



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Συσχέτιση επιδόσεων οδικής ασφάλειας
με δείκτες υγείας και οικονομίας στην
Ευρωπαϊκή Ένωση

της

Μυρτώς Δαμιανού

Αθήνα ,
Ιούλιος 2018

Βασικά στάδια διπλωματικής εργασίας

- Προσδιορισμός Στόχου
- Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- Συλλογή Στοιχείων
- Επεξεργασία Στοιχείων
- Επιλογή Μεθοδολογίας
- Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου
- Περιγραφή Αποτελεσμάτων
- Συμπεράσματα-Προτάσεις

Στόχος και Μεθοδολογία

- Συσχέτιση των επιδόσεων της οδικής ασφάλειας με ιατρικούς, οικονομικούς και κοινωνικούς δείκτες στην Ευρωπαϊκή Ένωση.
- Ανάπτυξη και εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων τα οποία βασίζονται στη στατιστική ανάλυση.
- Λογαριθμισμένη Γραμμική Παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των νεκρών ανά πληθυσμό για τις 27 χώρες-μέλη της Ε.Ε.
- Γραμμικό Μικτό Μοντέλο με εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των νεκρών ανά πληθυσμό για τις 3 ομάδες κρατών των 27 χωρών-μελών της Ε.Ε.

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

- Τα οδικά ατυχήματα αυξάνονται κάθε χρόνο στις χώρες με χαμηλό και μεσαίο εισόδημα σε σύγκριση με τις χώρες υψηλού εισοδήματος, οι οποίες παρουσιάζουν μειούμενες τάσεις.
- Ο αριθμός των θανάτων από οδικά ατυχήματα αυξάνεται με την αύξηση της κινητικότητας στα αρχικά στάδια της οικονομικής ανάπτυξης. Στη συνέχεια όμως, λόγω της τεχνικής, οικονομικής και κοινωνικής προόδου, ο αριθμός των θανάτων μειώνεται με την αύξηση του κατά κεφαλήν εισοδήματος.
- Τα ποσοστά νεκρών σε οδικά ατυχήματα δε σχετίζονται μόνο με το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. αλλά και με την πυκνότητα οχημάτων και τον πληθυσμό ανά νοσοκομειακή κλίνη.

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

- Το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. και οι δαπάνες στον τομέα της υγείας ως ποσοστό του Α.Ε.Π. σχετίζονται με ένα μειούμενο ποσοστό θανάσιμων τραυματισμών ανάμεσα στα θύματα οδικών ατυχημάτων.
- Η πυκνότητα των νοσοκομειακών κλινών συμβάλλει στην μείωση των θανάτων που σχετίζονται με την κυκλοφορία. Επιπλέον, η ποιότητα των γενικών ιατρικών εγκαταστάσεων και της τεχνολογίας που συνδέονται με την αύξηση των δαπανών για την υγεία δύναται να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα για τη μείωση των θανάτων εξαιτίας οδικών ατυχημάτων.

Θεωρητικό Υπόβαθρο

- Συντελεστής Συσχέτισης

$$r(X,Y) = \frac{(\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}))}{\left[(\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2)^{\frac{1}{2}} (\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2)^{\frac{1}{2}} \right]}$$

- Πολ/πλή Γραμμική Παλινδρόμηση

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 * X_{1i} + \beta_2 * X_{2i} + \dots + \beta_k * X_{ki} + \varepsilon_i$$

- Λογαριθμισμένη Γραμμική παλινδρόμηση

$$\log(y_i) = \beta_0 + \beta_1 * X_{1i} + \dots + \beta_k * X_{ki} + \varepsilon_i$$

Θεωρητικό Υπόβαθρο

- Δείκτες Αξιολόγησης Παλίνδρομων Μοντέλων:
 - **t-tests:** δείχνει αν η πραγματική τιμή του συγκεκριμένου συντελεστή διαφέρει σημαντικά από το μηδέν ή όχι.
 - Όσο **μεγαλύτερη** είναι η **απόλυτη τιμή** του τόσο **μεγαλύτερη** είναι η **επιρροή** της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα.
 - Για **διάστημα εμπιστοσύνης 95%** πρέπει η απόλυτη τιμή του δείκτη t για τις μεταβλητές να είναι **μεγαλύτερη από 1,645**.
 - **Συντελεστή συσχέτισης R^2 :** η εξαρτημένη και οι ανεξάρτητες μεταβλητές βρίσκονται σε ισχυρή συσχέτιση μόνο για υψηλές τιμές του R^2 .
 - **Χαμηλή τιμή** του συντελεστή συσχέτισης οδηγεί σε **απόρριψη** της **σχέσης** ως **προσεγγιστικής** και **αναξιόπιστης**.

Θεωρητικό Υπόβαθρο

- Γραμμικό Μικτό μοντέλο

$$y = \beta * X + Z*u + e$$

- το y είναι ένας γνωστός πίνακας με τις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής και μέση τιμή $E(y)=X\beta$
- το β είναι ένα άγνωστο διάνυσμα με σταθερούς συντελεστές
- το u είναι ένα άγνωστο διάνυσμα με τυχαίους συντελεστές με μέση τιμή $E(u)=0$ και διακύμανση πίνακα $\text{var}(u)=T$
- ο e είναι ένα άγνωστο διάνυσμα με τυχαίους συντελεστές με μέση τιμή $E(e)=0$ και διακύμανση πίνακα $\text{var}(u)=R$
- και X και Z είναι γνωστοί πίνακες συσχέτισης της μεταβλητής y με τις μεταβλητές β και u , αντίστοιχα

Θεωρητικό Υπόβαθρο

- Δείκτες Αξιολόγησης Μικτών Μοντέλων:

- **Συντελεστής Πιθανοφάνειας**

$$LRT = -2(L(b) - L(0))$$

- $L(b) = L$ (μοντέλου με p μεταβλητές) και
- $L(0) = L$ (μοντέλου χωρίς τις p μεταβλητές)
- πρέπει το LRT να είναι μεγαλύτερο από την τιμή του κριτηρίου χ^2 για p βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

- **$AIC = 2k - 2\ln(\hat{L})$**

- k , αριθμός εκτιμώμενων παραμέτρων μοντέλου
- $\hat{L}$, μέγιστη τιμή συνάρτησης πιθανότητας μοντέλου
- Όσο μικρότερη η τιμή του AIC τόσο καλύτερο το μοντέλο.

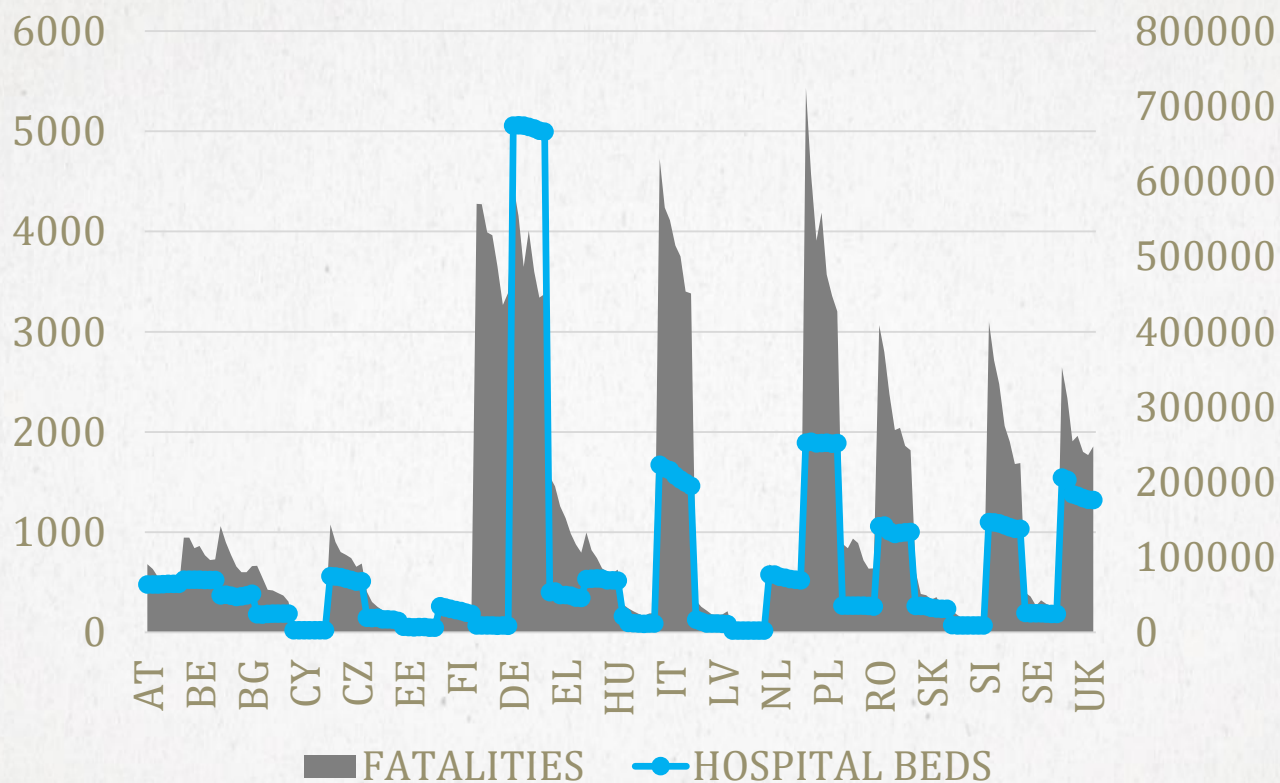
Συλλογή Στοιχείων

- 27 χώρες-μέλη της Ε.Ε.
- Έτη 2008-2014
- 5 Βάσεις Δεδομένων (EUROSTAT, CARE database, World bank, World Development Indicators, United Nations)
- Μεταβλητές:
 - το πλήθος των θανάσιμων οδικών ατυχημάτων
 - το πλήθος των οδικών ατυχημάτων εντός αστικού δικτύου
 - ο αριθμός των νεκρών σε οδικά ατυχήματα
 - το προσδόκιμο ζωής των ανθρώπων
 - τα παραγωγικά χρόνια ζωής των ανθρώπων
 - ο δείκτης ανεργίας

Συλλογή Στοιχείων

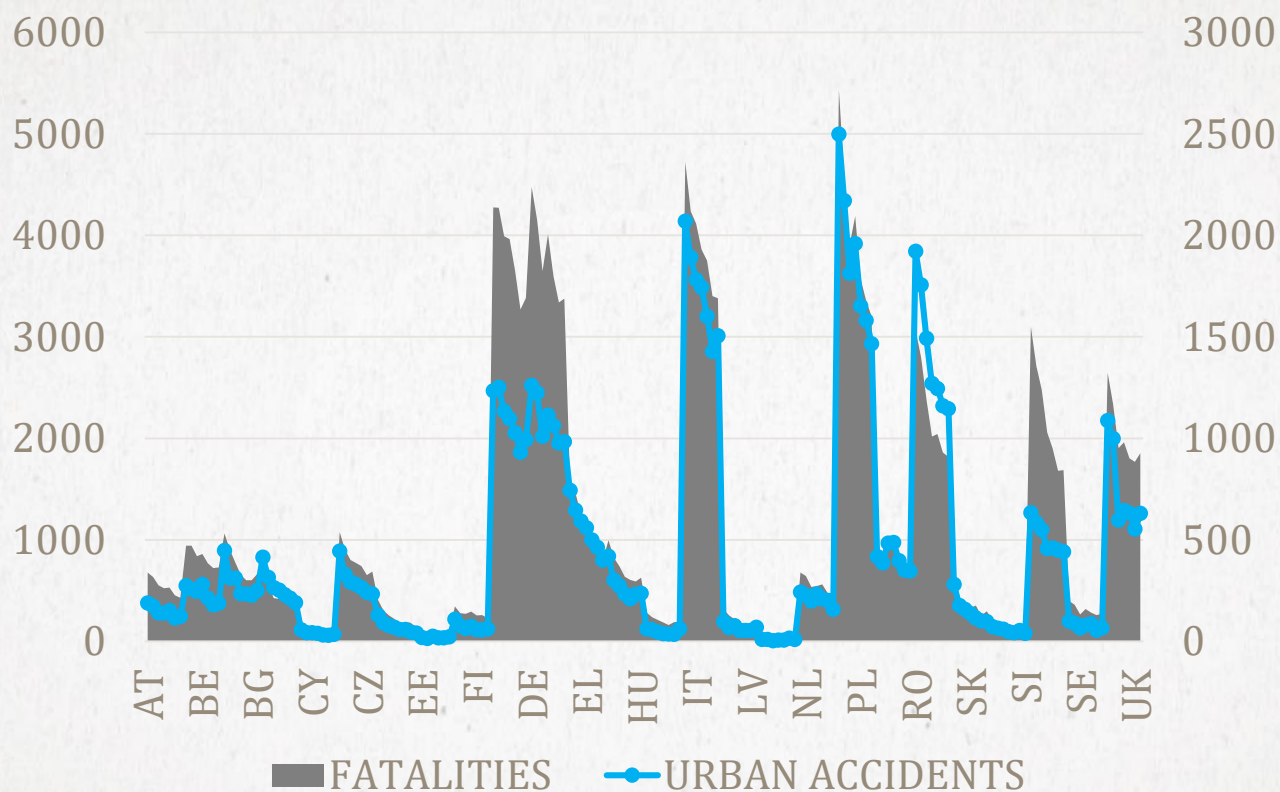
- Υπόλοιπες Μεταβλητές:
 - ο πληθυσμός των χωρών
 - το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π
 - ο αριθμός κλινών στα νοσοκομεία
 - ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης
 - οι δημόσιες δαπάνες για τον τομέα της υγείας
 - οι δαπάνες για τον τομέα της υγείας ως προς το Α.Ε.Π.
 - οι δαπάνες για τον τομέα της υγείας ως προς τον πληθυσμό

Ενδεικτικά Διαγράμματα



Θνησιμότητα στα οδικά ατυχήματα και πλήθος κλινών στα νοσοκομεία ως προς τις προς μελέτη χώρες

Ενδεικτικά Διαγράμματα



Θνησιμότητα στα οδικά ατυχήματα και πλήθος ατυχημάτων εντός αστικού δικτύου ως προς τις προς μελέτη χώρες

Γραμμική παλινδρόμηση

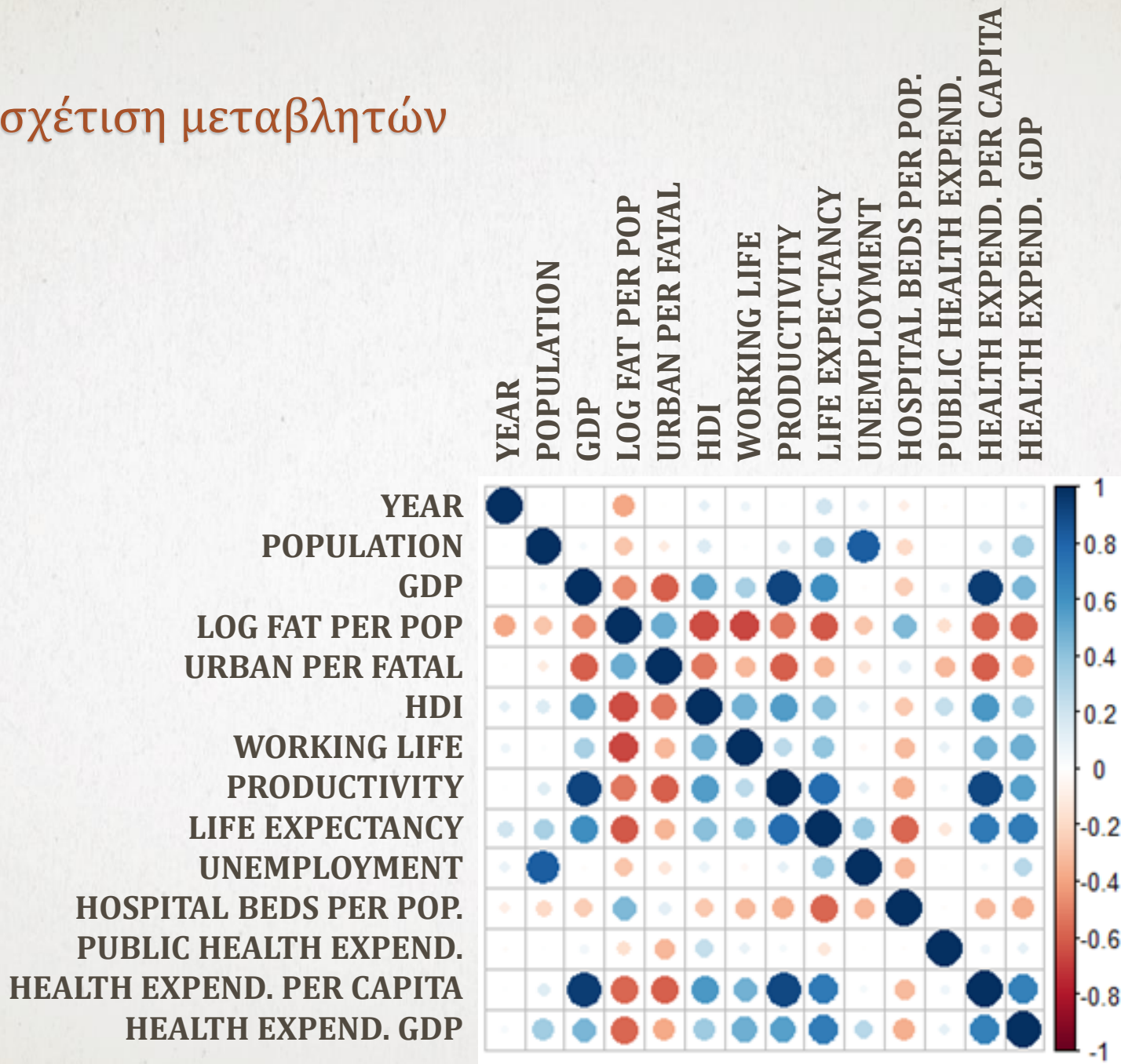
```
lm(formula = FATALITIES ~ POPULATION + GDP + HEALTH.EXPENDITURE.GDP  
+ HOSPITAL.BEDS)
```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.286e+03	2.355e+02	5.460	1.59e-07	***
POPULATION	5.367e-05	2.999e-06	17.893	< 2e-16	***
GDP	-5.258e-03	2.155e-03	-2.440	0.015661	*
HEALTH.EXPENDITURE.GDP	-1.098e+02	3.056e+01	-3.593	0.000423	***
HOSPITAL.BEDS	8.232e-05	4.916e-04	0.167	0.867198	

Multiple R-squared: 0.8152, Adjusted R-squared: 0.8111
F-statistic: 195.3 on 4 and 177 DF, p-value: < 2.2e-16

Η μεταβλητή Hospital Beds παραβιάζει την απαιτούμενη προϋπόθεση για διάστημα εμπιστοσύνης 95% ($t\text{-test} > 1.645$)

Συσχέτιση μεταβλητών



Λογαριθμισμένη Γραμμική Παλινδρόμηση

```
lm(formula = LOG.FAT.PER.POP ~ WORKING.LIFE + HDI + UNEMPLOYMENT +  
  URBAN.PER.FATAL + HOSPITAL.BEDS.PER.POPULATION +  
  HEALTH.EXPENDITURE.GDP)
```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	-2.569e+00	1.693e-01	-15.175	< 2e-16	***
WORKING.LIFE	-2.291e-02	3.264e-03	-7.017	4.78e-11	***
HDI	-9.255e-01	1.633e-01	-5.666	5.90e-08	***
UNEMPLOYMENT	-2.567e-05	7.027e-06	-3.653	0.000342	***
URBAN.PER.FATAL	1.435e-01	6.362e-02	2.256	0.025328	*
HOSPITAL.BEDS.PER.POPULATION	1.153e+01	4.484e+00	2.572	0.010930	*
HEALTH.EXPENDITURE.GDP	-1.525e-02	5.457e-03	-2.795	0.005765	**

Multiple R-squared: 0.6937, Adjusted R-squared: 0.6832
F-statistic: 66.06 on 6 and 175 DF, p-value: < 2.2e-16

Καλύτερο μοντέλο με μεταβλητές από κάθε κατηγορία ενδιαφέροντος

Προετοιμασία εφαρμογής Γραμμικού Μικτού Μοντέλου

- **Κατηγοριοποίηση** των 27 χωρών-μελών σε **3 ομάδες** σύμφωνα με τον πληθυσμό, το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. και τον αριθμό νεκρών από οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού της κάθε χώρας.
- **Κανονικοποίηση** των **τιμών** των μεταβλητών ώστε να μην υπάρξει πρόβλημα με την διαφορά στην τάξη μεγέθους των δεδομένων.
- Ορισμός των μεταβλητών Cluster, Year και Country ως μεταβλητών διακριτών τιμών.
- Αξιοποίηση ανάλυσης **random** και **fixed effect** με μεταβλητή κατηγοριοποίησης τα cluster (3 ομάδες χωρών)

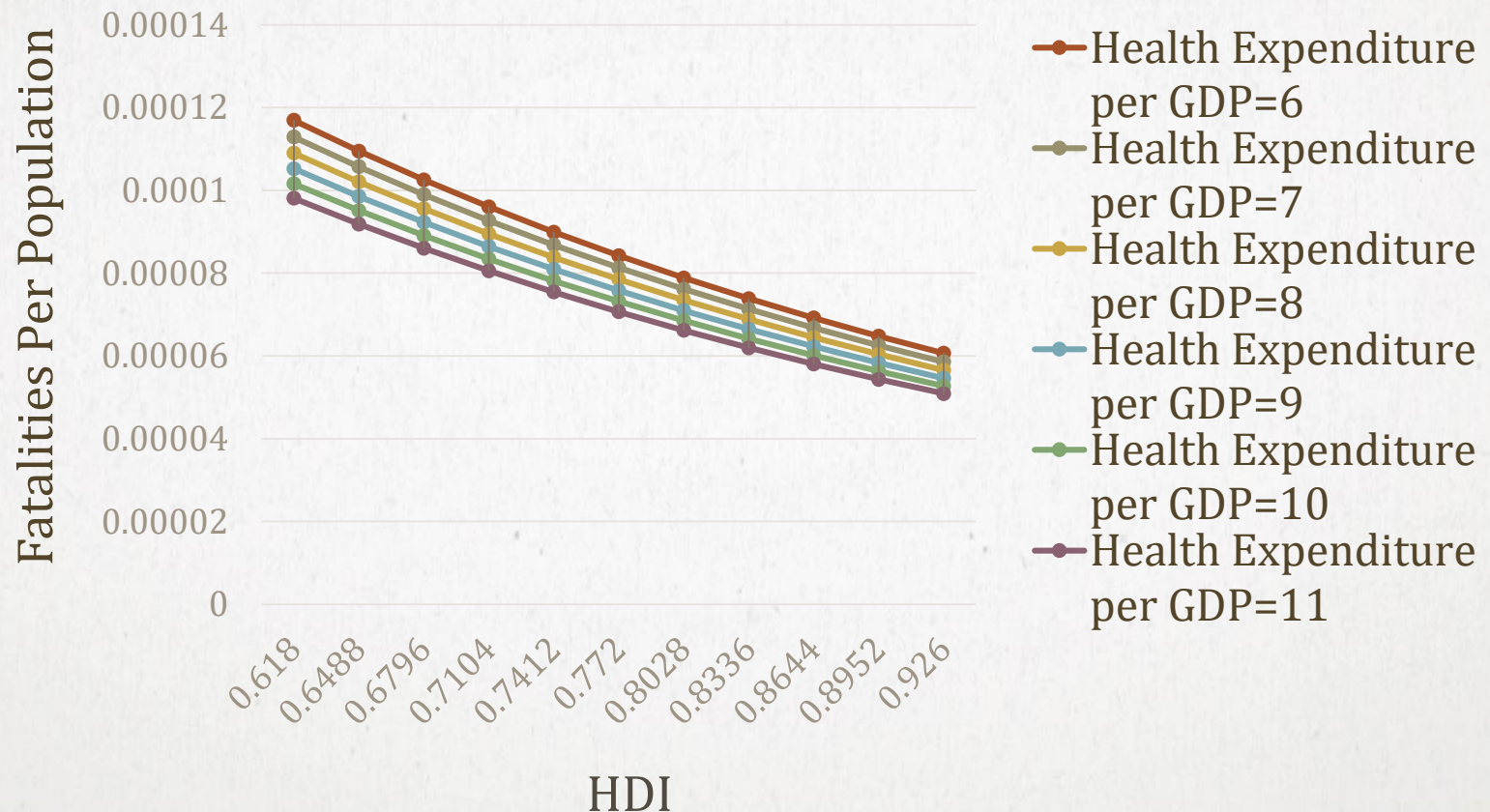
Αποτελέσματα Γραμμικών Μικτών Μοντέλων

	LOG.FAT.PER.POP ~ (HOSPITAL.BEDS.PER.POPULATION + HDI + WORKING.LIFE + 1 CLUSTER) + YEAR - 1
AIC	239.8169
logLik	-101.9085 (df=18)

	LOG.FAT.PER.POP ~ (HOSPITAL.BEDS.PER.POPULATION + HDI + WORKING.LIFE + HEALTH.EXPENDITURE.GDP + 1 CLUSTER) + YEAR - 1
AIC	220.0372
logLik	-87.0186 (df=23)

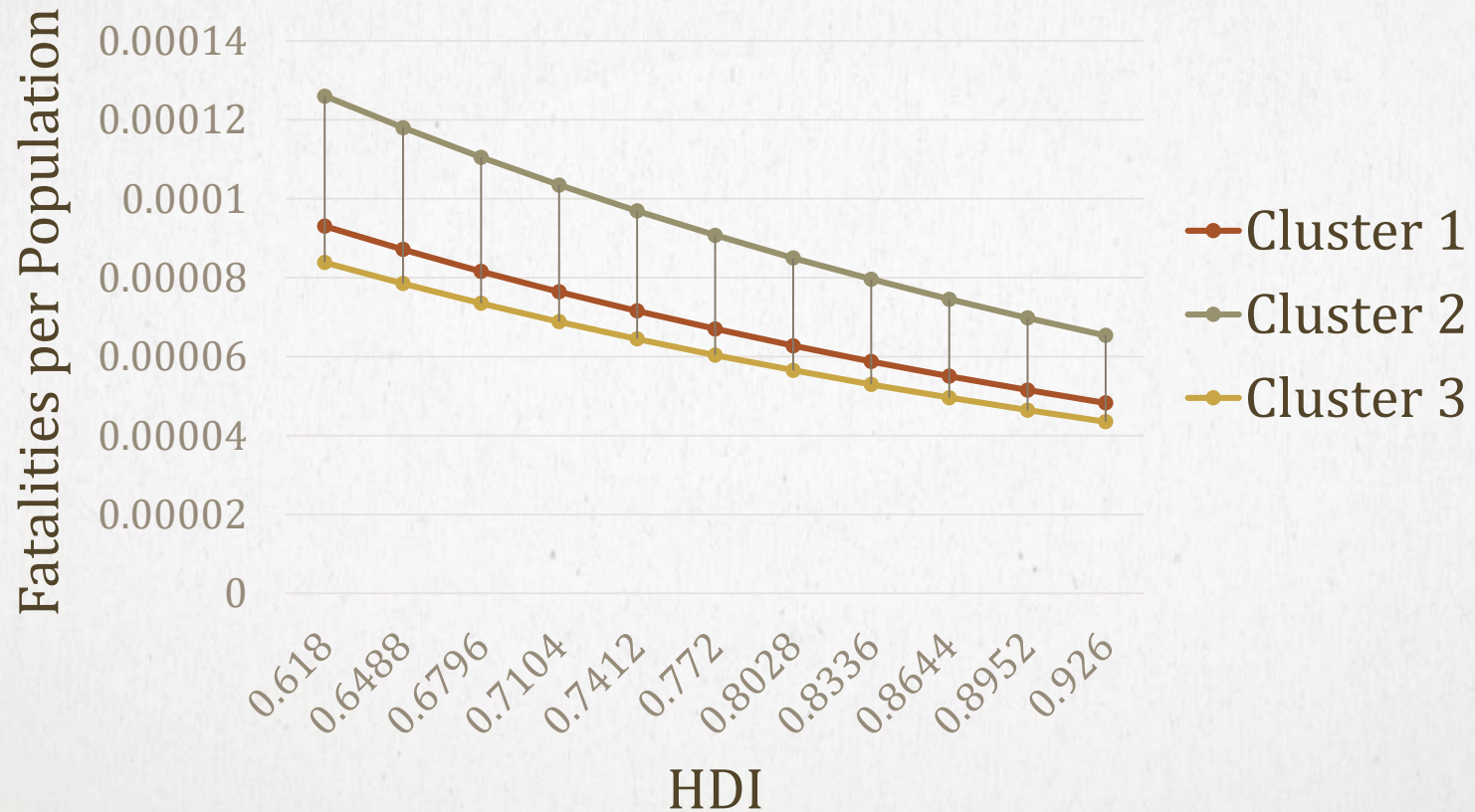
Διάγραμμα Ανάλυσης Ευαισθησίας

Ανάλυση Ευαισθησίας Θνησιμότητας ως προς
Ποσοστό του ΑΕΠ για την Υγεία



Διάγραμμα Ανάλυσης Ευαισθησίας

Ανάλυση Ευαισθησίας Θνησιμότητας ως προς
τα Cluster



Συμπεράσματα

- Η **θνησιμότητα** στα οδικά ατυχήματα έχει **άμεση σχέση** με τον κλάδο της **υγείας** και μάλιστα σε μεγάλο βαθμό.
- Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί σε **παράγοντες κοινωνικού, οικονομικού και συγκοινωνιακού χαρακτήρα** πχ. HDI.
- Από τα παραχθέντα μοντέλα διακρίνεται τόσο η σχέση μεταξύ των δεικτών (ανεξάρτητων μεταβλητών), κάθε κλάδου ξεχωριστά, με την εξαρτημένη μεταβλητή, όσο και οι **σχέσεις αλληλεπίδρασης των δεικτών** από τους διαφορετικούς κλάδους μεταξύ τους.

Συμπεράσματα

- Παρατηρείται, ότι, **κάθε ομάδα χωρών** επηρεάζεται σε **διαφορετικό βαθμό** από τους ίδιους παράγοντες.
- Η **υποδιαίρεση** του συνόλου των **κρατών-μελών** της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε τρεις ομάδες με βάση τον πληθυσμό, το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. και τον αριθμό νεκρών από οδικά ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού της κάθε χώρας, αποτελεί μια **κατάλληλη μέθοδο προσέγγισης** της επιρροής των ιατρικών, οικονομικών και κοινωνικών παραγόντων κάθε ομάδας κρατών στην οδική ασφάλεια.
- Η μέθοδος του **Γραμμικού Μικτού Μοντέλου** είναι **κατάλληλη** για την ανάλυση παραμέτρων οδικών ατυχημάτων σε σχέση με ιατρικούς, οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες.

Περιορισμοί

- Τα παραπάνω αποτελέσματα και συμπεράσματα ισχύουν για τις **27 χώρες της Ε.Ε.**, οι οποίες μελετήθηκαν, ενώ η αναγωγή των συμπερασμάτων αυτών για ευρύτερα σύνολα χωρών ή ακόμα και σε παγκόσμια κλίμακα θα πρέπει να γίνει ύστερα από εκτεταμένη μελέτη και επισταμένη έρευνα.
- Καθότι το χρονικό πλαίσιο είναι περιορισμένο στα **έτη 2008-2014** συνίσταται ιδιαίτερη προσοχή σε πιθανά συμπεράσματα και ισχυρισμούς, οι οποίοι θα μπορούσαν να διατυπωθούν για μετέπειτα χρονικές περιόδους. Κάτι τέτοιο, θα μπορούσε να οδηγήσει σε εσφαλμένα συμπεράσματα, εάν δεν πραγματοποιηθεί κάτω από τις κατάλληλες προϋποθέσεις και ύστερα από σχετική έρευνα για την προς μελέτη χρονική περίοδο.

Προτάσεις

- Κατά την εφαρμογή και την παρακολούθηση της προόδου του εθνικού προγράμματος οδικής ασφάλειας πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η επιρροή τόσο των **οικονομικών** και **κοινωνικών** παραγόντων, όσο και των **ιατρικών** παραγόντων.
- Κατά την προσπάθειά μείωσης του αριθμού των οδικών ατυχημάτων και κατ' επέκταση των ανθρώπινων απωλειών εξαιτίας αυτών, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η επιρροή **μακροσκοπικών χαρακτηριστικών** (π.χ. Α.Ε.Π., κοινωνία).
- Ο **κλάδος της υγείας** να μην μελετάται ερευνητικά μόνο σχετικά με την αποκατάσταση των ασθενών, εξαιτίας οδικών ατυχημάτων, αλλά και ως **ένας εκ των παραγόντων επίδρασης** στα οδικά ατυχήματα.

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

- Επέκταση της συγκεκριμένης έρευνας τόσο στο **χρονικό πλαίσιο**, εικοσαετία, πενήνταετία, όσο και **γεωγραφικά**, με μια αντίστοιχη μελέτη να πραγματοποιείται είτε συγκριτικά μεταξύ των ηπείρων, είτε για το σύνολο των χωρών με κριτήριο διάκρισης τον παράγοντα της ανάπτυξης, είτε ακόμα και μεταξύ των χωρών με κριτήριο διάκρισης τη μορφή και τη λειτουργικότητα του συστήματος υγείας.
- Διερεύνηση της συσχέτισης της μεταβολής των ίδιων παραγόντων και του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα με χρήση **άλλων στατιστικών μεθόδων**, όπως με κάποια μέθοδο ανάλυσης χρονοσειρών.

*Σας ευχαριστώ για την
προσοχή σας !*



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Συσχέτιση επιδόσεων οδικής ασφάλειας
με δείκτες υγείας και οικονομίας στην
Ευρωπαϊκή Ένωση

της

Μυρτώς Δαμιανού

Αθήνα ,
Ιούλιος 2018