



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Οικονομικοί και συγκοινωνιακοί δείκτες επιρροής της οδικής ασφάλειας πριν και μετά την περίοδο της κρίσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση



Βαλεντίνα Μαρίνα Βασίλη

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2019

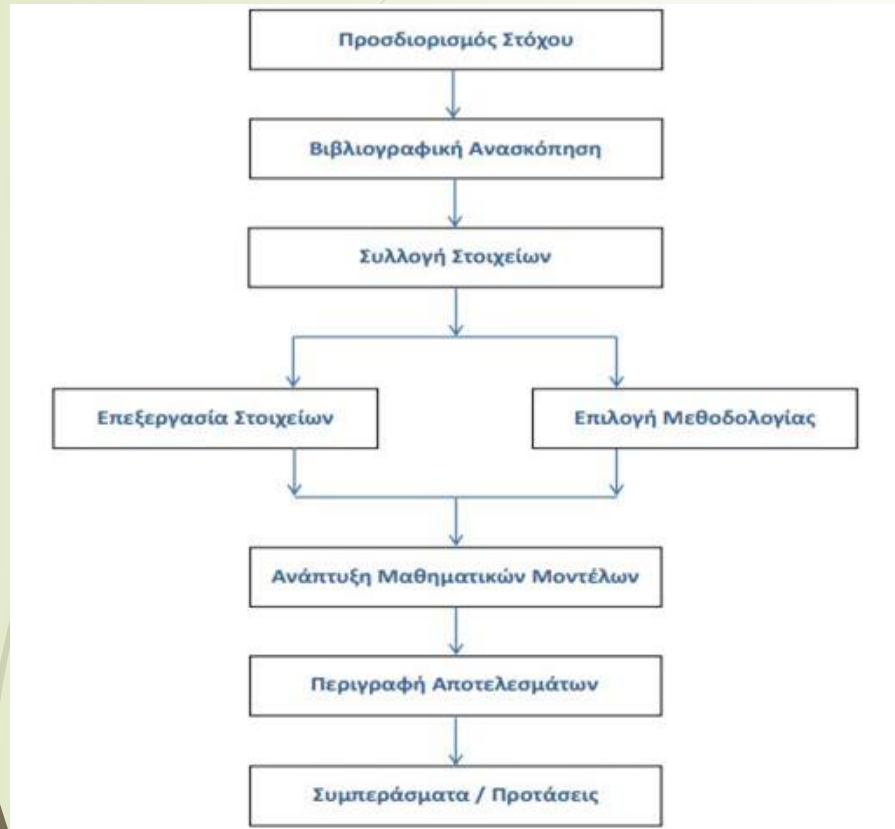
Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

- ▶ Η σύνδεση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στις χώρες της Ευρώπης πριν και μετά την κρίση με οικονομικούς, κοινωνικούς και συγκοινωνιακούς δείκτες.
- ▶ Η ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων για τις περιόδους πριν και μετά την κρίση του συνόλου των κρατών της Ευρώπης χωρισμένων σε ομάδες.

Οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν:

- Ο λογάριθμος του κατά κεφαλήν Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος (Α.Ε.Π.)
- Ο λογάριθμος του αριθμού οχημάτων (επιβατικών και μη και μοτοσυκλετών) ανά πληθυσμό
- Η τετραγωνική ρίζα των χιλιομέτρων αυτοκινητοδρόμων ανά χιλιόμετρα οδικού δικτύου

Μεθοδολογία



- Καθορισμός στόχου
- Βιβλιογραφική ανασκόπηση
- Συλλογή απαιτούμενων στοιχείων από βάσεις δεδομένων
- Επεξεργασία δεδομένων
- Απόρριψη ακατάλληλων δεικτών
- Στατιστική ανάλυση κατάλληλων
- Εξαγωγή μοντέλων
- Περιγραφή μοντέλων
- Συμπεράσματα/ Προτάσεις

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (1/2)

- ▶ Η αύξηση της ανεργίας συσχετίζεται με τη μείωση αρχικά της συχνότητας εμπλοκής σε οδικό ατύχημα, καθώς και με την αύξηση της κατά τον επόμενο μήνα από αυτόν της απώλειας της εργασίας (Wagenaar, 1983)
- ▶ Όσο υψηλότερο είναι το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. μιας χώρας, τόσο υψηλότερος είναι ο δείκτης ιδιοκτησίας οχημάτων της χώρας, ενώ η αναλογία νεκρών ανά όχημα μειώνεται με την πάροδο του χρόνου και την παράλληλη αύξηση του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. (Koonstra, 2002)
- ▶ Οι συνέπειες των τροχαίων ατυχημάτων σε διάφορες χώρες είναι αντιστρόφως ανάλογες προς το επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης μιας χώρας. (Προφυλλίδης et al., 2005)

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (2/2)

- ▶ 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. (Γ. Γιαννής et al., 2006)
- ▶ Η οικονομική ύφεση δείχνει να συσχετίζεται με λιγότερη οδήγηση όσον αφορά νέους ηλικιακά οδηγούς, λιγότερη οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ και οδήγηση με χαμηλότερη ταχύτητα. Παρόλα αυτά δεν είναι ξεκάθαρο αν οι αλλαγές αυτές εξηγούν πλήρως την μείωση των οδικών ατυχημάτων. (Wegman et al., 2017)
- ▶ Η αύξηση του πληθυσμού και η αύξηση της ιδιοκτησίας οχήματος οδηγεί σε αύξηση των οδικών ατυχημάτων. Αντίθετα, η επέκταση των οδικών υποδομών επιφέρει μείωση των οδικών ατυχημάτων. (Xin Li et al., 2018)

Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων (1/2)

➤ Αριθμός νεκρών στα οδικά ατυχήματα:

Βάση δεδομένων IRTAD, UN-ECE

➤ Πληθυσμός:

Βάση δεδομένων Eurostat

➤ Α.Ε.Π.:

Βάση δεδομένων Eurostat

➤ Χιλιόμετρα αυτοκινητοδρόμων και οδικού δικτύου:

World Road Statistics – International Road Federation, 2018

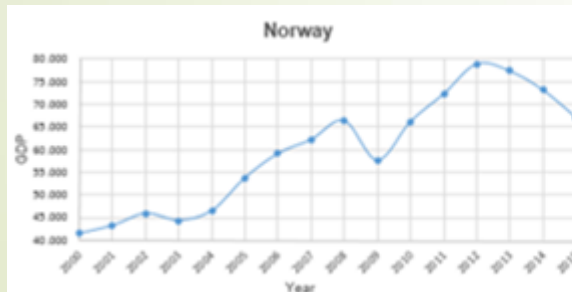
➤ Αριθμός οχημάτων (επιβατικών και μη και μοτοσυκλετών):

World Road Statistics – International Road Federation, 2018

➔ Δημιουργία Ενιαίας Βάσης Δεδομένων → Επεξεργασία στοιχείων για εισαγωγή στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης

Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων (2/2)

- ▶ Ομαδοποίηση χωρών :
 - **Χαμηλή οικονομική επίδοση** (Low economic performance) : Βουλγαρία, Τσεχία, Εσθονία, Ελλάδα, Κροατία, Λετονία, Ουγγαρία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Σλοβενία, Σλοβακία, Ιρλανδία, Κύπρος → Group 3
 - **Μεγάλες χώρες** (Largest countries) : Γερμανία, Ισπανία, Γαλλία, Ιταλία, Ηνωμένο Βασίλειο → Group 2
 - **Υψηλή οικονομική επίδοση** (High economic performance) : Βέλγιο, Δανία, Ολλανδία, Αυστρία, Φινλανδία, Σουηδία, Νορβηγία, Ελβετία → Group 1
- ▶ Ορισμός κρίσης για κάθε χώρα : Με βάση την διαχρονική εξέλιξη του Α.Ε.Π.



Γραμμικό Μικτό Μοντέλο (1/2)

Μαθηματική σχέση: $\mathbf{y} = \mathbf{X} \cdot \mathbf{b} + \mathbf{Z} \cdot \mathbf{u} + \mathbf{e}$

Όπου:

\mathbf{y} είναι ένα $n \times 1$ διάνυσμα n παρατηρούμενων αρχείων

\mathbf{b} είναι ένα $p \times 1$ διάνυσμα p τιμών των μεταβλητών σταθερών επιδράσεων

\mathbf{u} είναι ένα $q \times 1$ διάνυσμα q τιμών των μεταβλητών τυχαίων επιδράσεων

\mathbf{e} είναι ένα $n \times 1$ διάνυσμα των τυχαίων υπολοίπων

\mathbf{X} είναι ένας πίνακας συντελεστών (design matrix) της τάξης $n \times p$, ο οποίος συσχετίζει τα αρχεία του \mathbf{y} με τις μεταβλητές του \mathbf{b}

\mathbf{Z} είναι ένας πίνακας συντελεστών (design matrix) της τάξης $n \times q$, ο οποίος συσχετίζει τα αρχεία του \mathbf{y} με τις μεταβλητές του \mathbf{u}

Γραμμικό Μικτό Μοντέλο (2/2)

➤ Μεταβλητές:

- Σταθερών επιδράσεων

➤ Παράγοντας (ομάδα κρατών)

➤ Συμμεταβλητές (sqrtMotorw/Road, LNFI/P, LNGDP)

➤ Στατιστικοί έλεγχοι:

- 1) LRT για τη στατιστική εμπιστοσύνη του μοντέλου
- 2) F-tests για τον έλεγχο των σταθερών επιδράσεων
- 3) t-tests για τον έλεγχο των συντελεστών των σταθερών επιδράσεων
- 4) Wald Z για τον έλεγχο των υπολοίπων

Αποτελέσματα στατιστικών μοντέλων(1/2)

► Το μοντέλο πριν την κρίση:

$$\begin{aligned} \text{LN(F/P)} = & 7,030112 + 0,369740 * \text{LNFI/P} - 0,192870 * \text{LNGDP} - 0,044018 * \text{sqMotorwRoad} + \\ & 7,821731 * \text{Group}=1 + 19,101235 * \text{Group}=2 + 0,378635 * \text{Group}=1 * \text{LNFI/P} - 0,751844 * \\ & \text{Group}=1 * \text{LNGDP} - 1,855433 * \text{Group}=2 * \text{LNGDP} - 0,177269 * \text{Group}=1 * \text{sqMotorwRoad} - \\ & 0,228925 * \text{Group}=2 * \text{sqMotorwRoad} \end{aligned}$$

► Το μοντέλο μετά την κρίση:

$$\begin{aligned} \text{LN(F/P)} = & 8,647455 + 0,174699 * \text{LNFI/P} - 0,445667 * \text{LNGDP} - 0,067507 * \text{sqMotorwRoad} + \\ & 3,383994 * \text{Group}=1 + 6,873616 * \text{Group}=2 + 0,509221 * \text{Group}=1 * \text{LNFI/P} + 3,626997 * \\ & \text{Group}=2 * \text{LNFI/P} - 0,30056 * \text{Group}=1 * \text{LNGDP} - 0,472923 * \text{Group}=2 * \text{LNGDP} - 0,289984 * \\ & \text{Group}=2 * \text{sqMotorwRoad} \end{aligned}$$

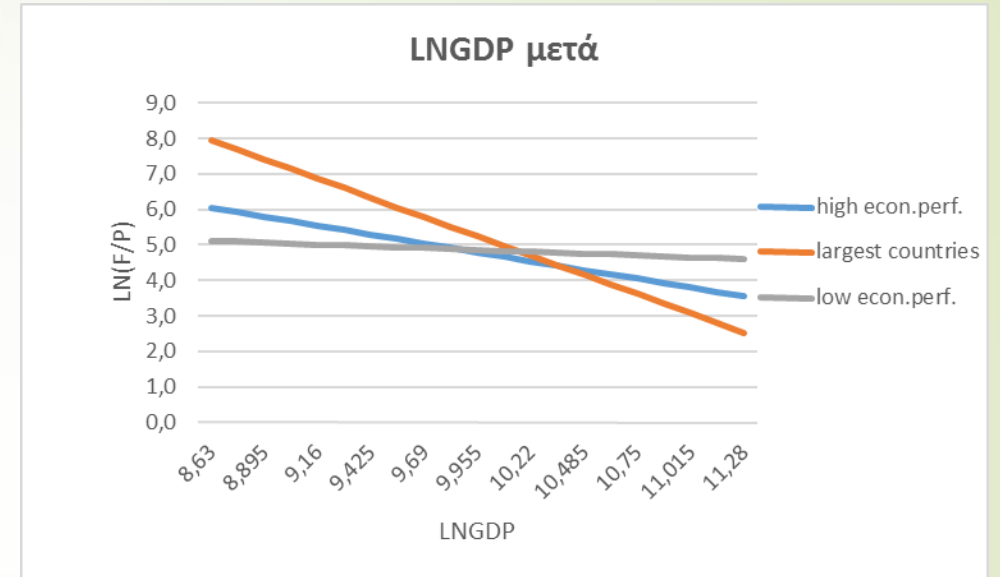
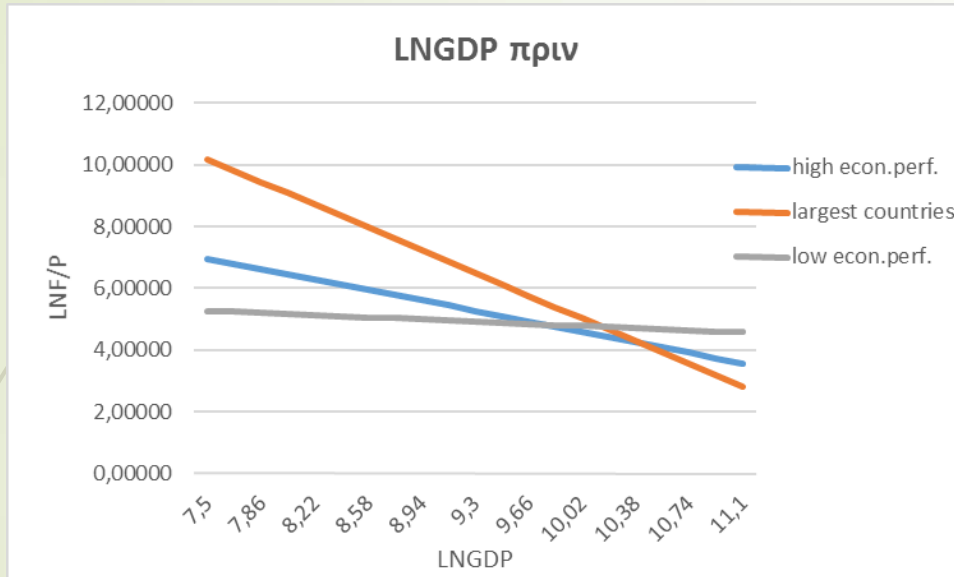
Αποτελέσματα στατιστικών μοντέλων(1/2)

- ▶ Για τα στατιστικά μοντέλα των κρατών της Ευρώπης παρατηρείται και για τις δυο περιόδους ότι ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα:
 - Για αύξηση των αυτοκινητοδρόμων ανά οδικό δίκτυο, μειώνεται.
 - Για αύξηση του Α.Ε.Π. , μειώνεται.
 - Συσχετίζεται θετικά με την αύξηση του αριθμού των οχημάτων.
- ▶ Σε σχέση με την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση που αποτελεί επίπεδο αναφοράς των στατιστικών μοντέλων:
 - τα κράτη με υψηλή οικονομική επίδοση και οι μεγάλες χώρες συμβάλλουν περισσότερο στον αριθμό των νεκρών.
 - τα χιλιόμετρα αυτοκινητοδρόμων ανά οδικό δίκτυο στην ομάδα των μεγάλων κρατών συμβάλλουν λιγότερο στον αριθμό των νεκρών.
 - Ο αριθμός των οχημάτων ανά πληθυσμό στην ομάδα με υψηλή οικονομική επίδοση συμβάλλει λιγότερο στον αριθμό των νεκρών.

Σχετική επιρροή ανεξάρτητων μεταβλητών

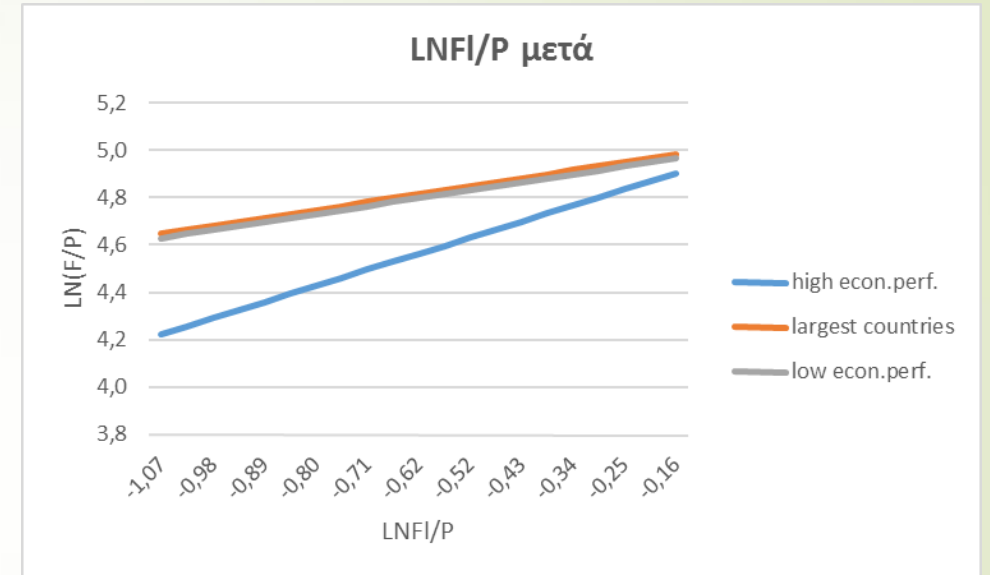
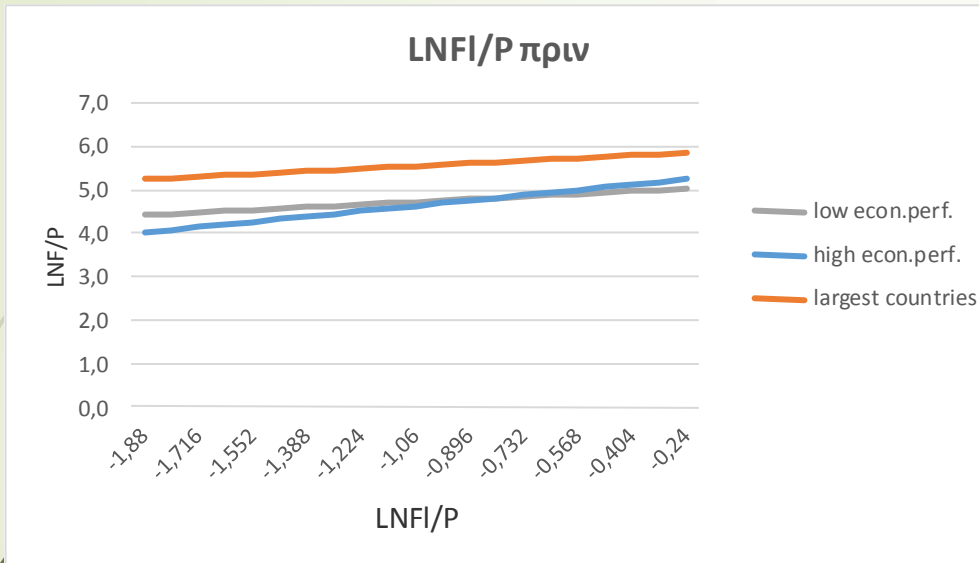
Παράμετρος	Πριν				Μετά			
	Estimate	t	Sig.	ei*	Estimate	t	Sig.	ei*
Σταθερός Όρος	7,030	17,920	0,000		8,647	13,982	0,000	
[Γκρουπ=1]	7,821	6,074	0,000		3,383	2,603	0,011	
[Γκρουπ=2]	19,101	6,310	0,000		6,873	2,089	0,031	
LN(οχήματα/ πληθυσμό)	0,369	4,639	0,000	-5,17	0,174	2,243	0,025	-1,33
Τετρ_ριζα (αυτοκινητοδρομοι/ δίκτυο)	-0,044	-2,441	0,015	-1	-0,067	-2,208	0,029	-1
LN(A.E.Π.)	-0,192	-5,282	0,000	-36,79	-0,445	-7,365	0,000	-62,77
[Γκρουπ=1] * LN(οχήματα/ πληθυσμό)	0,378				0,509	1,873	0,064	
[Γκρουπ=2] * LN(οχήματα/ πληθυσμό)	0,514	1,705	0,090		3,626	5,764	0,000	
[Γκρουπ=1] * Τετρ_ριζα (αυτοκινητοδρομοι/ δίκτυο)	-0,177	-2,063	0,040		0,101			
[Γκρουπ=2] * Τετρ_ριζα (αυτοκινητοδρομοι/ δίκτυο)	-0,228	-2,530	0,012		-0,289	-2,415	0,018	
[Γκρουπ=1] * LN(A.E.Π.)	-0,751	-6,343	0,000		-0,300	-2,418	0,017	
[Γκρουπ=2] * LN(A.E.Π.)	-1,855	-6,543	0,000		-0,472	-2,047	0,053	
Παράμετρος	Estimate	Wald z	Sig.		Estimate	Wald z	Sig.	
Υπόλοιπο	0,036	10,464	0,000		0,035	7,141	0,000	

Ανάλυση ευαισθησίας (1/2)



Στα παραπάνω διαγράμματα διαπιστώνεται ότι ο λογάριθμος του Α.Ε.Π. (LNGDP) παρουσιάζει τη μεγαλύτερη επιρροή στην ομάδα των μεγάλων χωρών και την μικρότερη στις χώρες με χαμηλή οικονομική επίδοση.

Ανάλυση ευαισθησίας (2/2)



Αύξηση του λογαρίθμου του αριθμού των οχημάτων ανά πληθυσμό σημαίνει αύξηση της έκθεσης σε κίνδυνο των χρηστών της οδού και κατά συνέπεια υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος τραυματισμού σε ατύχημα.

Μετά την κρίση παρατηρείται μεγαλύτερη επιρροή του αριθμού των οχημάτων ανά πληθυσμό στην ομάδα χωρών με υψηλή οικονομική επίδοση.

Συμπεράσματα (1/3)

- Αύξηση του Α.Ε.Π. (GDP) συσχετίζεται με μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα → υψηλότερη κουλτούρα οδικής ασφάλειας
- Αύξηση του αριθμού οχημάτων ανά πληθυσμό (FI/P) συσχετίζεται με αύξηση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα → αύξηση της έκθεσης σε κίνδυνο των χρηστών της οδού. Αυτό χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, καθώς ο συντελεστής της σχετικής επιρροής του λογαρίθμου του στόλου των οχημάτων ανά πληθυσμό προέκυψε αρνητικός.
- Αύξηση των χιλιομέτρων αυτοκινητοδρόμων ανά χιλιόμετρα οδικού δικτύου (Motorw/Road) συσχετίζεται με τη μείωση των νεκρών στα οδικά ατυχήματα → ανεβάζουν το επίπεδο της κυκλοφορίας

Συμπεράσματα (2/3)

- Η εξέλιξη της οικονομίας επιδρά στην εξέλιξη των οδικών ατυχημάτων περισσότερο από τους συγκοινωνιακούς δείκτες. Η επιρροή της μεταβλητής του ΑΕΠ είναι μεγαλύτερη μετά την κρίση από ότι πριν την κρίση (1,7 φορές).
- Η ομάδα των μεγάλων χωρών συμβάλλει στον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα 19 φορές περισσότερο από την ομάδα των κρατών με χαμηλή οικονομική επίδοση πριν την κρίση, ενώ μετά την κρίση 7 φορές περισσότερο → πληθυσμιακοί και κοινωνικοί παράγοντες που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης.
- Η επιρροή της μεταβλητής του αριθμού των οχημάτων είναι μεγαλύτερη πριν την κρίση από ότι μετά τη κρίση (4 φορές) → γενική μείωση κυκλοφορίας οχημάτων στους δρόμους λόγω επιφυλακτικότητας μετά την κρίση (θέμα που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης).

Συμπεράσματα (3/3)

- ▶ Μικρές οι διαφορές στα διαγράμματα ευαισθησίας στην επιρροή των υπό εξέταση μεταβλητών στην οδική ασφάλεια πριν και μετά την κρίση (μικρή αύξηση της επιρροής του λογαρίθμου του αριθμού οχημάτων ανά πληθυσμό στα οδικά ατυχήματα στα κράτη με υψηλή οικονομική επίδοση μετά την κρίση → κοινωνικοί παράγοντες)
- ▶ Η μέθοδος του Γραμμικού Μικτού Μοντέλου κρίθηκε κατάλληλη για την ανάλυση της επιρροής οικονομικών, κοινωνικών και συγκοινωνιακών δεικτών στην οδική ασφάλεια

Προτάσεις (1/2)

- ▶ Επέκταση της συγκεκριμένης έρευνας σε μεγαλύτερο αριθμό χωρών και εκτός Ευρώπης ώστε να γίνουν συγκρίσεις για τη διαπίστωση αν τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έχουν την ίδια ισχύ παγκοσμίως.
- ▶ Συλλογή δεδομένων από περισσότερα έτη για τους αυτοκινητοδρόμους ή και άλλες μεταβλητές που περιγράφουν τις συγκοινωνιακές συνθήκες ώστε να διερευνηθεί περαιτέρω η συσχέτιση της βελτίωσης της συγκοινωνιακής κατάστασης με την οδική ασφάλεια.

Προτάσεις (2/2)

- ▶ Διερεύνηση της συσχέτισης των ίδιων οικονομικών, κοινωνικών και συγκοινωνιακών δεικτών με τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα με χρήση άλλων στατιστικών μεθόδων (π.χ. στοιχεία για μεγαλύτερο χρονικό εύρος με χρήση ανάλυσης χρονοσειρών).
- ▶ Διερεύνηση των κοινωνικών είτε άλλων παραγόντων που οδηγούν τις διάφορες κατηγορίες χωρών να συμβάλλουν περισσότερο ή λιγότερο στο συνολικό αριθμό των οδικών ατυχημάτων.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Οικονομικοί και συγκοινωνιακοί δείκτες επιρροής της οδικής ασφάλειας πριν και μετά την περίοδο της κρίσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση



Βαλεντίνα Μαρίνα Βασίλη

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2019