

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ ΣΤΗ ΣΧΕΤΙΚΗ
ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ****Γιώργος Γιάννης***Επίκουρος Καθηγητής**Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, email: geyannis@central.ntua.gr***Κωνσταντίνος Αντωνίου***Δρ. Συγκοινωνιολόγος Μηχανικός***Ελευθερία Μπουρνελάκη***Συγκοινωνιολόγος Μηχανικός**Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής,
Ηρ. Πολυτεχνείου 5, 15773, Αθήνα, τηλ: 210-7721326, φαξ: 210-7721454,*

Περίληψη: Στην εργασία παρουσιάζεται μια ομάδα μαθηματικών προτύπων για τη διερεύνηση της επιρροής της κεντρικής νησίδας στη σχετική επικινδυνότητα υπεραστικών οδικών τμημάτων. Με τη χρήση του πλαισίου των γενικευμένων γραμμικών προτύπων εκτιμώνται πρότυπα που ακολουθούν τις κατανομές Poisson, quasi-Poisson και αρνητική διωνυμική και φαίνεται ότι ενώ η πρώτη αδυνατεί να αποτυπώσει την υπέρ-διασπορά που παρατηρείται στα δεδομένα, οι δύο τελευταίες οδηγούν σε πρότυπα που δεν παραβιάζουν τις βασικές στατιστικές υποθέσεις. Από τα αποτελέσματα της εφαρμογής αυτών των προτύπων επιβεβαιώνεται σε ένα δείγμα οδικών τμημάτων από τον Π.Α.Θ.Ε. ότι η σχετική επικινδυνότητα αυξάνει μη γραμμικά με την αύξηση του φόρτου, ενώ η ύπαρξη κεντρικής νησίδας οδηγεί σε σημαντική μείωση της σχετικής επικινδυνότητας των οδικών τμημάτων.

Λέξεις - κλειδιά: Οδικά ατυχήματα, οδοποιία, γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδού, κεντρική νησίδα, σχετική επικινδυνότητα

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE MEDIAN TO THE RELATIVE RISK OF INTERURBAN ROAD SEGMENTS**George Yannis***Assistant Professor**National Technical University of Athens, email: geyannis@central.ntua.gr***Constantinos Antoniou***Dr. Transportation Engineer***Eleftheria Bournelaki***Transportation Engineer**National Technical University of Athens, Department of Transportation Planning and Engineering, 5 Iroon Politechniou, 15773, Athens, tel: 210-7721326, fax: 210-7721454,*

Abstract: A group of mathematical models for the investigation of the impact of the median to the relative risk of interurban road segments is presented in this paper. Several generalized linear models have been estimated using alternative distributional assumptions regarding the error structure, namely the Poisson, quasi-Poisson, and negative binomial distributions. While the Poisson distribution fails to capture the overdispersion that is observed in the data, the quasi-Poisson and negative binomial distributions lead to models that do not violate the basic statistical assumptions. From the results of the application of these models, it is verified in a sample of road segments from the Patras-Athens-Thessaloniki motorway in Greece that the relative risk increases non-linearly with the increase in traffic flow, while the existence of a median results in the net reduction of the relative risk of road segments.

Keywords: Road safety, highway engineering, geometric characteristics, median, relative risk

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η οδική ασφάλεια είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό κοινωνικό ζήτημα και τις τελευταίες δεκαετίες καταβάλλονται παγκοσμίως προσπάθειες για τη βελτίωσή της. Μία κατεύθυνση προς τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας αποτελεί και η αναβάθμιση του οδικού περιβάλλοντος. Οι συνθήκες της οδού και γενικότερα του οδικού περιβάλλοντος που θεωρείται ότι έχουν σημαντική επιρροή στην οδική ασφάλεια (Frantzeskakis, 1991) είναι τα ανεπαρκή γεωμετρικά στοιχεία της οδού, η ελλιπής μελέτη (ή ανεπαρκής εφαρμογή της), η μη ενδεδειγμένη τοποθέτηση και κατασκευή παρόδιων στοιχείων (στύλοι, στηθαία, κρασπεδόρειθρα), η ανεπαρκής οργάνωση της κυκλοφορίας, η πλήρης έλλειψη ή ανεπάρκεια οδικού φωτισμού, οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες, τα ακατάλληλα πρότυπα κατασκευής και κυρίως η μειωμένη πρόσφυση και ανεπαρκής αποστράγγιση του οδοστρώματος και τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού.

Για τον προσδιορισμό των κατάλληλων βελτιωτικών μέτρων και επεμβάσεων στο πολυπαραμετρικό πρόβλημα της οδικής ασφάλειας απαιτείται λεπτομερής ανάλυση των επιμέρους παραγόντων και ιδιαίτερα η συσχέτισή τους με τον ανθρώπινο παράγοντα με τη χρήση ποσοτικών μεθόδων που θα βοηθήσουν σε μια καλύτερη προσέγγιση του φαινομένου (Rumar, 1985). Τις τελευταίες δεκαετίες, η διερεύνηση της επιρροής του οδικού περιβάλλοντος στην οδική ασφάλεια έχει αποτελέσει εκτεταμένο αντικείμενο ερευνών σε αρκετές ανεπτυγμένες χώρες, όπου το πρόβλημα της οδικής ασφάλειας αντιμετωπίζεται με μεγάλη σοβαρότητα.

Ορισμένες έρευνες εστιάζουν στη διερεύνηση της επιρροής των στοιχείων της διατομής στα οδικά ατυχήματα. Οι Zeeger et al. (1986) διατυπώνουν μια μαθηματική σχέση μεταξύ της ασφάλειας και γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού, όπως το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας και του ερείσματος. Αρκετοί άλλοι ερευνητές έχουν μελετήσει την επιρροή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών στην οδική ασφάλεια. Για παράδειγμα οι Council and Stewart (2000), Garwood (1986, 1999), Long et al. (1993), και Wattleworth et al. (1988) έχουν μελετήσει την επιρροή της ύπαρξης και του τύπου (π.χ. πλάτος) της διαχωριστικής νησίδας.

Μέσα στο πλαίσιο αυτό, στην παρούσα εργασία εξετάζεται η επιρροή της κεντρικής νησίδας στη σχετική επικινδυνότητα υπεραστικών οδικών τμημάτων, χρησιμοποιώντας ιστορικά στοιχεία από τα χαρακτηριστικά των οδικών ατυχημάτων στο κύριο εθνικό υπεραστικό οδικό δίκτυο της Ελλάδας. Ο στόχος της εργασίας αυτής δεν είναι μόνο να επιβεβαιώσει αλλά και να ποσοτικοποιήσει με τη χρήση ενός μαθηματικού προτύπου τη θετική επιρροή της ύπαρξης κεντρικής νησίδας στην οδική ασφάλεια υπεραστικών οδικών τμημάτων. Η χρήση του μαθηματικού αυτού προτύπου θα μπορούσε περαιτέρω να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό των οδικών τμημάτων που χρήζουν βελτίωσης, συγκεκριμένα προσθήκη διαχωριστικής νησίδας, καθώς και να επεκταθεί με την ενσωμάτωση περαιτέρω γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η γραμμική παλινδρόμηση διέπεται από ορισμένες υποθέσεις που συλλογικά αποκαλούνται συχνά «υποθέσεις Gauss-Markov» και περιλαμβάνουν:

- Γραμμικότητα (στις παραμέτρους)

- Ομοσκεδαστικότητα (η διακύμανση των τιμών δεν μεταβάλλεται με το μέγεθος τους)
- Εξωγενείς ανεξάρτητες μεταβλητές
- Ανεξάρτητα κατάλοιπα (disturbances) που ακολουθούν την κανονική κατανομή.

Στην πράξη, όμως, οι υποθέσεις αυτές συχνά παραβιάζονται, χωρίς πολλές φορές αυτό να αναγνωρίζεται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εκτίμηση και εφαρμογή στατιστικά εσφαλμένων μαθηματικών προτύπων, τα οποία χωρίς τους κατάλληλους ελέγχους μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένες προβλέψεις. Η πλέον συνηθισμένη σχετική παραβίαση στην οδική ασφάλεια έχει να κάνει με την κατανομή που ακολουθούν τα δεδομένα, η οποία συχνά δεν είναι η κανονική αλλά η κατανομή Poisson (π.χ. Nicholson and Wong, 1993). Ακόμα και η κατανομή Poisson, όμως, κρίνεται συχνά ανεπαρκής για την περιγραφή των δεδομένων, καθώς πολλές φορές υπάρχει μεγαλύτερη (ή μικρότερη) διασπορά (Maycock and Hall, 1984). Αυτό το φαινόμενο αντικρούει την υπόθεση της κατανομής Poisson ότι η διακύμανση ισούται με τη μέση τιμή. Μία πρακτική επίπτωση αυτής της λανθασμένης παραδοχής θα ήταν η υπό-εκτίμηση των τυπικών σφαλμάτων των παραμέτρων, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένη αποδοχή στατιστικά ασήμαντων παραμέτρων του προτύπου ως σημαντικές.

Στην περίπτωση αυτή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η κατανομή quasi-Poisson, η οποία άρει τον περιορισμό ότι ο λόγος της διακύμανσης προς τη μέση τιμή ισούται με τη μονάδα και επιτρέπει την εκτίμηση μια παραμέτρου διασποράς. Οι Maycock and Hall (1984) έδειξαν ότι σε αντίστοιχα αποτελέσματα μπορεί να οδηγήσει και η χρήση της αρνητικής διωνυμικής κατανομής, την οποία χρησιμοποίησαν σε εφαρμογές οδικής ασφάλειας και οι Μιαού (1994) και Wood (2002). Οι Maher και Summersgill (1996) αναφέρουν ότι η χρήση των δύο κατανομών (quasi-Poisson και αρνητική διωνυμική) μπορεί να δώσουν αντίστοιχα αποτελέσματα, αν και επισημαίνουν ότι μπορεί να έχουν και αρκετά διαφορετικές ιδιότητες πρόβλεψης. Οι Lord et al. (2005) εξετάζουν τη χρήση διαφόρων κατανομών, περιλαμβανομένων των Poisson, αρνητική διωνυμική (ή Poisson-γάμμα), και zero-inflated Poisson στην προτυποποίηση δεδομένων οδικής ασφάλειας.

Τα γενικευμένα γραμμικά πρότυπα (generalized linear models, GLM) αποτελούν μία μεθοδολογία που επεκτείνει την γραμμική παλινδρόμηση, επιτρέποντας τη χρήση άλλων στατιστικών κατανομών (McCullagh and Nelder, 1989, Dobson, 1990, Gill, 2000). Οι Yannis et al., (2007) παρουσιάζουν τη μεθοδολογία, καθώς και ένα παράδειγμα χρήσης της στην οδική ασφάλεια. Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιείται και στην παρούσα εργασία, καθώς προσφέρει ένα ενοποιημένο πλαίσιο για την εφαρμογή των εναλλακτικών κατανομών. Αν και οι λεπτομέρειες της θεωρίας των γενικευμένων γραμμικών προτύπων δεν αποτελούν το κύριο αντικείμενο της παρούσας εργασίας, μια γενική παρουσίαση της διατύπωσης των προτύπων μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση του τρόπου χρήσης τους στο πλαίσιο της εργασίας αυτής. Αν υποθεθεί ότι υπάρχουν p παράμετροι ενδιαφέροντος b_1, \dots, b_p , τότε το γενικευμένο γραμμικό πρότυπο μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

$$g(\mu_i) = x_i^T \beta$$

όπου

- g είναι μια μονοτονική, διαφοροποιήσιμη σχέση που χαρακτηρίζει το συγκεκριμένο γενικευμένο γραμμικό πρότυπο,
- μ_i είναι η αναμενόμενη τιμή για την παρατήρηση i ,
- x_i είναι το διάνυσμα των τιμών ανεξάρτητων μεταβλητών για την παρατήρηση i , και
- β είναι το διάνυσμα με τις παραμέτρους.

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για τις ανάγκες της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα (για την χρονική περίοδο 1996-1999) από τη βάση δεδομένων του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του ΕΜΠ που έχει συμπληρωθεί με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδας (ΕΣΥΕ). Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται ως ανεξάρτητες μεταβλητές περιλαμβάνουν την ύπαρξη κεντρικής νησίδας (δυναδική μεταβλητή 0/1 median, με την τιμή 1 να αντιστοιχεί στην ύπαρξη κεντρικής νησίδας), τις καιρικές συνθήκες (δυναδική μεταβλητή 0/1 rain, με την τιμή 1 να αντιστοιχεί σε βρεγμένο οδόστρωμα) και συνθήκες φωτισμού (δυναδική μεταβλητή 0/1 dark, με την τιμή 1 να αντιστοιχεί σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού), τον κυκλοφοριακό φόρτο (μεταβλητή flow, σε οχήματα ανά ώρα), την ύπαρξη πλευρικών προστατευτικών, καθώς και την ύπαρξη ερείσματος, ενώ η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η σχετική επικινδυνότητα. Για την απομόνωση εξωγενών επιρροών από γεωμετρικά χαρακτηριστικά που δεν περιλαμβάνονται στις ανεξάρτητες μεταβλητές, στην ανάλυση έχουν χρησιμοποιηθεί μόνο ευθύγραμμα τμήματα χωρίς σημαντική κατά μήκος κλίση. Επισημαίνεται ότι στις οδούς χωρίς κεντρική νησίδα, η διατομή περιλαμβάνει μία λωρίδα ανά κατεύθυνση και χρησιμοποιούμενες από την κυκλοφορία ΛΕΑ, ενώ στις οδούς με κεντρική νησίδα δεν γίνεται διαχωρισμός στα τμήματα με δύο ή με τρεις λωρίδες (πλέον ΛΕΑ) ανά κατεύθυνση, διαχωρισμός που πρέπει να εξεταστεί σε μελλοντική έρευνα.

Οι τελικές μορφές των μαθηματικών προτύπων προέκυψαν από ανάλυση διαφόρων εναλλακτικών και εκτιμήθηκαν με χρήση ειδικού στατιστικού λογισμικού (R Development Core Team, 2007). Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν διαφορετικές στατιστικές κατανομές (Poisson, quasi-Poisson, αρνητική διωνυμική) για την εκτίμηση γενικευμένων γραμμικών προτύπων. Η τελική μορφή του συστηματικού μέρους της εξίσωσης που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση των παραμέτρων είναι:

$$g(\mu_i) = \text{intercept} * 1 + b_{med} * median_i + b_{dark} * dark_i + b_{rain} * rain_i + b_{flow} * flow_i$$

Στον Πίνακα 1 φαίνονται τα αποτελέσματα του προτύπου με κατανομή Poisson. Αν και οι τιμές του τυπικού σφάλματος και της τιμής z φαίνεται να υποδηλώνει ότι όλες οι παράμετροι είναι πολύ σημαντικές, μια προσεκτική ανάλυση της τελικής απόκλισης του προτύπου, σε συνδυασμό με τον αριθμό των βαθμών ελευθερίας υποδηλώνει ένα πρόβλημα. Συγκεκριμένα, ο βαθμός διασποράς του προτύπου (που βάσει της υπόθεσης της κατανομής Poisson θα έπρεπε να ισούται περίπου με 1) ισούται με $186.41/79=2.36$. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την υποεκτίμηση του τυπικού σφάλματος όταν χρησιμοποιείται η κατανομή Poisson (στην συγκεκριμένη περίπτωση, όπου παρατηρείται υπέρ-διασπορά των δεδομένων) με αποτέλεσμα την υπέρ-εκτίμηση της σημαντικότητας των παραμέτρων.

Πίνακας 1. Αποτελέσματα προτύπου με κατανομή Poisson

Poisson	Τιμή συντελεστή	Τυπικό σφάλμα	Τιμή z
Intercept	0.19471	0.23342	0.834
Οδός χωρίς νησίδα	1.76023	0.15267	11.529
Σκοτάδι	-0.5383	0.08612	-6.251
Βροχή	-1.2185	0.10776	-11.308

Φόρτος	0.16353	0.03395	4.817
Απόκλιση αναφοράς (Null deviance)	554.51 (83 βαθμοί ελευθερίας)		
Τελική απόκλιση (Residual deviance)	186.41 (79 βαθμοί ελευθερίας)		
AIC	475.75		

Αν και στην περίπτωση αυτή, οι παράμετροι παραμένουν σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, υπό άλλες συνθήκες μια λανθασμένη χρήση της κατανομής Poisson θα μπορούσε να σημαίνει αποδοχή λανθασμένων στατιστικών υποθέσεων ως αληθείς. Για την αντιμετώπιση αυτού του πιθανού προβλήματος εξετάζονται και τα αντίστοιχα πρότυπα με τη χρήση κατανομών που ενδείκνυνται όταν υπάρχει υπερ-διασπορά των δεδομένων.

Στους Πίνακες 2 και 3 φαίνονται τα αποτελέσματα από τα πρότυπα με κατανομές quasi-Poisson και αρνητική διωνυμική. Τα βασικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των τριών πινάκων είναι:

- Η διασπορά των κατάλοιπων των προτύπων είναι περίπου 1 ($78.93/79=1$ για την κατανομή quasi-Poisson και $73.40/79=0.93$ για την αρνητική διωνυμική)
- Δεν παρατηρείται μεγάλη διαφορά στις εκτιμηθείσες τιμές των παραμέτρων, αλλά
- Παρατηρείται σημαντική διαφορά στην εκτίμηση των τιμών του τυπικού σφάλματος.

Πίνακας 2. Αποτελέσματα προτύπου με κατανομή quasi-Poisson

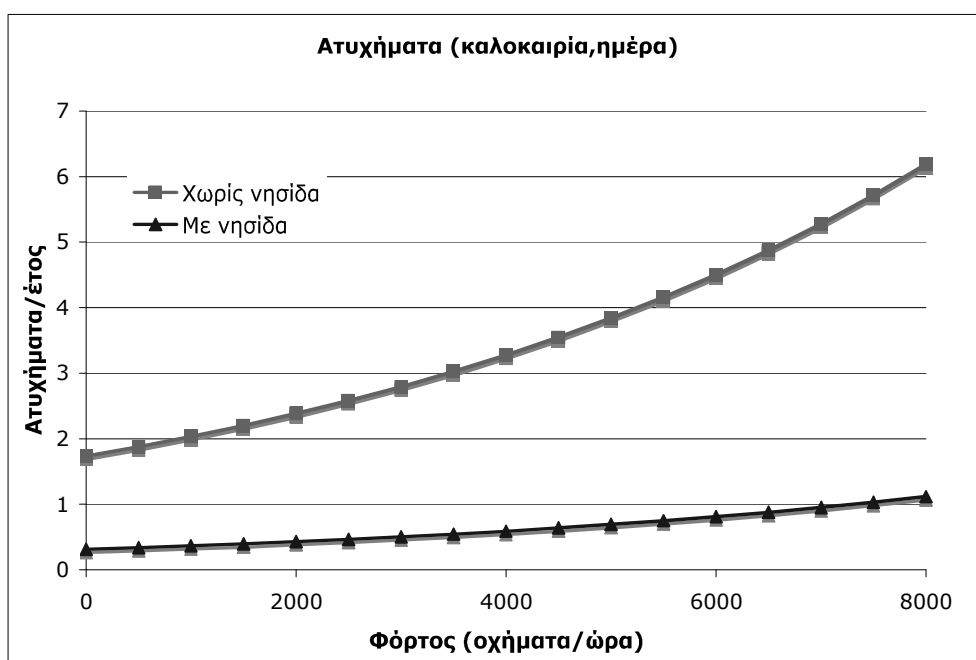
Quasi-Poisson	Τιμή συντελεστή	Τυπικό σφάλμα	Τιμή z
Intercept	0.223	0.322	0.692
Οδός χωρίς νησίδα	1.712	0.183	9.316
Σκοτάδι	-0.478	0.129	-3.706
Βροχή	-1.186	0.144	-8.201
Φόρτος	0.159	0.0520	3.058
Απόκλιση αναφοράς (Null deviance)	243.37 (83 βαθμοί ελευθερίας)		
Τελική απόκλιση (Residual deviance)	78.93 (79 βαθμοί ελευθερίας)		
AIC	235.71		

Πίνακας 3. Αποτελέσματα προτύπου με αρνητική διωνυμική κατανομή

Αρνητική διωνυμική	Τιμή συντελεστή	Τυπικό σφάλμα	Τιμή z
Intercept	0.225	0.338	0.668
Οδός χωρίς νησίδα	1.705	0.190	8.969
Σκοτάδι	-0.471	0.136	-3.456
Βροχή	-1.182	0.151	-7.791
Φόρτος	0.158	0.0550	2.884

Απόκλιση αναφοράς (Null deviance)	235.109 (83 βαθμοί ελευθερίας)
Τελική απόκλιση (Residual deviance)	73.408 (79 βαθμοί ελευθερίας)
AIC	422.97

Ένα παράδειγμα εφαρμογής της μεθοδολογίας φαίνεται στο Σχήμα 1, όπου, με εφαρμογή του προτύπου που αναπτύχθηκε με χρήση της κατανομής quasi-Poisson, γίνεται εκτίμηση του αριθμού ατυχημάτων που αναμένεται να συμβούν σε επίπεδα και ευθεία οδικά τμήματα, κατά τη διάρκεια της ημέρας και υπό κανονικές καιρικές συνθήκες, σε συνάρτηση με την ΕΜΗΚ. Από την εφαρμογή αυτή, προκύπτει ότι ο δείκτης σχετικής επικινδυνότητας αυξάνει σημαντικά όταν δεν υπάρχει νησίδα (για το ίδιο επίπεδο κυκλοφοριακού φόρτου). Η αρνητική επίπτωση της έλλειψης κεντρικής νησίδας στην οδική ασφάλεια εντείνεται σημαντικά με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου, με αποτέλεσμα, ενώ για χαμηλούς φόρτους η επικινδυνότητα είναι μόνο λίγες φορές μεγαλύτερη (σε σχέση με την ύπαρξη νησίδας), όταν αυξηθεί ο κυκλοφοριακός φόρτος η διαφορά διευρύνεται σημαντικά.



Σχήμα 1. Αριθμός ατυχημάτων υπό κανονικές συνθήκες φωτισμού και καιρού

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή της μεθόδου των γενικευμένων γραμμικών προτύπων οδήγησε σε πρότυπα από τα οποία προκύπτει η πιθανότητα να προκληθεί οδικό ατύχημα συναρτήσει του κυκλοφοριακού φόρτου, της ύπαρξης κεντρικής νησίδας, και των περιβαλλοντικών συνθηκών. Από τις σχέσεις αυτές μπορεί να προκύψουν πολύτιμες πληροφορίες ικανές να οδηγήσουν σε σημαντικά συμπεράσματα, τα οποία αν εφαρμοστούν σωστά μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση των οδικών ατυχημάτων.

Αναμφίβολα, το μαθηματικό αυτό πρότυπο στηρίζεται σε ένα μέρος του κύριου εθνικού δικτύου της χώρας, και ως εκ τούτου δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι προσφέρει μια πλήρη εκτίμηση του αριθμού των ατυχημάτων. Από την εφαρμογή του προτύπου, όμως, επιβεβαιώνεται μια σειρά από χρήσιμα συμπεράσματα, όπως:

- Η μη γραμμική αύξηση της επικινδυνότητας με την αύξηση της Ετήσιας Μέσης Ημερήσιας Κυκλοφορίας (ΕΜΗΚ), καθώς και ότι
- Η αύξηση αυτή είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση που δεν υπάρχει κεντρική νησίδα.

Από τα αποτελέσματα των προτύπων προκύπτει επίσης μια σχέση του αριθμού των ατυχημάτων με τις καιρικές συνθήκες και τις συνθήκες φωτισμού. Περαιτέρω εξέταση των σχέσεων αυτών, καθώς και συσχετισμός του προβλήματος με επιπλέον γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της οδού, π.χ. αριθμό και πλάτος λωρίδων, αναμένεται να εμπλουτίσει το πρότυπο. Παραδείγματος χάριν, η εξέταση του αριθμού των λωρίδων μπορεί ενδεχομένως να οδηγήσει σε περισσότερο αναλυτικά συμπεράσματα.

Άλλες ενδιαφέρουσες παράμετροι που μπορούν να εμπλουτίσουν τη διερεύνηση περιλαμβάνουν την ολισθηρότητα του οδοστρώματος, τη γεωμετρία του οδικού τμήματος, καθώς και των γειτονικών του, τη συνολική διατομή της οδού, τα χαρακτηριστικά της νησίδας ή του ερείσματος, την ύπαρξη πλευρικών εμποδίων, και άλλα. Τα αποτελέσματα τέτοιων προτύπων μπορεί να συμβάλλουν στο σχεδιασμό και την ιεράρχηση βελτιώσεων στο υφιστάμενο οδικό δίκτυο, με γνώμονα τη μεγιστοποίηση των επιπτώσεων στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας. Παραδείγματος χάριν, η σύγκριση της σχετικής επικινδυνότητας διαφορετικών τύπων διατομών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των αναμενόμενων ωφελειών οδικής ασφάλειας από τη διαπλάτυνση ή άλλου είδους βελτίωση της διατομής.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Council, F. and Stewart, J. R. (2000) Safety effects of the conversion of two-lane rural to four-lane rural roadways based on cross-sectional models. Transportation Research Board Annual Meeting.
- Dobson, A.J. (1990), An Introduction to Generalized Linear Models. Second edition, Chapman and Hall, London.
- Frantzeskakis, J. (1991). Safety of Road Traffic. Concise Encyclopedia of Traffic and Transportation Systems pp 423-430, Pergamon Press
- Gill, J. (2000), Generalized Linear Models: A Unified Approach, Sage University Papers Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, 07-134, Thousand Oaks, CA: Sage.
- Harwood, D. W., (1986). Multilane design alternatives for improving suburban highways. National Cooperative Highway Research Program, Report 282, Washington, D.C.
- Harwood, D. W., (1999). Effective utilization of street width on urban arterials. National Cooperative Highway research Program, Report 330, Washington, D.C.
- Long, G., Gan C-T., and Morrison, B. S., (1993). Safety impacts of selected median and access design features. Florida Department of Transportation, University of Florida.
- Lord, D., S. P. Washington, and J. N. Ivan (2005). Poisson, Poisson-gamma and zero-inflated regression models of motor vehicle crashes: balancing statistical fit and theory. Accident Analysis and Prevention 37, pp. 35-46.

- Maher M.J. and I. Summersgill (1996). A comprehensive methodology for the fitting of predictive accident models. *Accident Analysis and Prevention* 28(3), pp. 281-296.
- Maycock, G., and Hall, R. D. (1984). "Accidents at 4-Arm Roundabouts." TRRL Laboratory Report 1120, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, UK.
- McCullagh, P. and Nelder, J.A. (1989), *Generalized Linear Models*. Second edition. Chapman Hall, New York.
- Miaou, S. (1994). The relationship between truck accidents and geometric design of road sections: Poisson versus negative binomial regressions. Proceedings of the 73rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Mountain, L., Maher, M., and B. Fawaz (1998). The influence of trend on estimates of accidents at junctions. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 30, No. 5, pp. 641-649.
- Newstead, S., Cameron, M. H., Gantzer, S. and Vulcan, P. (1995). Modeling of some major factors influencing road trauma trends in Victoria 1989 - 93. Report No. 74, Monash University Accident Research Centre.
- Nicholson, A., and Y-D. Wong (1993). Are accidents Poisson distributed? A statistical test. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 25, Issue 1, February 1993, Pages 91-97
- R Development Core Team (2007). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL (<http://www.R-project.org>).
- Rumar, K., (1985). The Role of Perceptual and Cognitive Filters in Observed Behaviour. In Evans, Land Schwing, R.C Editors. *Human Behaviour and Traffic Safety*. Plenum Press, New York.
- Wattleworth, J. A., Atherley, R. J., and Hsu, P., (1988). Accident reduction factors for use in calculating benefit/cost. Transportation Research Centre, University of Florida, Gainesville.
- Wood, G.R. (2002). Generalized Linear Accident Models and Goodness of Fit Testing. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 34, pp. 417-427.
- Yannis, G., C. Antoniou and E. Papadimitriou. Road casualties and enforcement: Distributional assumptions of serially correlated count data. *Traffic Injury Prevention*, 8:3, pp. 300 - 308, 2007.
- Zegeer, C.V., Hummer, J., Reinfurt, D., Herf, L., Hunter, W., (1986). Safety Effects Of Cross-Section Design For Two-Lane Roads. Volume I, Report No. Fhwa-Rd-87-008, Federal Highway Administration.