όμοια με εκείνη της γραμμικής παλινδρόμησης με τη διαφορά ότι στη λογαριθμική παλινδρόμηση μελετάται ο φυσικός λογάριθμος της εξαρτημένης μεταβλητής [24]. Η μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις φάσεις της ανάλυσης, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτήθηκε η χρήση απλούστερων μεθόδων, όπως τα πρότυπα πολλαπλής και πολυωνυμικής παλινδρόμησης.

Για την επιλογή των καταλληλότερων προτύπων ανά φάση ανάλυσης πραγματοποιήθηκε σειρά δοκιμών. Η εκτέλεση των δοκιμών αυτών πραγματοποιήθηκε σε τρεις ξεχωριστές φάσεις ανάλυσης, καθεμία από τις οποίες είχε ως στόχο τη συσχέτιση διαφορετικών μεταβλητών. Η πρώτη

φάση ανάλυσης είχε ως στόχο τη συσχέτιση του λόγου του αριθμού των θανάτων από οδικά ατυχήματα προς τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων με τον λόγο του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό της κάθε χώρας. Σε επόμενη φάση ανάλυσης επιχειρήθηκε η ανάπτυξη ενός προτύπου συσχέτισης μεταξύ του αριθμού των θανάτων σε οδικά ατυχήματα και δύο μεταβλητών, του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων και του πληθυσμού της κάθε χώρας. Στην τρίτη και τελευταία φάση πραγματοποιήθηκε συσχέτιση του λόγου του αριθμού των θανάτων σε οδικά ατυχήματα προς τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων με τον λόγο του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό και με το ΑΕΠ ανά κάτοικο δηλαδή τον λόγο του ΑΕΠ προς τον πληθυσμό. Από τις φάσεις αυτές μόνο από την τρίτη δεν ήταν δυνατή η εξαγωγή αποτελεσμάτων λόγω της ύπαρξης ισχυρής στατιστικής συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε όλες τις φάσεις με τη χρήση ειδικού στατιστικού λογισμικού, από το οποίο προέκυψαν τα πιθανά πρότυπα. Τα πρότυπα αυτά αξιολογήθηκαν ως προς την καταλληλότητά τους βάσει κυρίως δύο κριτηρίων: του συντελεστή συσχέτισης R^2 και του δείκτη t (student) [18]. Στη συνέχεια, ο έλεγχος συνεχίστηκε εξετάζοντας το μέγεθος επιρροής του σταθερού όρου, έτσι ώστε να μην υπερβαίνει την επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών. Ταυτόχρονα, εξετάστηκαν και, εάν τα αποτελέσματα του προτύπου οδηγούν σε λογικά συμπεράσματα, και, εάν μπορούσαν να ερμηνευτούν με βάση τις επικρατούσες συνθήκες και αντιλήψεις.

3. ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΕΙΚΤΗ ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Έχει, ήδη, αναφερθεί ότι η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ξεχωριστές φάσεις κατά τις οποίες συσχέτιστηκαν διαφορετικές μεταβλητές. Σε πρώτη φάση επιχειρήθηκε η συσχέτιση του λόγου του αριθμού των θανάτων από οδικά ατυχήματα προς τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων με τον λόγο του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό της κάθε χώρας. Από τα πρότυπα, που αναπτύχθηκαν, επιλέχθηκε το καταλληλότερο, βάσει της δια-

δικασίας που περιγράφηκε προηγουμένως. Το πρότυπο αυτό είναι ένα πρότυπο λογαριθμικής παλινδρόμησης με την εξής μαθηματική σχέση:

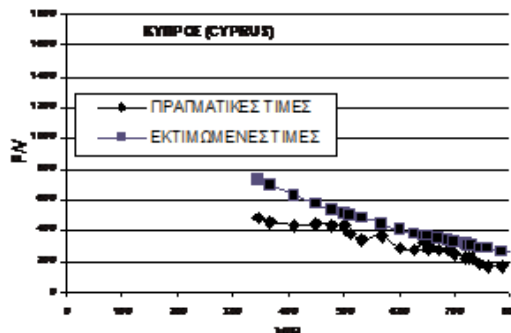
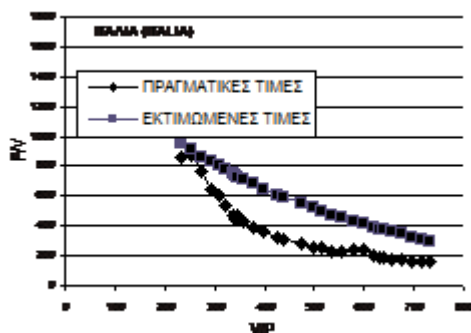
$$F/V = 10^{3,211 - 0,001*(V/P)} \quad (4.1)$$

Ο δείκτης R^2 παίρνει την τιμή 0,401, που είναι μια αποδεκτή τιμή συντελεστή συσχέτισης. Το μέγεθος της επιρροής, που έχουν οι συντελεστές των μεταβλητών αυτών, δεν είναι άμεσα συγκρίσιμο, αλλά από το αρνητικό πρόσημο του συντελεστή προκύπτει ότι οι δύο μεταβλητές είναι αντιστρόφως ανάλογες.

Το πρότυπο που επιλέχθηκε έπειτα από τη διαδικασία της παλινδρόμησης, στηρίχθηκε σε δεδομένα στοιχεία όλων των χωρών. Κατά συνέπεια, το πρότυπο αυτό εκφράζει τη μέση σταθμισμένη τιμή των δεδομένων, που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση. Με τη χρήση του προτύπου αυτού, βάσει των τιμών του πληθυσμού και του αριθμού κυκλοφορούντων οχημάτων της κάθε χώρας, υπολογίζεται ο εκτιμώμενος λόγος του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των οχημάτων. Ο λόγος αυτός εκφράζει το εκτιμώμενο μέσο επίπεδο οδικής ασφάλειας της χώρας.

Για να υπάρξει η δυνατότητα παρατήρησης της εξέλιξης του επιπέδου οδικής ασφάλειας της κάθε χώρας, έπρεπε να υπάρξει η δυνατότητα σύγκρισης του πραγματικού και του εκτιμώμενου επιπέδου οδικής ασφάλειας. Το επίπεδο οδικής ασφάλειας εκφράζεται καλύτερα από τον δείκτη ατυχημάτων, δηλαδή τον λόγο των θανάτων προς τα κυκλοφορούντα οχήματα.

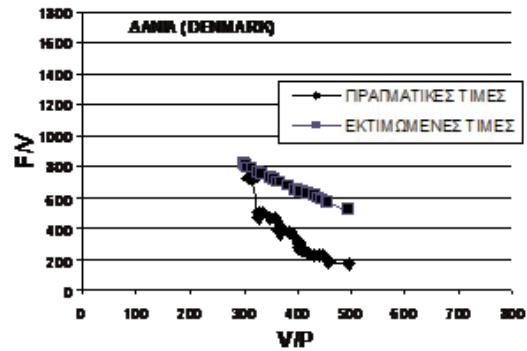
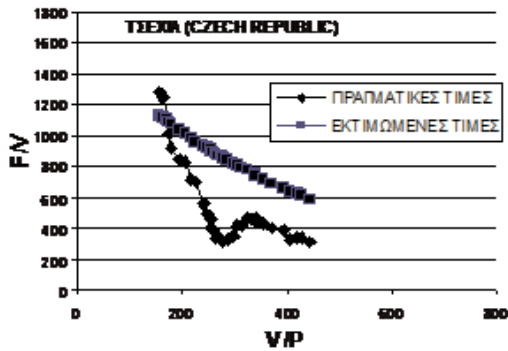
Η σύγκριση μεταξύ των δεδομένων γίνεται σε διαγράμματα με άξονες τις τιμές των δύο λόγων του προτύπου. Στον άξονα των τεταγμένων αντιστοιχεί ο λόγος των θανάτων, που οφείλονται σε οδικά ατυχήματα προς τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων και στον άξονα των τεταγμένων ο λόγος των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό της κάθε χώρας. Εάν οι τιμές της πολυωνμικής συνάρτησης είναι κάτω και αριστερά από τις εκτιμώμενες τιμές, το επίπεδο οδικής ασφάλειας της χώρας είναι υψηλότερο του εκτιμώμενου. Αντίθετα, εάν οι τιμές της πολυωνμικής συνάρτησης είναι πάνω και δεξιά από τις εκτιμώμενες τιμές, το επίπεδο οδικής ασφάλειας της χώρας είναι χαμηλότερο του εκτιμώμενου. Ακολουθούν διαγράμματα, που αντιστοιχούν σε όλες τις πιθανές περιπτώσεις.



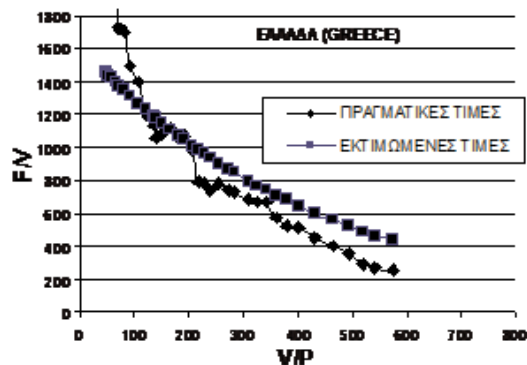
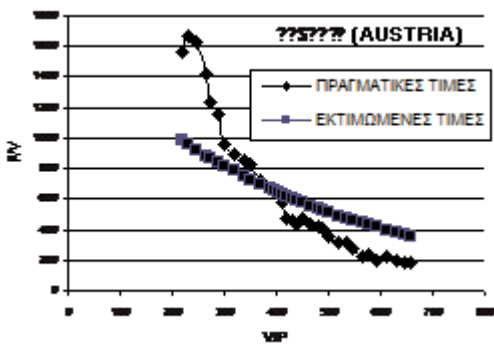
Σχήμα 1 Τα διαγράμματα των χωρών: Ιταλία και Κύπρος.
Figure 1 Diagrams of Italy and Cyprus.

Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα διαπιστώνεται ότι στις χώρες αυτές (όμοια διαγράμματα αντιστοιχούν και στις χώρες Μεγάλη Βρετανία, Σουηδία, Μάλτα και Σλοβακία) οι πραγματικές τιμές του λόγου του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες εκτιμώμενες τιμές για όλη τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου. Κατά συνέπεια, στις χώρες αυτές τις τελευταίες δεκαετίες το επίπεδο οδικής ασφάλειας ήταν υψηλότερο του εκτιμώμενου μέσου επιπέδου.

Το ίδιο παρατηρείται και στα παρακάτω διαγράμματα, που αντιστοιχούν στις χώρες Τσεχία και Δανία (ομοίως και στα διαγράμματα των χωρών Ισπανία, Ιρλανδία και Φινλανδία) με εξαίρεση λίγα έτη στην αρχή των παρατηρήσεων με χαμηλή τιμή του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό, τα οποία έχουν οριακά υψηλότερες τιμές. Η σημασία του γεγονότος αυτού είναι ότι το επίπεδο οδικής ασφάλειας είναι υψηλότερο του εκτιμώμενου μέσου με εξαίρεση τα προαναφερθέντα έτη.



Σχήμα 2 Τα διαγράμματα των χωρών: Τσεχία και Δανία.
Figure 2 Diagrams of Czech Republic and Denmark.



Σχήμα 3 Τα διαγράμματα των χωρών: Αυστρία και Ελλάδα.
Figure 3 Diagrams of Austria and Greece.

Από τα παραπάνω διαγράμματα της Αυστρίας και της Ελλάδας (όμοια διαγράμματα παρατηρούνται στις χώρες Ουγγαρία, Πολωνία, Φινλανδία, Γερμανία, Ολλανδία, Βέλγιο, Γαλλία, Λουξεμβούργο και Σλοβενία) οδηγείται κανείς στο συμπέρασμα ότι η σχέση μεταξύ πραγματικών και εκτιμώμενων τιμών του λόγου των θανάτων προς τα οχήματα δεν παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου. Συγκεκριμένα, τα πρώτα έτη που ταυτόχρονα αντιστοιχούν στις μικρότερες τιμές του λόγου του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό, οι παραπάνω χώρες έχουν επίπεδο οδικής ασφάλειας χαμηλότερο από το εκτιμώμενο, ενώ τα επόμενα έτη που αντιστοιχούν στις μεγαλύτερες τιμές του λόγου, έχουν επίπεδο οδικής ασφάλειας υψηλότερο από το εκτιμώμενο. Η τιμή του λόγου των οχημάτων προς τον πληθυσμό στην οποία παρουσιάζεται μετα-

βολή στο είδος της σχέσης μεταξύ πραγματικών και εκτιμώμενων τιμών, ποικίλει για κάθε χώρα. Για την Ελλάδα, την Ουγγαρία και την Πολωνία το σημείο της αλλαγής βρίσκεται μεταξύ των τιμών 100 και 200. Για τη Φινλανδία, τη Γερμανία και την Ολλανδία βρίσκεται μεταξύ των τιμών 200 και 300 και για τις υπόλοιπες μεταξύ των τιμών 300 και 400.

Από τα διαγράμματα σύγκρισης των εθνικών στοιχείων με εκείνα του προτύπου παρατηρείται ότι στις υψηλές τιμές του λόγου οχήματα προς πληθυσμό, κανένα κράτος δεν εμφάνισε επιδόσεις χειρότερες από το μέσο εκτιμώμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας (εξαίρεση η Πορτογαλία), γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το πρότυπο δεν βρίσκει καλή εφαρμογή σ' αυτήν την περιοχή των τιμών. Το γεγονός αυτό, εξηγείται από το φαινόμενο της ετεροσκεδαστικότητας, το οποίο συχνά εμφανίζεται στην παλινδρόμηση και

ιδιαίτερα στις ακραίες περιοχές των εξεταζόμενων πληθυσμών [16]. Κατά συνέπεια, η χρήση του προτύπου στις περιοχές αυτές πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή.

Θα πρέπει στο σημείο αυτό να διευκρινιστεί ότι σκοπός του συγκεκριμένου προτύπου δεν είναι η πραγματοποίηση σύγκρισης των κρατών μεταξύ τους, βάσει της τωρινής επίδοσής τους όσον αφορά στην οδική ασφάλεια. Σκοπός είναι η αξιολόγηση της επίδοσης του κάθε κράτους με βάση την απόκλισή του από την εκτιμώμενη τιμή για κάθε τιμή του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό. Δεδομένου μάλιστα ότι ο λόγος αυτός με την πάροδο του χρόνου στα ανεπτυγμένα κράτη δίνει και την έννοια του χρόνου με διαφορετική, όμως, περίοδο αναφοράς για κάθε χώρα.

Από τα διαγράμματα των χωρών παρατηρείται η τάση να μην έχουν καλύτερη επίδοση, χώρες που θεωρητικά έχουν υψηλότερο επίπεδο οδικής ασφάλειας, όπως οι χώρες της βόρειας και δυτικής Ευρώπης. Αντιθέτως, μάλιστα, παρουσιάζονται καλύτερες επιδόσεις στις χώρες που θεωρούνται χαμηλότερου επιπέδου οδικής ασφάλειας, δηλαδή στις νότιες και τις ανατολικές. Παρατηρείται, επίσης, σε όλες τις εξεταζόμενες χώρες μια τάση διαρκούς μείωσης των πραγματικών τιμών του λόγου του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των κυκλοφορούντων οχημάτων και κατά συνέπεια μία τάση διαρκούς βελτίωσης του επιπέδου της οδικής ασφάλειας.

Βάσει του προτύπου που προέκυψε σε αυτή τη φάση της έρευνας, μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα όσον αφορά στην αξιολόγηση του κάθε κράτους με βάση την απόκλισή του από το εκτιμώμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας για κάθε τιμή του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό, όπως, έχει, ήδη, πραγματοποιηθεί παραπάνω. Η χρησιμότητα του προτύπου, όμως, δεν περιορίζεται μόνο σε αυτό. Οι χώρες που παρουσιάζουν υψηλότερο από το εκτιμώμενο επίπεδο μπορούν να αποτελέσουν παράδειγμα προς μίμηση για τις υπόλοιπες χώρες, ειδικά για εκείνες που εξακολουθούν να είναι οριακά μεγαλύτερες από το μέσο εκτιμώμενο επίπεδο. Παράλληλα, μπορεί να πραγματοποιηθεί ανταλλαγή εμπειριών σε θέματα στρατηγικής οδικής ασφάλειας, με αποτέλεσμα τον προσδιορισμό λύσεων με τις οποίες οι χώρες με χαμηλότερες επιδόσεις θα μπορέσουν να βελτιωθούν.

4. ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΝΕΚΡΩΝ

Σε επόμενη φάση επιχειρήθηκε η ανάπτυξη ενός προτύπου συσχέτισης μεταξύ του αριθμού των θανάτων σε οδικά ατυχήματα και δύο μεταβλητών, του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων και του πληθυσμού της κάθε χώρας. Με στόχο την αναζήτηση του προτύπου που θα προσέγγιζε καλύτερα τα δεδομένα, αναπτύχθηκαν χωριστά για κάθε χώρα τα διαγράμματα της διαχρονικής εξέλιξης του αριθμού των θανάτων, για να πραγματοποιηθεί μία σύγκριση μεταξύ τους, όσον αφορά στη μορφή της αντίστοιχης καμπύλης.

Με βάση τα διαγράμματα αυτά, παρατηρήθηκε μια ιδιαιτερότητα στη μορφή της καμπύλης του αριθμού των θανάτων. Συγκεκριμένα, η καμπύλη αυτή έχει αρχικά αύξουσα τάση, στη συνέχεια σταθεροποιείται για λίγα έτη και στη συ-

νέχεια έχει φθίνουσα τάση. Έχει, ήδη, αναφερθεί ότι ο λόγος του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό στις ανεπτυγμένες χώρες αυξάνεται με την πάροδο των ετών και κατά συνέπεια δίνει την έννοια και του χρόνου, με διαφορετική περίοδο αναφοράς για κάθε χώρα. Με άλλα λόγια, λοιπόν, η καμπύλη έχει αύξουσα τάση για μικρές τιμές του λόγου, για ενδιάμεσες σταθεροποιείται και για τις μεγαλύτερες τιμές έχει φθίνουσα τάση. Η ιδιαιτερότητα αυτή φαίνεται πολύ έντονα στο ακόλουθο διάγραμμα, το οποίο παρουσιάζει τη διαχρονική εξέλιξη του αριθμού των θανάτων για τις χώρες Αυστρία, Ισπανία και Ελλάδα.

Αρχική επιδίωξη ήταν η προσέγγιση του συνόλου των δεδομένων με ένα μόνο πρότυπο. Η ιδιαιτερότητα, όμως, της μορφής της καμπύλης σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η μορφή της καμπύλης των θανάτων δεν παρουσιάζεται πλήρως σε όλες τις εξεταζόμενες χώρες, αλλά σε κάθε χώρα παρουσιάζεται ένα τμήμα της, η μορφή του οποίου εξαρτάται από τις τιμές που λαμβάνει ο λόγος του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό στην εξεταζόμενη χρονική περίοδο, οδήγησαν στην αναζήτηση τριών ξεχωριστών προτύπων για την περιγραφή της.

Τα πρότυπα τα οποία αναπτύχθηκαν, αντιστοιχούν σε διαφορετικό εύρος τιμών του λόγου του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό. Μετά από την πραγματοποίηση πολλών δοκιμών έγινε η επιλογή των σημείων καμπής, δηλαδή του εύρους των τιμών στις οποίες η καμπύλη του αριθμού των θανάτων αλλάζει μορφή. Η πρώτη αλλαγή μορφής, το σημείο, δηλαδή, στο οποίο σταθεροποιείται ο αριθμός των θανάτων, βρίσκεται μεταξύ των τιμών 300 και 350, ενώ η δεύτερη αλλαγή, όπου αρχίζει η μείωση του αριθμού των θανάτων, βρίσκεται μεταξύ των τιμών 450 και 500. Κατά συνέπεια, τα δεδομένα χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες. Η πρώτη ομάδα περιείχε τα δεδομένα στα οποία αντιστοιχούσαν τιμές του λόγου μικρότερες του 350, η δεύτερη ομάδα περιείχε τα δεδομένα με τιμές μεταξύ 300 και 500 και η τρίτη ομάδα αυτά με τιμές μεγαλύτερες από 450.

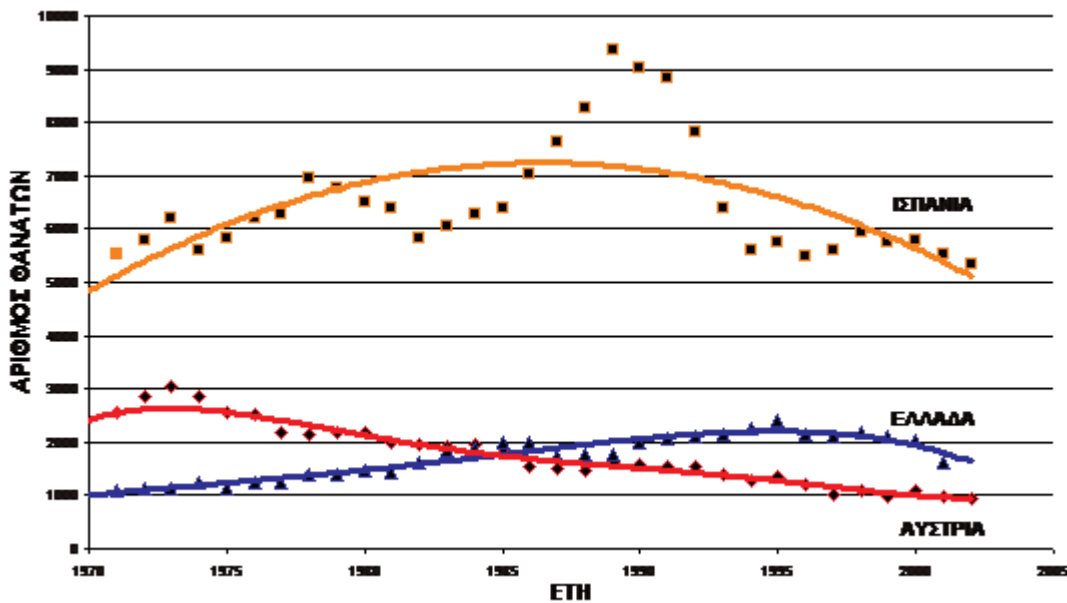
Η διαδικασία της παλινδρόμησης εφαρμόστηκε χωριστά για την κάθε ομάδα. Όσον αφορά στην πρώτη ομάδα δεδομένων, δηλαδή, στην ομάδα που περιείχε τα δεδομένα με τιμές του λόγου του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό μικρότερες του 350, επιλέχθηκε από τα εξαγόμενα πρότυπα ως καταλληλότερο ένα πρότυπο λογαριθμικής γραμμικής παλινδρόμησης, με την ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$F = e^{1,367 + 1,850 * \log V - 583,483 * 1/P} \quad (5.1)$$

Για τη δεύτερη ομάδα δεδομένων, που περιλαμβάνει δεδομένα με τιμές του λόγου μεταξύ των τιμών 300 και 500, από τα πιθανά πρότυπα που προέκυψαν από τη διαδικασία της παλινδρόμησης, το πρότυπο που πληρούσε τις προϋποθέσεις του στατιστικού ελέγχου ήταν το ακόλουθο πολυωνυμικό πρότυπο:

$$F = (56001, 678 - 0,172 * V^2 + 0,059 * P^2)^{1/2} \quad (5.2)$$

Το πρότυπο που επιλέχθηκε βάσει του στατιστικού ελέγχου για την τρίτη ομάδα δεδομένων με τιμές του λόγου του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό



Σχήμα 4 Τα διαγράμματα των χωρών: Αυστρία, Ισπανία και Ελλάδα.
Figure 4 Diagrams of Austria, Spain and Greece.

μεγαλύτερες από 450, είναι ένα πρότυπο λογαριθμικής παλινδρόμησης με την ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$F = 10^{3,481 + 75,907 * 1/V - 901,243 * 1/P} \quad (5.3)$$

Βάσει των μαθηματικών σχέσεων των προτύπων, καθώς και των τιμών των στατιστικών δεικτών που αντιστοιχούν σε αυτά, προκύπτει ότι ήταν αναγκαία η χρήση τριών ξεχωριστών προτύπων αντί ενός που θα αντιστοιχούσε στο σύνολο των δεδομένων. Πράγματι, σε κάθε πρότυπο ο αριθμός των οχημάτων και ο πληθυσμός είχαν διαφορετικό είδος επιρροής στον αριθμό των θανάτων. Συγκεκριμένα, στο πρώτο και το τρίτο πρότυπο αύξηση του αριθμού των θανάτων προκαλείται με αύξηση του αριθμού των οχημάτων ή μείωση του πληθυσμού. Στο δεύτερο πρότυπο ισχύει το αντίστροφο, δηλαδή, αύξηση του αριθμού των θανάτων προκαλείται από μείωση του αριθμού των οχημάτων ή αύξηση του πληθυσμού. Μία ακόμα διαφοροποίηση μεταξύ των προτύπων αφορά στη μεταβλητή που είναι σημαντικότερη στατιστικά στο κάθε ένα. Συγκεκριμένα, σημαντικότερη στατιστικά μεταβλητή στο πρώτο πρότυπο είναι ο αριθμός των οχημάτων, ενώ στα δύο επόμενα πρότυπα σημαντικότερη μεταβλητή είναι ο πληθυσμός.

Για κάθε μία από τις εξεταζόμενες χώρες με τη χρήση των παραπάνω προτύπων δίνεται η δυνατότητα να υπολογιστεί για κάθε έτος μία τιμή για τον αριθμό των θανάτων, που θα αντικατοπτρίζει το μέσο επίπεδο οδικής ασφάλειας για το συγκεκριμένο έτος. Φυσικά, η επιλογή του αντίστοιχου προτύπου εξαρτάται από την τιμή του λόγου των οχημάτων προς τον πληθυσμό για το συγκεκριμένο έτος.

Δεδομένου ότι η εξαρτημένη μεταβλητή των προτύπων είναι απόλυτος αριθμός (αριθμός νεκρών) με μεγάλη διακύμανση από κράτος σε κράτος, η εφαρμογή των προτύπων στις χρονοσειρές στοιχείων των εξεταζόμενων χωρών αφορά στην

επιβεβαίωση της κλίσης των τριών καμπυλών (πρόσημα προτύπου) και βέβαια όχι στην επιβεβαίωση των απόλυτων αριθμών. Από την εφαρμογή των προτύπων αυτών στις εξεταζόμενες χρονοσειρές στοιχείων προκύπτει ότι στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων επιβεβαιώνεται τόσο η κλίση των τριών καμπυλών, όσο και οι περιοχές μετάβασης από καμπύλη σε καμπύλη. Για τον λόγο αυτό τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μόνο ως γενική τάση και όχι για επιμέρους ανάλυση σε κάθε κράτος.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής των μαθηματικών προτύπων από κάθε φάση ανάλυσης, προκύπτει μια σειρά συμπερασμάτων. Καταρχήν, προέκυψε ότι οι μη γραμμικές μέθοδοι παλινδρόμησης είναι κατάλληλες για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση μακροσκοπικών παραμέτρων της οδικής ασφάλειας σε δεδομένα χρονοσειρών τριακονταετίας και επιπλέον ότι τα τελικά μαθηματικά πρότυπα που αναπτύχθηκαν με τη χρήση των μεθόδων αυτών, θεωρούνται γενικά αξιόπιστα, αφού είχαν καλή προσαρμογή στα δεδομένα, αλλά και τα εξαγόμενα από αυτά συμπεράσματα φαίνεται να συμβαδίζουν αρκετά με εκείνα της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Όσον αφορά στην επιρροή που έχει ο λόγος του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό, στον λόγο του αριθμού των θανάτων από οδικά ατυχήματα προς τον αριθμό των οχημάτων, προέκυψε καταρχήν ότι η συνεχής αύξηση του λόγου των οχημάτων προς τον πληθυσμό κατά την τελευταία τριακονταετία στην Ευρώπη οδηγεί σε συνεχή μείωση του λόγου των θανάτων προς τα οχήματα.

Επιδιώκοντας τη διερεύνηση της επίδρασης στον λόγο του αριθμού των θανάτων προς τον αριθμό των οχημάτων

και άλλων μεταβλητών εκτός του λόγου του αριθμού των οχημάτων προς τον πληθυσμό, χρησιμοποιήθηκε ως ανεξάρτητη μεταβλητή στη διαδικασία της παλινδρόμησης το ΑΕΠ ανά κάτοικο. Αποτέλεσμα της ανάλυσης αυτής, ήταν η μη δυνατότητα χρήσης της μεταβλητής αυτής, λόγω της ύπαρξης στατιστικά σημαντικής συσχέτισης μεταξύ του αριθμού των οχημάτων ανά κάτοικο και του ΑΕΠ ανά κάτοικο. Επομένως, η χρήση της μίας εκ των δύο μεταβλητών στην εξαγωγή ενός προτύπου αναστέλλει τη δυνατότητα χρήσης και της άλλης, με στόχο την αποφυγή μη αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Παράλληλα, αναπτύχθηκε μία μεθοδολογία προσδιορισμού των επιδόσεων οδικής ασφάλειας των ευρωπαϊκών χωρών. Η μεθοδολογία αυτή επέτρεψε τη σύγκριση του αριθμού των θανάτων σε οδικά ατυχήματα με τον μέσο εκτιμώμενο αντίστοιχο αριθμό. Από τη σύγκριση αυτή προέκυψε ότι ο κλασικός διαχωρισμός σε ανεπτυγμένα και μη κράτη από άποψη οδικής ασφάλειας δεν επαληθεύεται πλήρως, αφού καλές επιδόσεις (σε σχέση με τον μέσο εκτιμώμενο αριθμό νεκρών) εμφάνισαν κράτη και από τα ανεπτυγμένα (από άποψη οδικής ασφάλειας) βορειοδυτικά κράτη και από τα λιγότερα ανεπτυγμένα νότια και ανατολικά κράτη. Συγκεκριμένα, προσδιορίστηκαν τα κράτη, τα οποία κατά τη διάρκεια όλης της εξεταζόμενης περιόδου εμφάνιζαν επιδόσεις χαμηλότερες του μέσου εκτιμώμενου επιπέδου. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι οι περισσότερες χώρες τα πρώτα έτη της εξεταζόμενης περιόδου εμφάνιζαν επιδόσεις χαμηλότερες του μέσου εκτιμώμενου επιπέδου, τις οποίες, όμως, βελτίωσαν στη συνέχεια.

Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας εξετάστηκε η μορφή της καμπύλης του αριθμού των θανάτων διαχρονικά και διαπιστώθηκε ότι αρχικά ο αριθμός των θανάτων αυξάνεται, στη συνέχεια διατηρείται σχεδόν σταθερός για λίγα έτη και έπειτα αποκτά μια διαρκώς φθίνουσα κλίση. Τα σημεία αλλαγής της μορφής της καμπύλης συνδέονται άμεσα με την τιμή που λαμβάνει ο λόγος του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων προς τον πληθυσμό που σχετίζεται άμεσα με το χρόνο. Το σημείο της κάμψης της αυξητικής πορείας κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 300 και 350, ενώ το σημείο εκκίνησης της μείωσης βρίσκεται μεταξύ των τιμών 450 και 500. Η ιδιαιτερότητα αυτή στη μορφή της καμπύλης οδήγησε στην ανάγκη χρήσης τριών ξεχωριστών προτύπων παλινδρόμησης για την περιγραφή της, με βάση την τιμή του λόγου των οχημάτων προς τον πληθυσμό.

Όσον αφορά στην επιρροή του αριθμού των οχημάτων και του πληθυσμού στον αριθμό των θανάτων από οδικά ατυχήματα παρατηρήθηκε ότι τόσο το είδος, όσο και το μέγεθος της επιρροής εξαρτώνται από τη φάση της καμπύλης της διαχρονικής εξέλιξης των θανάτων, στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο έτος. Συγκεκριμένα, στην αυξητική τάση της καμπύλης, ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων επιδρά θετικά στον αριθμό των θανάτων, ενώ ο πληθυσμός αρνητικά. Στη φάση αυτή σημαντικότερη στατιστικά μεταβλητή είναι ο αριθμός των θανάτων. Στη φάση της σταθεροποίησης του αριθμού των θανάτων ο αριθμός των οχημάτων επιδρά αρνητικά στον αριθμό τους, ενώ ο πληθυσμός, που είναι και η σημαντικότερη στατιστικά μεταβλητή, επιδρά θετικά. Στην

τρίτη και τελευταία φάση της μείωσης των θανάτων ο αριθμός των οχημάτων επιδρά θετικά, ενώ ο πληθυσμός αρνητικά. Στην περίπτωση αυτή, στατιστικά σημαντικότερη μεταβλητή είναι και πάλι ο πληθυσμός.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι τα παραπάνω συμπεράσματα έχουν προκύψει από στατιστική ανάλυση δεδομένων για την τριακονταετία 1970-2003, που αποτελεί επαρκές δείγμα και κατά συνέπεια είναι δυνατόν να γενικευτούν. Με βάση το εκτιμώμενο μέσο επίπεδο οδικής ασφάλειας για τα υφιστάμενα στοιχεία είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί πρόβλεψη του μελλοντικού μέσου επιπέδου. Επομένως, οι στόχοι για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στα εξεταζόμενα κράτη θα πρέπει να τίθενται κάτω του εκτιμώμενου επιπέδου, ώστε η οδική ασφάλεια όχι απλά να βελτιωθεί αλλά να βελτιωθεί, περισσότερο από το αναμενόμενο.

Η παρακολούθηση της εξέλιξης του επιπέδου οδικής ασφάλειας στα κράτη που παρουσιάζουν υψηλότερες επιδόσεις όσον αφορά στο επίπεδο οδικής ασφάλειας, μπορεί να αποτελέσει βασική πηγή πληροφοριών για τις επιτυχημένες πρακτικές, που θα οδηγήσουν στην αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση του προβλήματος, σε κράτη που παρουσιάζουν χαμηλότερες επιδόσεις. Εντούτοις, δεν θα πρέπει αυτή η σταθερή πτωτική τάση που παρουσιάζουν τα κράτη με υψηλές επιδόσεις στον τομέα της οδικής ασφάλειας να αποτελεί καθυσχυαστικό παράγοντα, καθώς υπάρχουν περαιτέρω περιθώρια βελτίωσης.

Αρκετά ενδιαφέρουσα θα ήταν η επέκταση της συγκεκριμένης έρευνας με επιπλέον μεταβλητές, αλλά και η διεξαγωγή της ίδιας ανάλυσης σε μεγαλύτερο αριθμό χωρών και εκτός ΕΕ, με στόχο να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις τόσο του επιπέδου οδικής ασφάλειας, όσο και των μέτρων που λαμβάνονται για τη βελτίωσή του σε παγκόσμια κλίμακα. Ακόμη, σε επόμενη φάση θα μπορούσε να γίνει διερεύνηση της συσχέτισης των παραμέτρων, που επηρεάζουν τον αριθμό των θανάτων με χρήση άλλων στατιστικών μεθόδων είτε παλινδρόμησης (Poisson, αρνητική διωνυμική) είτε οικονομετρικών μεθόδων.

Τέλος, η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας θα μπορούσε να επαναληφθεί μετά από λίγα χρόνια, προκειμένου να εξεταστεί, εάν ισχύουν ακόμα τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Με τον τρόπο αυτό θα δοθεί η δυνατότητα να παρατηρηθεί μία ενδεχόμενη βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας σε κάθε χώρα και να αποτιμηθούν οι επεμβάσεις που εφαρμόστηκαν στις χώρες αυτές.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. ADAMS J., "J. Smeed's law: Some Further Thoughts", *Traffic Engineering and Control*, 1987, Vol. 28, No. 2, pp. 70-73.
2. ABDEL- ATY M., PANDE A., "Crash data analysis: Collective vs. individual crash level approach", *Journal of Safety Research* 38, 2007, 581-587.
3. BIJLEVELD F., COMMANDEUR J., KOOPMAN S.J., MONTFORT K., "Multivariate nonlinear time series modelling of exposure and risk in road safety research", *SWOV Research*, 1995.
4. BRANNAS K., "Prediction and control for a time-series count data model", *International Journal of Forecasting*, 1995.
5. BROUGHTON J., "Forecasting road accident casualties in Great Britain",

- Accident Analysis & Prevention, 1991, Vol. 23, No.5, pp. 353-362.
6. BRUDE U., "What is happening to the number of fatalities in road accidents? A model for forecasts and continuous monitoring of development up to the year 2000", Accident Analysis & Prevention, 1994, Vol. 27, No. 3, pp. 405-410.
7. EUROPEAN COMMISSION, "EU Transport in figures - Statistical Book 2010", Brussels
8. INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM, "IRTAD Road Safety 2010, Annual Report", ITF, 2010.
9. INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM, "Towards zero - Ambitious road safety targets and the safe system approach", ITF, 2008.
10. JOHANSSON-STENMAN O., MARTINSSON P., "Fatal Road Accidents: Explaining Between-Country Risk Differences", Department of Economics, Goteborg University, 2000.
11. KOORNSTRA M., "Prediction of traffic fatalities and prospects for mobility becoming sustainable-safe, SWOV Research, 2002.
12. LASSARE S., "Analysis of progress in road safety in ten European countries", Accident Analysis & Prevention, 2000, Vol. 33, pp. 734-751.
13. PAGE Y., "A statistical model to compare road mortality in OECD countries", Accident Analysis & Prevention, 2001, Vol. 33, pp. 371-385.
14. PITSIAVA-LATINOPOULOU M. and TSOHOS G., "The Application of Smeed Equation for Road Accidents in Greece, Accident Analysis & Prevention, 1982, Vol. 14, No 1.
15. SMEED R.J., "Some statistical aspects of road safety research. Royal Statistical Society, Journal (A), 1949, CXII (Part I, Series 4), pp. 1-24.
16. WASHINGTON S., KARLAFTIS M., MANNERING F., "Statistical and Econometric Methods for Transport Data Analysis", CHAPMAN & HALL/CRC, 2003.
17. YANNIS, G., ANTONIOU C., PAPADIMITRIOU E., KATSOCHIS D., "Modelling road fatality trends in European countries", Journal of Safety Research, in press, 2010.
18. ΔΗΜΕΛΗ Σ., "Σύγχρονες Μέθοδοι Ανάλυσης Χρονολογικών Σειρών", Εκδόσεις Κριτική, 2002.
19. ΚΑΝΕΛΛΑΙΔΗΣ Γ., ΓΙΑΝΝΗΣ Γ., ΒΑΡΔΑΚΗ Σ., ΔΡΑΓΟΜΑΝΟΒΙΤΣ Α., ΛΑΙΟΥ Α., "Ανάπτυξη στρατηγικού σχεδίου για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα", 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Πάτρα 2005.
20. ΚΙΝΤΗΣ Α., "Στατιστικές και Οικονομικές Μέθοδοι", Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα, 1999.
21. ΠΡΟΦΥΛΛΙΔΗΣ Β., ΜΠΟΤΖΩΡΗΣ Γ., "Ανάλυση και μοντελοποίηση των παραμέτρων οδικής ασφάλειας", 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Πάτρα, 2005.
22. ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ- ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΡΙΟ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ, "Παρατηρητήριο Οδικής Ασφάλειας: Έκθεση Πεπραγμένων 2007", ΤΕΕ, 2008.
23. ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗΣ Ι.Μ., ΓΚΟΛΙΑΣ Ι.Κ., "Οδική Ασφάλεια", Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1994.
24. ΧΑΤΖΗΝΙΚΟΛΑΟΥ Δ., "Στατιστική για Οικονομολόγους", Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Β' Έκδοση, 2002.

Γιώργος Γιαννής,

Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ηρώων Πολυτεχνείου 5, 15773, Αθήνα.

Άννα Τσουμάνη,

Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, MSc
Βαλαωρίτου 14^Α
45444 Ιωάννινα.

CORRELATING MACROSCOPIC ROAD SAFETY PARAMETERS IN THE EUROPEAN UNION

GEORGE YANNIS

Associate Professor NTUA

ANNA TSOUMANI

Civil Engineer NTUA, MSc

Abstract:

The objective of this diploma thesis is the investigation of time series of macroscopic road safety parameters in European countries. For this analysis a database containing road accident, demographic and traffic data for the 25 EU member states for the period 1970-2003 was used. Linear and non-linear regression models were developed and resulted in quantification of the impact of each variable on the number of fatalities in road accidents. The results led to two basic conclusions. Firstly, the ratio of the number of road fatalities to the number of vehicles reduces with the increase of the ratio of the number of vehicles to the population; and secondly, the shape of the fatalities curve (ascending, stable and descending) depends on the ratio of the number of vehicles to the population.

Each year, worldwide, more than 1,300,000 people die in road accidents, despite the fact that a systematic effort to reduce the number of road accidents and their victims constitutes the basic priority of transport policy. To this end, many research projects have been carried out in the EU countries and worldwide in order to identify the various factors related to user behaviour, road environment and vehicle, that have an impact on the road safety in a specified region, using a wide range of analysis methodologies.

This research aims to cross-correlate time series data concerning basic macroscopic road safety parameters in the EU countries. For that purpose, both linear and non-linear models were used. Specifically, an attempt was made to develop mathematic models that would correlate basic national parameters, such as the annual number of vehicles in circulation, the population, and the gross national product (GNP) with the number of road accident fatalities. In this way, a quantification of the impact that each parameter has on the number of road accident fatalities was attempted.

The first step for the achievement of the above objective was to create a database with data concerning the population (P), the annual number of vehicles in circulation (V), the annual number of road accident fatalities (F), and the GNP of the 25 member states of the EU for the time period 1970-2003. The above data were collected from various European and national databases, as the use of only one database was not sufficient. A data consistency check was performed.

For the selection of the most suitable analysis model, the study was broken down into two distinct phases, each of which aimed to cross-correlate different variables. The first

phase resulted in the following logarithmic model dealing with the evolution of the fatality/vehicle fleet ratio: $F/V = 10^{3.211 - 0.001*(V/P)}$. The second phase resulted in three models, each one corresponding to the evolution of the absolute number of fatalities for three different groups of vehicles per population ratio: a linear logarithmic model $F = e^{1.367 + 1.850 * \log V - 583.483*1/P}$ (fatality increase), a polynomial model $F = (56001, 678 - 0.172*V^2 + 0.059*P^2)^{1/2}$ (fatality stabilisation) and a logarithmic model $F = 10^{3.481 + 75.907*1/V - 901.243*1/P}$ (fatality decrease).

The above analysis leads to the conclusion that no linear regression models are suitable for the qualitative and quantitative analysis of macroscopic road safety parameters using time series data from thirty years. Moreover, with regard to the impact that the ratio of vehicles per population has to the ratio of fatalities per vehicle fleet, it was observed that a continuous increase in the former ratio during the last thirty years in Europe was associated with a continuous decrease in the latter.

At the same time, a methodology allowing for the identification of the road safety level in European countries was developed. This methodology allowed the comparison between the number of fatalities in road accidents and the average expected corresponding number. This led to the conclusion that the classic division into well and badly performing countries regarding road safety is not necessarily the most appropriate, as good performance (in comparison to the average expected number of fatalities) concerned countries from both the developed group of northwestern countries and the less developed groups of southern and eastern countries. More precisely, countries presenting a lower performance than the average expected level were identified. Moreover, it was observed that the majority of the countries showed a below-average expected performance during the first years, which subsequently improved during the remaining period.

By examining the form of the fatalities curve diachronically, it was observed that the number of fatalities initially increased, then remained almost constant for a few years, and finally showed a persistent tendency to decline. The discontinuities in the curve are directly related to the value of the ratio of vehicles to population, which itself is directly related to time. The initial increase stops at a point between the values

of 300 and 350 vehicles per 1,000 population, while the decrease starts at a point between the values of 450 and 500 vehicles per 1,000 population. This particularity in the curve form led to the use of three separate regression models for its description, based on the value of the ratio of vehicles per population.

Regarding the impact of vehicle fleet and population on the number of road accident fatalities, it was observed that both the type and the size of the impact depend on in which phase of the curve the particular year belongs. Specifically, in the increasing part of the curve, an increase in vehicle fleet leads to an increase in fatalities. In this phase, the most important statistically significant variable is the number of fatalities. In the stabilisation phase, an increase in the number of vehicles leads to stabilisation of road accident fatalities. In the last, decreasing phase, an increase in the number of vehicles leads to a decrease in road accident fatalities.

Finally, it should be noted that the above conclusions resulted from the statistical analysis of thirty years' data (1970-2003), constituting an adequate sample, and in consequence they could be used for forecasting—always with the necessary adjustments for each specific case. For example, using these models, for an expected future motorisation level (vehicles per population) it is possible to predict the average expected future road safety level of a country. Consequently, the road safety targets in these countries should be set in relation to the expected road safety level, so that road safety can be improved to more than the average expected level.

In future research, the examination of more variables would be very interesting, as would a similar analysis using data from a larger sample of countries all over the world, in order to carry out road safety comparisons as well as the identification of the most appropriate measures, programme and strategies. Furthermore, it would be interesting to investigate the use of more complex statistical or econometric models.

Finally, the present analysis could be repeated in a few years, in order to verify whether the above results were correct. In this way, it will be possible to identify potential road safety improvements in each country and to evaluate the interventions implemented.

George Yannis,

Associate Professor NTUA, Department of Civil Engineering, Department of Transportation Planning and Engineering
5, Heroon Politechneiou St. GR-15773 Athens.

Anna Tsoumani,

Civil Engineer NTUA, MSc
14^A Valaoritou St.
GR-45444 Ioannina.