



SafeFITS - ΕΝΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Γιώργος Γιαννής¹, Καθηγητής ΕΜΠ

Ελεονώρα Παπαδημητρίου¹, Ερευνητικός Συνεργάτης ΕΜΠ

Κατερίνα Φώλλα¹, Υπ. Διδάκτωρ ΕΜΠ

Nenad Nikolic², Regional Advisor UNECE

Eva Molnar², Former Director UNECE

¹Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφου 157 73, Αθήνα

²UN Economic Commission for Europe, Sustainable Transport Division, Palais des Nations, Geneva

**7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας
11-12 Οκτωβρίου 2018, Λάρισα**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα οδικά ατυχήματα αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στις σύγχρονες κοινωνίες, με τους τραυματισμούς στην οδική κυκλοφορία να υπολογίζονται ως η όγδοη κύρια αιτία θανάτου παγκοσμίως. Στο πλαίσιο αυτό, αναπτύχθηκε για την Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη ένα παγκόσμιο μοντέλο οδικής ασφάλειας, το SafeFITS Model, το οποίο βασίζεται σε στοιχεία για 46 δείκτες οδικής ασφάλειας για 130 χώρες και μπορεί να χρησιμεύσει ως εργαλείο λήψης αποφάσεων για τρεις τύπους ανάλυσης χάραξης πολιτικής ως προς την οδική ασφάλεια: ανάλυση παρέμβασης, συγκριτική αξιολόγηση και ανάλυση πρόβλεψης. Για την ανάπτυξη του μοντέλου σχεδιάστηκε ένα μεθοδολογικό πλαίσιο πέντε επιπέδων του συστήματος διαχείρισης της οδικής ασφάλειας και δημιουργήθηκε ειδική βάση δεδομένων. Η στατιστική προσέγγιση που επιλέχθηκε πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια, περιλαμβάνοντας τον υπολογισμό σύνθετων μεταβλητών και την εισαγωγή τους σε ένα γενικευμένο γραμμικό μοντέλο. Η ανάπτυξη του μοντέλου βασίστηκε επιπλέον σε βραχυπρόθεσμες μεταβολές της εξέλιξης της οδικής ασφάλειας, με σκοπό την επίτευξη μεσοπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων προβλέψεων. Το μοντέλο που αναπτύχθηκε έχει συνολικά ικανοποιητικές επιδόσεις και αποδεκτά σφάλματα πρόβλεψης. Η χρήση του μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη για τον έλεγχο των πολιτικών οδικής ασφάλειας, λαμβάνοντας ωστόσο υπόψη τους περιορισμούς του μοντέλου, που σχετίζονται κυρίως με τη διαθεσιμότητα και ακρίβεια των δεδομένων.

Λέξεις κλειδιά: οδικής ασφάλειας, εργαλείο λήψης αποφάσεων, παγκόσμια βάση δεδομένων, ανάλυση παραγόντων, γενικευμένο γραμμικό μοντέλο

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα οδικά ατυχήματα αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στις σύγχρονες κοινωνίες, καθώς οι τραυματισμοί στην οδική κυκλοφορία εκτιμώνται ως η όγδοη αιτία θανάτου παγκοσμίως και η πρώτη αιτία θανάτου για τους νέους ηλικίας 15 έως 29 ετών. Ιδιαίτερα στις χώρες χαμηλού ή μεσαίου εισοδήματος, τα ποσοστά των τραυματισμών στην οδική κυκλοφορία εκτιμάται ότι είναι διπλάσια από αυτά που καταγράφονται στις χώρες υψηλού εισοδήματος καταγράφοντας μία αυξανόμενη τάση, γεγονός που αποδίδεται σε μεγάλο βαθμό στην ταχεία αύξηση της κινητικότητας σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες. Οι τρέχουσες τάσεις δείχνουν ότι, αν δεν ληφθούν μέτρα, η ανισότητα μεταξύ των χωρών υψηλού και χαμηλού εισοδήματος ως προς το επίπεδο της οδικής ασφάλειας θα διευρυνθεί περαιτέρω (WHO, 2015).

Το 2011, ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) ανέπτυξε ένα Παγκόσμιο Σχέδιο Δράσης, ως καθοδηγητικό έγγραφο για τις χώρες σχετικά με τη λήψη μέτρων για τη μείωση της θνησιμότητας από οδικά ατυχήματα κα ταυτόχρονα ως προώθηση συντονισμένης δράσης σε παγκόσμιο επίπεδο. Στο πλαίσιο αυτό, η Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη ξεκίνησε το έργο Safe Future Inland Transport Systems (SafeFITS) με στόχο την ανάπτυξη ενός εργαλείου λήψης αποφάσεων για την οδική ασφάλεια χρήσιμο τόσο για τις εθνικές όσο και τις τοπικές κυβερνήσεις τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες, ώστε να βοηθήσει τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να επιλέξουν τις πλέον κατάλληλες πολιτικές και μέτρα οδικής ασφάλειας για την επίτευξη των στόχων τους.

Η παρούσα έρευνα παρουσιάζει ένα παγκόσμιο μοντέλο οδικής ασφάλειας που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου SafeFITS, το οποίο βασίζεται σε δεδομένα οδικής ασφάλειας σε παγκόσμιο επίπεδο και μπορεί να χρησιμεύσει ως εργαλείο λήψης αποφάσεων οδικής ασφάλειας για τρεις τύπους ανάλυσης, ήτοι ανάλυση παρεμβάσεων, συγκριτικής αξιολόγησης και πρόβλεψης. Δημιουργήθηκε κατ' επέκταση ένα μεθοδολογικό πλαίσιο πέντε επιπέδων του συστήματος οδικής ασφάλειας και αναπτύχθηκε ειδική βάση δεδομένων με δείκτες οδικής ασφάλειας σε κάθε επίπεδο. Για τους σκοπούς της έρευνας, εφαρμόστηκε μια προσέγγιση μοντελοποίησης που πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια. Το πρώτο περιλαμβάνει τον υπολογισμό σύνθετων μεταβλητών, οι οποίες στο δεύτερο στάδιο εισάγονται σε ένα γενικευμένο γραμμικό μοντέλο προκειμένου να συσχετιστούν με τα αποτελέσματα της οδικής ασφάλειας.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που σχεδιάστηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας συνδυάζει τους πέντε πυλώνες του Παγκοσμίου Σχεδίου Δράσης για την οδική ασφάλεια (διαχείριση οδικής ασφάλειας, χρήστης οδού, όχημα, οδός, φροντίδα μετά το ατύχημα) (UN, 2011) με μία βελτιωμένη έκδοση της πυραμίδας SUNflower (Kooornstra et al., 2002). Κατ' επέκταση, το σύστημα διαχείρισης της οδικής ασφάλειας περιγράφεται ως μια ιεραρχική δομή που περιλαμβάνει τα ακόλουθα πέντε επίπεδα:

- Το πρώτο, Οικονομία και Διαχείριση, αντικατοπτρίζει τα δομικά, οικονομικά, πολιτισμικά χαρακτηριστικά και κανονισμούς κάθε κράτους τα οποία συνδέονται με την επίδοση στην οδική ασφάλεια.
- Η Ζήτηση Μεταφορών και η Έκθεση στον κίνδυνο, στο δεύτερο επίπεδο, αντικατοπτρίζει τα χαρακτηριστικά του συστήματος μεταφορών και της έκθεσης του πληθυσμού σε κίνδυνο λόγω της αστικοποίησης, του διαχωρισμού στα είδη μεταφοράς, του τύπου του οδικού δικτύου, τον καταμερισμό της κυκλοφορίας ανά είδος μετακίνησης ή τύπο της οδού κτλ., τα οποία συνδέονται με τον κίνδυνο ατυχήματος.

- Μέτρα Οδικής Ασφάλειας (αποτελέσματα πολιτικής), στο τρίτο επίπεδο, ως αποτέλεσμα των δομικών και οικονομικών χαρακτηριστικών.
- Προκειμένου να συνδεθούν τα παραπάνω επίπεδα με τα πραγματικά αποτελέσματα των οδικών ατυχημάτων, ένα ενδιάμεσο επίπεδο επιλέγεται για να προσδιορίσει το επιχειρησιακό επίπεδο της οδικής ασφάλειας σε κάθε κράτος, το οποίο περιλαμβάνει τους Δείκτες Επίδοσης της Οδικής Ασφάλειας.
- Τα τελικά αποτελέσματα εκφραζόμενα ως νεκροί και τραυματίες σε οδικά ατυχήματα, τα οποία είναι απαραίτητα στην κατανόηση της έκτασης του προβλήματος, αποτελούν το πέμπτο επίπεδο.

3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Ο κύριος στόχος του έργου SafeFITS ήταν να αναπτύξει ένα στατιστικό μοντέλο το οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για τη διερεύνηση διαφόρων σεναρίων πολιτικής για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας. Σε αυτό το πλαίσιο, κρίθηκε απαραίτητο να ληφθούν υπόψη όσοι περισσότεροι δυνατοί δείκτες με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία. Επιπλέον, για την αποδοτική πρόβλεψη των μελλοντικών εξελίξεων της οδικής ασφάλειας, ήταν απαραίτητο να ληφθούν υπόψη και οι παρελθοντικές τάσεις και επομένως, να εξεταστεί ρητά η χρονική διάσταση του φαινομένου (Commandeur et al., 2013). Προκειμένου να ικανοποιηθούν αυτά τα κριτήρια, επιλέχθηκε μία προσέγγιση μοντελοποίησης σε δύο στάδια, η οποία περιλαμβάνει τον υπολογισμό σύνθετων μεταβλητών (Al Haji, 2005; OECD, 2008; Bax, 2012) κι έπειτα την εισαγωγή τους σε ένα γενικευμένο γραμμικό μοντέλο λαμβάνοντας υπόψη τις παρελθοντικές εξελίξεις (στη βάση βραχυπρόθεσμων μεταβολών, που συσσωρευτικά οδηγούν σε μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες προβλέψεις).

Κάθε επίπεδο του μεθοδολογικού πλαισίου περιλαμβάνει πολυάριθμους διαφορετικούς δείκτες από τους πέντε πυλώνες του Παγκοσμίου Σχεδίου Δράσης για την οδική ασφάλεια (UN, 2011). Προκειμένου να μειωθούν οι διαστάσεις της ανάλυσης, αξιοποιώντας όσο το δυνατόν περισσότερη πληροφορία, επιλέχθηκε η ανάλυση των σύνθετων μεταβλητών (δηλαδή συνδυασμοί δεικτών), αντί μεμονωμένων μεταβλητών.

Συνολικά, για έναν αριθμό κρατών, (i) δείκτες νεκρών και τραυματιών (Fatalities & Injuries) θεωρήθηκαν, (j) δείκτες επίδοσης οδικής ασφάλειας (Road Safety Performance Indicators), (k) δείκτες μέτρων οδικής ασφάλειας (Road Safety Measures), (l) δείκτες ζήτησης μεταφορών και έκθεσης (Transport Demand & Exposure) και (m) δείκτες οικονομίας και διαχείρισης (Economy and Management). Κάθε επίπεδο περιγράφεται από μία σύνθετη μεταβλητή (δίνεται ως [Σύνθετη Μεταβλητή]), η οποία έχει εκτιμηθεί ως γραμμικός συνδυασμός διαφόρων δεικτών μέσω της Παραγοντικής Ανάλυσης, ως ακολούθως:

$$[\text{Fatalities and Injuries}] = \alpha_1 * (\text{Fatalities and Injuries Indicator}_1) + \alpha_2 * (\text{Fatalities and Injuries Indicator}_2) + \dots + \alpha_i * (\text{Fatalities and Injuries Indicator}_i) + e \quad (1a)$$

$$[\text{RSPI}] = \beta_1 * (\text{RSPI Indicator}_1) + \beta_2 * (\text{RSPI Indicator}_2) + \dots + \beta_j * (\text{RSPI Indicator}_j) + v \quad (1b)$$

$$[\text{Road Safety Measures}] = \gamma_1 * (\text{Road Safety Measures Indicator}_1) + \gamma_2 * (\text{Road Safety Measures Indicator}_2) + \dots + \gamma_k * (\text{Road Safety Measures Indicator}_k) + w \quad (1c)$$

$$[\text{Transport demand \& exposure}] = \delta_1 * (\text{Transport demand \& exposure Indicator}_1) + \dots + \delta_l * (\text{Transport demand \& exposure}) + y \quad (1d)$$

$$[\text{Economy \& Management}] = \varepsilon_1 * (\text{Economy \& Management Indicator}_1) + \varepsilon_2 * (\text{Economy \& Management Indicator}_2) + \dots + \varepsilon_m * (\text{Economy \& Management Indicator}_m) + z \quad (1e),$$

με $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ οι παράμετροι προς εκτίμηση και e, v, w, y, z οι όροι σφάλματος, που εκφράζουν την αβεβαιότητα στην εκτίμηση των σύνθετων μεταβλητών.

Στο επόμενο στάδιο, η ανάπτυξη ενός προτύπου που συνδέει τα αποτελέσματα της οδικής ασφάλειας με τις σύνθετες μεταβλητές επιδιώχθηκε. Το λογαριθμικό μοντέλο περιγράφεται ως εξής:

$$\text{Log [Fatalities \& Injuries]}_i = A_i + K_i * [\text{Economy \& Management}]_i + L_i * [\text{Transport demand \& Exposure}]_i + M_i * [\text{Road Safety Measures}]_i + N_i * [\text{RSPI}]_i + \epsilon_i \quad (2)$$

με (i) τα κράτη, A, K, L, M, N παράμετροι προς εκτίμηση, και ϵ όρος σφάλματος, που εκφράζει την αβεβαιότητα στην εκτίμηση της σχέσης.

Παρ' όλα αυτά, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι σχέσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων της οδικής ασφάλειας και των υπό εξέταση δεικτών εξαρτάται από υποκείμενες τάσεις της εξέλιξης των αποτελεσμάτων. Η διάσταση του χρόνου λαμβάνεται υπόψη εφαρμόζοντας μια προσέγγιση μεσοπρόθεσμων προβλέψεων, στη βάση των εξελίξεων των πρόσφατων ετών, για τα οποία τα δεδομένα είναι διαθέσιμα. Εφαρμόζοντας την ίδια προσέγγιση και στα μελλοντικά προβλεπόμενα αποτελέσματα, μακροπρόθεσμες προβλέψεις μπορούν επιπλέον να επιτευχθούν υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Η βασική μεταβλητή που χρησιμοποιήθηκε στις προβλέψεις για να ληφθούν υπόψη οι παρελθοντικές και μελλοντικές τάσεις είναι το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Α.Ε.Π.), το οποίο θεωρείται ένας κατάλληλος δείκτης για την πρόβλεψη των μελλοντικών εξελίξεων της οδικής ασφάλειας εν απουσία δεδομένων κινητικότητας και έκθεσης σε κίνδυνο (Korits and Cropper, 2005; Antoniou et al., 2016). Όροι εισήχθησαν στο στατιστικό μοντέλο, συσχετίζοντας τα αποτελέσματα της οδικής ασφάλειας μίας χρονιάς με αυτά της προηγούμενης και το Α.Ε.Π. (Yannis et al., 2014).

Η τελική θεώρηση του γενικευμένου γραμμικού μοντέλου της Εξίσωσης (2), περιλαμβάνοντας τις βραχυπρόθεσμες διαφορές (τ έτη) στον αριθμό των νεκρών είναι η ακόλουθη:

$$\text{Log(Fatalities per Population)}_{t_i} = A_i + \text{Log(Fatalities per Population)}_{(t-\tau)_i} + B_i * \text{GDP}_{t_i} + K_i * [\text{Economy \& Management}]_{t_i} + L_i * [\text{Transport demand \& Exposure}]_{t_i} + M_i * [\text{Road Safety Measures}]_{t_i} + N_i * [\text{RSPI}]_{t_i} + \epsilon_i \quad (3)$$

4. Η ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ SafeFITS

Αρχικώς αναπτύχθηκε η βάση δεδομένων με κριτήριο να καλύψει τη δομή του συστήματος διαχείρισης της οδικής οδικής ασφάλειας, όπως αυτό θεωρήθηκε στο πλαίσιο του έργου SafeFITS. Διερευνήθηκαν για το σκοπό αυτό διεθνείς βάσεις δεδομένων, όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ.), η βάση δεδομένων των Ηνωμένων Εθνών, η Διεθνής Ομοσπονδία Οδών (IRF) κτλ., με στόχο να συλλεχθούν αξιόπιστα και τα πιο πρόσφατα δεδομένα για σχεδόν όλα τα κράτη μέλη των Ηνωμένων Εθνών. Τελικώς, συλλέχθηκαν δεδομένα για 130 κράτη (με πληθυσμό μεγαλύτερο από 2,8 εκατομμύρια) και 72 δείκτες, οι οποίοι καλύπτουν όλα τα επίπεδα όπως περιγράφηκαν παραπάνω. Τα δεδομένα αφορούν στο 2013, καθώς για το συγκεκριμένο έτος υπήρχαν τα πιο πρόσφατα δεδομένα σχετικά με τον αριθμό των νεκρών σε οδικά ατυχήματα.

Κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας των δεδομένων για την στατιστική ανάλυση, ένα θέμα που έπρεπε να διευθετηθεί ήταν ο υπολογισμός των τιμών που έλειπαν ανά δείκτη. Αρχικά, για τις μεταβλητές και χώρες για τις οποίες υπήρχαν διαθέσιμες χρονοσειρές, τα πιο πρόσφατα δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν αντί του 2013. Για τις υπόλοιπες τιμές που έλειπαν, η υποκατάσταση τους με τη μέση τιμή επιλέχθηκε. Για τον σκοπό αυτό, οι χώρες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με βάση το επίπεδο

κινητικότητας, την επίδοση στην οδική ασφάλεια και την οικονομική τους επίδοση. Οι ελλιπούς τιμές του κάθε δείκτη συμπληρώθηκαν με τη μέση τιμή που προέκυψε από την ομάδα των κρατών στην οποία ανήκει με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

5.1 Υπολογισμός Σύνθετων Μεταβλητών

Για κάθε επίπεδο του συστήματος διαχείρισης της οδικής ασφάλειας εφαρμόστηκε ανάλυση παραγόντων, υπό τον περιορισμό να οδηγήσει στην εξαγωγή μίας μόνο σύνθετης μεταβλητής ανά επίπεδο, μία προσέγγιση που έγκειται περισσότερο στην ομάδα της επιβεβαιωτικής ανάλυσης παραγόντων (confirmatory factor analysis) παρά στη διερευνητική ανάλυση παραγόντων (exploratory factor analysis). Για το τελευταίο επίπεδο, δεν πραγματοποιήθηκε ανάλυση παραγόντων δεδομένου ότι δεν υπήρχαν επαρκή δεδομένα για διάφορους σχετικούς δείκτες ώστε να υπολογιστεί μία σύνθετη μεταβλητή. Για τον λόγο αυτό, στο δεύτερο στάδιο επιλέχθηκε ως εξαρτημένη μεταβλητή να χρησιμοποιηθεί ο αριθμός των νεκρών σε οδικά ατυχήματα ανά 100,000 πληθυσμού.

Ο Πίνακας 1 δείχνει τις επιβαρύνσεις (loadings) των δεικτών στην μεταβλητή και τις τιμές των συντελεστών (score coefficients), όπως υπολογίστηκαν από την ανάλυση παραγόντων. Οι δείκτες με "επιβάρυνση" μεγαλύτερη από 0.3 (που ήταν το όριο) συμπεριλήφθηκαν στον υπολογισμό των σύνθετων μεταβλητών ανά επίπεδο:

- **Economy and Management:** οι δείκτες σχετικοί με τη δημογραφική κατανομή είναι εκείνοι με τις μεγαλύτερες "επιβαρύνσεις", σε συνδυασμό με στοιχεία σχετικά με το σύστημα διαχείρισης της οδικής ασφάλειας. Ο παράγοντας που υπολογίστηκε αναπαριστά το 34.7% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων.
- **Transport Demand and Exposure:** οι δείκτες σχετικοί με την κατανομή του στόλου οχημάτων είναι αυτοί με τα υψηλότερα "επιβαρύνσεις", σε συνδυασμό με στοιχεία του οδικού δικτύου και της αναλογίας επιβατικών και εμπορευματικών μεταφορών. Ο παράγοντας αυτός αναπαριστά το 30.8% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων.
- **Measures:** οι δείκτες σχετικοί με πρότυπα χαρακτηριστικά οχημάτων είναι αυτοί με τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις, ακολουθούμενοι από τα νόμιμα όρια αλκόολ για τους οδηγούς, τα όρια ταχύτητας και το μέτρο σχετικά με τη νομοθεσία για τη μεταφορά των επίνδυνων υλικών (ADR). Δείκτες με μικρότερες επιβαρύνσεις περιλαμβάνονται επίσης. Ο παράγοντας αυτός αναπαριστά το 34.2% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων.
- **Road Safety Performance Indicators:** όλοι οι δείκτες που ελέγχθηκαν είχαν υψηλή επιβάρυνση, συνδυάζοντας όλα τα στοιχεία σχετικά με τη επιβολή της νομοθεσίας οδικής κυκλοφορίας, τη χρήση εξοπλισμού προστασίας των χρηστών της οδού και τη φροντίδα μετά το ατύχημα. Ο παράγοντας αυτός αναπαριστά το 58.2% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων.

5.2 Ανάπτυξη του Γενικευμένου Γραμμικού Μονέλου

Διάφορες εναλλακτικές μοντελοποίησης ελέγχθηκαν για την επιλογή του τελικού μοντέλου. Το μοντέλο με την καλύτερη προσαρμογή για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας παρουσιάζεται στον Πίνακα 2. Η εξαρτημένη μεταβλητή είναι ο λογάριθμος των νεκρών ανά πληθυσμό για το 2013 και οι κύριες επεξηγηματικές μεταβλητές είναι ο αντίστοιχος λογάριθμος του αριθμού των νεκρών ανά πληθυσμό για το 2010 (ως εκ τούτου η εξέλιξη του αριθμού των νεκρών ανά πληθυσμό κατά τη διάρκεια της περιόδου 2010-2013 λαμβάνεται στο μοντέλο), ο λογάριθμος του Α.Ε.Π. για το 2013 και οι τέσσερις σύνθετες μεταβλητές (περιλαμβάνονται 46 δείκτες από τους 72 που ελέγχθηκαν).

Πίνακας 1: Επιβαρύνσεις και συντελεστές δεικτών Ανάλυσης Παραγόντων ανά επίπεδο

		Factor (composite variable)	
		Loadings	Score coefficients
Economy and Management	EM2_lt15yo	-0.778	-0.250
	EM3_gt65yo	0.714	0.229
	EM4_UrbanPop	0.709	0.228
	EM7_NationalStrategy	0.697	0.224
	EM8_NationalStrategyFunded	0.626	0.201
	EM9_FatalityTargets	0.692	0.222
Transport Demand and Exposure	TE1_RoadNetworkDensity	0.497	0.161
	TE2_Motorways	0.460	0.149
	TE3_PavedRoads	0.734	0.238
	TE4_VehiclesPerPop	0.839	0.272
	TE5_PassCars	0.825	0.267
	TE7_PTW	-0.681	-0.221
	TE10_PassengerFreight	-0.360	-0.117
Road Safety Measures	ME2_ADR	0.681	0.069
	ME4_SpeedLimits_urban	0.443	0.045
	ME6_SpeedLimits_motorways	0.634	0.064
	ME7_VehStand_seatbelts	0.877	0.088
	ME8_VehStand_SeatbeltAnchorage	0.906	0.091
	ME9_VehStand_FrontImpact	0.908	0.092
	ME10_VehStand_SideImpact	0.904	0.091
	ME11_VehStand_ESC	0.891	0.090
	ME12_VehStand_PedProtection	0.862	0.087
	ME13_VehStand_ChildSeats	0.896	0.090
	ME15_BAClimits	0.670	0.068
	ME16_BAClimits_young	0.670	0.068
	ME17_BAClimits_commercial	0.645	0.065
	ME19_SeatBeltLaw_all	0.570	0.057
	ME20_ChildRestraintLaw	0.628	0.063
	ME22_HelmetFastened	0.334	0.034
	ME23_HelmetStand	0.379	0.038
ME24_MobileLaw	0.375	0.038	
ME25_MobileLaw_handheld	0.350	0.035	
ME27_PenaltyPointSyst	0.378	0.038	
ME29_EmergTrain_nurses	0.399	0.040	
Road Safety Performance Indicators	PI1_SeatBeltLaw_enf	0.756	0.144
	PI2_DrinkDrivingLaw_enf	0.812	0.155
	PI3_SpeedLaw_enf	0.795	0.152
	PI4_HelmetLaw_enf	0.837	0.160
	PI5_SeatBelt_rates_front	0.811	0.155
	PI6_SeatBelt_rates_rear	0.766	0.146
	PI7_Helmet_rates_driver	0.784	0.150
	PI8_SI_ambulance	0.667	0.127
	PI9_HospitalBeds	0.607	0.116

Τα αποτελέσματα του μοντέλου μπορούν να αναλυθούν ως εξής: Αύξηση του Α.Ε.Π. οδηγεί σε μείωση της μεταβολής του αριθμού των νεκρών σε οδικά ατυχήματα, το οποίο είναι σύμφωνο με προηγούμενα βιβλιογραφικά ευρήματα. Επιπρόσθετα, υψηλότερος αριθμός νεκρών το 2010 συσχετίζεται θετικά με υψηλότερο αριθμό νεκρών και το 2013. Όλοι σχεδόν οι συντελεστές των

σύνθετων μεταβλητών έχουν αρνητικό πρόσημο, που δείχνει ότι αύξηση σε έναν ή περισσότερους δείκτες που ανήκουν στην εκάστοτε σύνθετη μεταβλητή έχει ως αποτέλεσμα μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα.

Πίνακας 2: Αποτελέσματα του Γενικευμένου Γραμμικού Μοντέλου

Parameter	B	Std. Error	95% Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	p-value
(Intercept)	1.694	0.2737	1.157	2.230	38.291	1	<0.001
Comp_ME	-0.135	0.0646	-0.261	-0.008	4.358	1	0.037
Comp_TE	-0.007	0.0028	-0.013	-0.002	7.230	1	0.007
Comp_PI	-0.007	0.0030	-0.013	-0.001	5.652	1	0.017
Comp_EM	0.007	0.0051	-0.003	0.017	2.009	1	0.156
LNfestim_2010	0.769	0.0462	0.678	0.859	276.322	1	<0.001
LNGNI_2013	-0.091	0.0314	-0.153	-0.030	8.402	1	0.004
(Scale)	0.038						
Likelihood Ratio	1379.00						
df	6						
p-value	<0.001						

Επιπλέον, όλοι οι συντελεστές είναι στατιστικά σημαντικοί σε επίπεδο σημαντικότητας 95% (p-values < 0.050) και η τιμή του Likelihood Ratio Test κάνει αποδεκτό το μοντέλο, καθώς προκύπτει στατιστικά σημαντική από τον σχετικό έλεγχο χ^2 με 6 βαθμούς ελευθερίας. Η ποιότητα του μοντέλου ελέγχθηκε επιπλέον συγκρίνοντας τις παρατηρούμενες και προβλεπόμενες τιμές του αριθμού των νεκρών ανά πληθυσμό. Το μέσο σφάλμα πρόβλεψης σε απόλυτη τιμή εκτιμήθηκε σε 2.7 νεκρούς ανά 100,000 πληθυσμού, ενώ το μέσο ποσοστιαίο σφάλμα πρόβλεψης εκτιμήθηκε στο 15% των παρατηρούμενων τιμών.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας έλαβε υπόψη διάφορες προκλήσεις και ιδιαιτερότητες των αναλύσεων της οδικής ασφάλειας. Το να επιχειρηθεί η πρόβλεψη των αποτελεσμάτων της οδικής ασφάλειας βάση σεναρίων χάραξης πολιτικής, συνδυάζοντας δηλαδή μια επεξηγηματική προσέγγιση στην οδική ασφάλεια με τη χρονική διάσταση σε παγκόσμιο επίπεδο, ήταν από μόνο του μια πρόκληση, καθώς δεν υπήρχε παρόμοιο παράδειγμα στη βιβλιογραφία. Για το λόγο αυτό, απαιτήθηκε η ανάπτυξη μιας ειδικής μεθοδολογίας, συνδυάστηκαν και προσαρμόστηκαν διαφορετικές στατιστικές τεχνικές και δοκιμάστηκαν αρκετές εναλλακτικές υποθέσεις προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της ανάλυσης, ενώ ποικίλοι περιορισμοί σε σχέση με τα δεδομένα και τη μεθοδολογία επιχειρήθηκαν να αντιμετωπιστούν.

Δημιουργήθηκε, επομένως, ένα στατιστικό μοντέλο με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα οδικής ασφάλειας σε παγκόσμιο επίπεδο, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τρεις τύπους αναλύσεων, χρήσιμες για χάραξη πολιτικής ως προς την οδική ασφάλεια, δηλαδή την ανάλυση παρεμβάσεων, τη συγκριτική αξιολόγηση και την ανάλυση πρόβλεψης. Η προτεινόμενη προσέγγιση βασίζεται στον υπολογισμό των σύνθετων μεταβλητών και στην εισαγωγή τους σε ένα γενικευμένο γραμμικό μοντέλο (προσέγγιση σε δύο στάδια), ενώ η πρόβλεψη βασίζεται σε βραχυπρόθεσμες μεταβολές που αθροιστικά οδηγούν σε μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες εκτιμήσεις. Και οι δύο αυτές επιστημονικές επιλογές έχουν τους περιορισμούς τους, αλλά ήταν οι βέλτιστες λύσεις για την αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας του μοντέλου που αναπτύχθηκε με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα.

Παρ' όλο που το μοντέλο αναπτύχθηκε με βάση τα πιο πρόσφατα και καλής ποιότητας δεδομένα που είναι διαθέσιμα σε διεθνές επίπεδο, ορισμένοι περιορισμοί θα πρέπει να ληφθούν υπόψη. Τα δεδομένα θνησιμότητας που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη του μοντέλου είναι σε ορισμένες περιπτώσεις εκτιμώμενοι αριθμοί και γενικά χαρακτηρίζονται από ελλιπή καταγραφή. Υπήρχαν ελλιπή δεδομένα, ιδίως σχετικά με τη ζήτηση μεταφορών και την έκθεση σε κίνδυνο, αλλά και με τους δείκτες επίδοσης στην οδική ασφάλεια, τα οποία αντικαταστάθηκαν από την μέση τιμή ανά ομάδα κρατών. Επιπλέον, σε αρκετές περιπτώσεις, υπήρχε μια δυαδική μεταβλητή, η οποία μπορεί να μην αντανακλά πάντα την πραγματική τιμή της μεταβλητής. Για παράδειγμα, ένα μέτρο μπορεί να εφαρμοστεί εν μέρει, αλλά δεν υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με το εάν εφαρμόζεται και παρακολουθείται.

Ένα νέο κύμα ιστορικών δεδομένων θα μπορούσε κατ' επεκταση να επιτρέψει την καλύτερη εκτίμηση της χρονικής διάστασης στο μοντέλο και επομένως, την εκτίμηση των μελλοντικών εξελίξεων με βάση μεγαλύτερες ιστορικές τάσεις τόσο των στοιχείων της θνησιμότητας σε οδικά ατυχήματα όσο και βασικών δεικτών οικονομίας, έκθεσης στον κίνδυνο και επίδοσης στην οδική ασφάλεια. Επιπλέον, περαιτέρω αλλαγές σε προγράμματα και μέτρα που εφαρμόζονται στις διάφορες χώρες, θα επιτρέψουν την ακριβέστερη εκτίμηση των επιπτώσεών τους στα αποτελέσματα της οδικής ασφάλειας, βελτιώνοντας επίσης τη δυνατότητα μεταφοράς των εκτιμήσεων αυτών μεταξύ των κρατών. Συνεπώς, προτείνεται να παρακολουθούνται στενά οι παγκόσμιες εξελίξεις όσον αφορά τη διαθεσιμότητα και την ακρίβεια των δεδομένων, έτσι ώστε η παρούσα βάση να ενημερώνεται τακτικά και συνεχώς, επιτρέποντας τη βελτίωση του μοντέλου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Al Haji, G. (2005). Towards a Road Safety Development Index (RSDI) - Development of an International Index to Measure Road Safety Performance. Linköping Studies in Science and Technology, Licentiate Thesis No. 1174, Norrköping, Sweden.
2. Antoniou C., Yannis G., Papadimitriou E., Lassarre S. (2016). Relating traffic fatalities to GDP in Europe on the long term, Accident Analysis & Prevention, Vol. 92, pp. 89-96.
3. Bax C. (Ed.), 2012. Developing a successful Composite Index; End report. Deliverable 4.9 of the Dacota project, European Commission, Brussels. (http://www.dacota-project.eu/Deliverables/DaCoTA_D4.9_developing%20a%20RSI%20deliverable.pdf).
4. Commandeur, J.J.F., F.D. Bijleveld, R. Bergel, C. Antoniou, G. Yannis, E. Papadimitriou (2013). On statistical inference in time series analysis of the evolution of road safety. Accident Analysis and Prevention 60, pp. 424-434.
5. Koornstra M., Lynam D., Nilsson G., Noordzij P., Pettersson H. E., Wegman F., Wouters P. (2002). SUNflower - A comparative study of the development of road safety in Sweden, the United Kingdom, and the Netherlands. Final report. SWOV Institute for Road Safety Research.
6. Kopits E., Cropper M. (2005). Traffic fatalities and economic growth. Accident Analysis and Prevention Vol. 37, pp. 169-178.
7. OECD (2008). Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide, www.oecd.org/publishing/corrigenda, Organization for Economic Cooperation and Development, Paris.
8. UN (2011). Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2011-2020, United Nations (http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/plan/plan_english.pdf).
9. WHO (2015). Global Status Report on Road Safety. World Health Organization, Geneva.
10. Yannis G., Papadimitriou E., Folla K. (2014). Effect of GDP changes on road traffic fatalities. Safety Science Vol. 63, pp. 42-49.