



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Συγκριτική Αξιολόγηση των επιδόσεων Οδικής Ασφάλειας των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Κωνσταντόπουλος Γ. Παναγιώτης

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.
Αθήνα, Οκτώβριος 2023



Στόχος Διπλωματικής Εργασίας



- Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **συγκριτική αξιολόγηση** του επιπέδου οδικής ασφάλειας μεταξύ των χωρών της Ε.Ε. και η **συσχέτιση** των οδικών ατυχημάτων με τους δείκτες επίδοσης οδικής ασφάλειας.
- Για την επίτευξη του στόχου πραγματοποιείται:
 - Ανάπτυξη μοντέλων **ιεραρχικής ομαδοποίησης** των κρατών μελών της Ε.Ε., με βάση τους **δείκτες επίδοσης οδικής ασφάλειας**, **οικονομικούς δείκτες** και **δείκτες σχετικούς με τον στόλο των οχημάτων**.
 - Ανάπτυξη μοντέλων **γραμμικής παλινδρόμησης** για την πρόβλεψη συσχέτισης των οδικών ατυχημάτων με τους **δείκτες επίδοσης**.

Βασικά Στάδια Διπλωματικής Εργασίας



Συναφείς **έρευνες** και **μεθοδολογίες**:

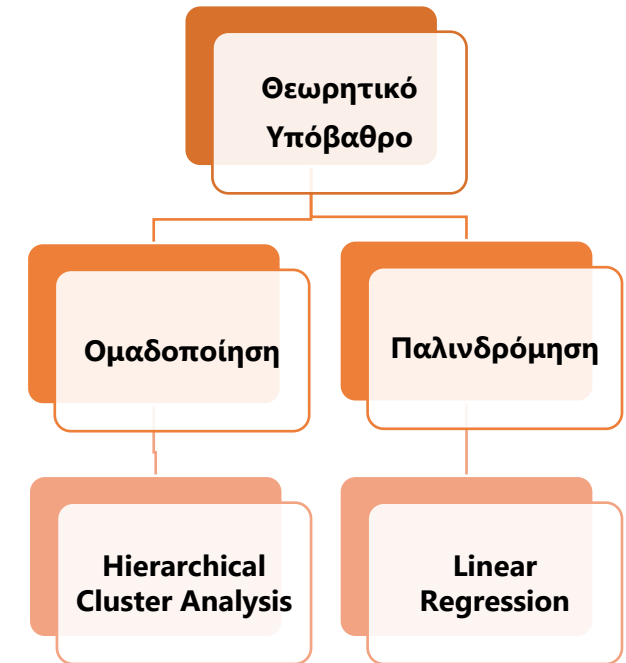
- Τα ευρωπαϊκά κράτη παρουσιάζουν **διαφορετικές επιδόσεις** στην οδική ασφάλεια.
- Ο **συνδυασμός** των **δεικτών επίδοσης οδικής ασφάλειας** με **κοινωνικοοικονομικούς δείκτες** παρουσιάζει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για το επίπεδο οδικής ασφάλειας.
- Οι πιο **συνηθισμένες** αυτό-δηλωθείσες επικίνδυνες συμπεριφορές που έχουν καταγραφεί είναι η οδήγηση με **υπερβολική ταχύτητα** και η **χρήση κινητού τηλεφώνου** κατά την οδήγηση (ESRA survey).
- Διάφορες **μέθοδοι στατιστικής** χρησιμοποιούνται ευρέως για τη συγκριτική αξιολόγηση των κρατών και την κατάταξή τους βάση των επιδόσεών τους.



- Η **χρήση ζώνης ασφαλείας** σχετίζεται με τη μείωση της σοβαρότητας των τραυματισμών και κατ' επέκταση με τη μείωση του αριθμού των νεκρών.
- Η **ταχύτητα** σχετίζεται με τον κίνδυνο ατυχήματος και την σοβαρότητα των τραυματισμών ιδίως όταν λαμβάνεται υπόψη η χρονική διάρκεια έκθεσης στον κίνδυνο.
- Οι **οδοί υψηλής ταχύτητας** δεν είναι απαραίτητα ασφαλέστερες από τις οδούς χαμηλής ταχύτητας.
- Η **επέκταση** και η **αναβάθμιση των οδικών υποδομών** επιφέρει **μείωση** των οδικών ατυχημάτων.
- Η **ανανέωση του στόλου** των κυκλοφορούντων οχημάτων με νεότερα και ασφαλέστερα οχήματα σχετίζεται με τη **μείωση** τόσο των οδικών ατυχημάτων και των αντίστοιχων τραυματισμών όσο και με τη μείωση της σοβαρότητας των ατυχημάτων.

Ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων:

- **Ιεραρχικής Ομαδοποίησης:** Για την συγκριτική αξιολόγηση του επιπέδου οδικής ασφάλειας των χωρών της Ε.Ε..
- **Γραμμικής Παλινδρόμησης:** Για τη συσχέτιση των δεικτών επίδοσης οδικής ασφάλειας με τα οδικά ατυχήματα.



Αξιολόγηση Ιεραρχικής Ομαδοποίησης:

- Έλεγχος συσχέτισης με βάση τον **Συντελεστή Κοφαινικής Συσχέτισης**, με σύνολο τιμών από -1 έως +1.

Αξιολόγηση Γραμμικής Παλινδρόμησης:

- Χαμηλή **συσχέτιση** ανεξάρτητων μεταβλητών.
- Λογική ερμηνεία **συντελεστών της εξίσωσης** με βάση τα πρόσημα τους.
- Στατιστική αξιολόγηση των παραμέτρων μέσω του **ελέγχου t-test**.
- Στατιστική αξιολόγηση με βάση τον συντελεστή **R-squared**.



Συλλογή Δεδομένων

- **Ευρωπαϊκή Βάση Οδικών Ατυχημάτων (CARE) - 2019:**
Αριθμός οδικών ατυχημάτων και νεκρών
- **Baseline project "Collection of Key Performance Indicators (KPIs) for road safety":** Δείκτες επίδοσης οδικής ασφάλειας, 2021/2022:
 - KPI Speed Motorway, KPI Speed Urban roads
 - Average Speed Motorway, Average Speed Urban roads
 - Seatbelt KPI total, Seatbelt KPI driver
 - Distraction
 - Vehicle Safety
 - Post crash care-P50
- **Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat) - 2019:**
 - Ετήσιος πληθυσμός
 - Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
 - Μέση ηλικία του στόλου των οχημάτων
 - Στόλος κυκλοφορούντων Ι.Χ.
 - Αριθμός νέων επιβατικών Ι.Χ.

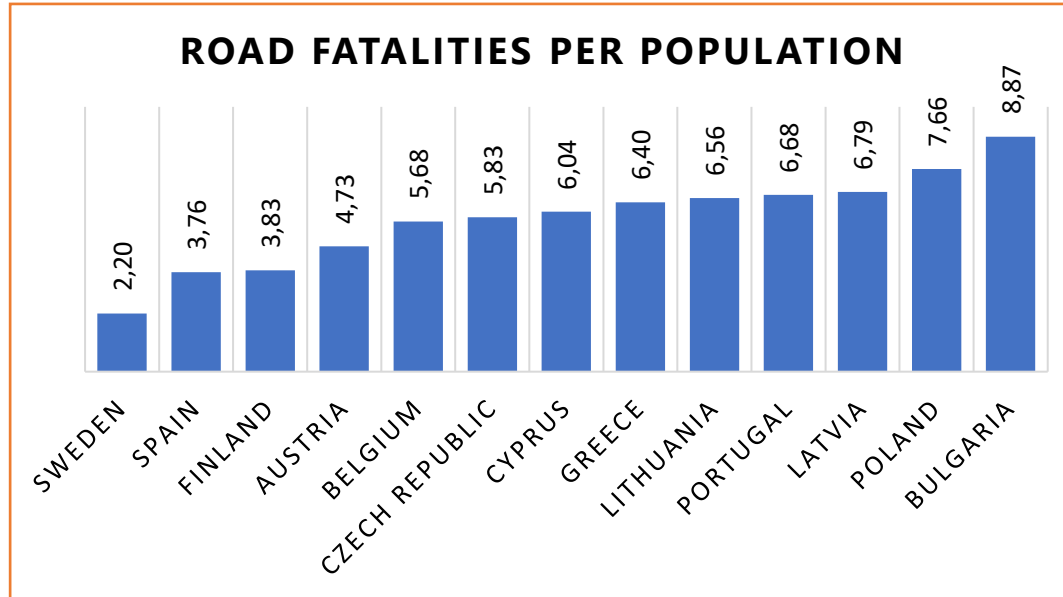


Επεξεργασία Δεδομένων (1/4)

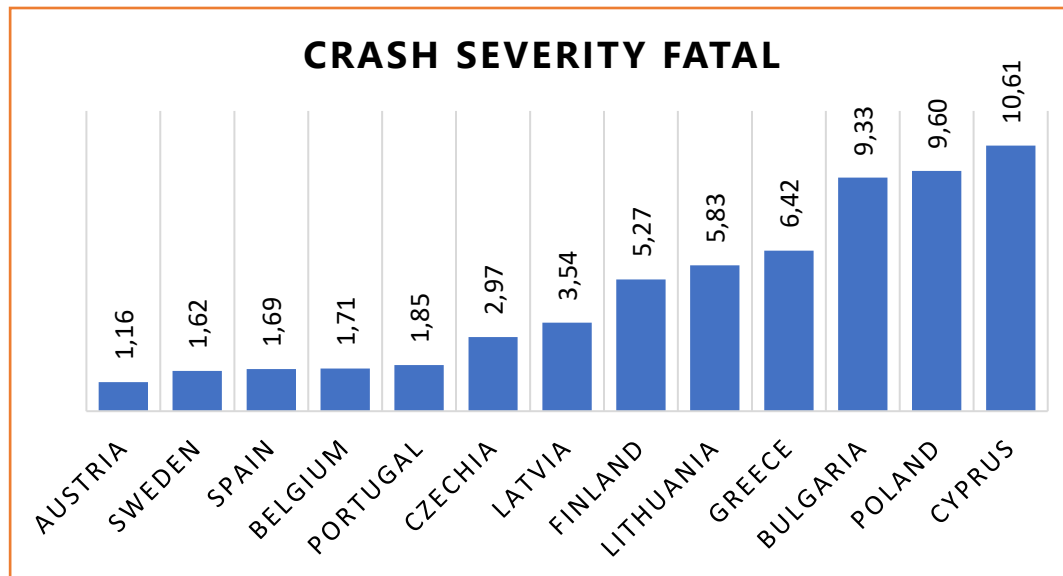
- Δημιουργία μιας **ενιαίας βάσης δεδομένων** που περιείχε για κάθε κράτος τα παραπάνω δεδομένα.
- Εισαγωγή μεταβλητών **Road fatalities per 100.000 population** και **Crash Severity** (ο λόγος των νεκρών σε οδικά ατυχήματα προς το σύνολο των οδικών ατυχημάτων), οι οποίες ορίζονται ως εξής:
 - $\text{Road Fatalities}/100.000 \text{ population} = (\text{Road fatalities}/\text{population}) * 100.000$
 - $\text{Crash Severity (Fatal)} = \text{Road fatalities} / 100 \text{ road crashes}$
- Σε περίπτωση που δεν υπήρχε διαθέσιμο κάποιο δεδομένο, χρησιμοποιούταν ο **γενικός μέσος όρος των τιμών** των υπόλοιπων χωρών για τον εκάστοτε δείκτη, ενώ εξαιρέθηκαν χώρες που παρουσίαζαν **μεγάλες ελλείψεις δεδομένων**.



Επεξεργασία Δεδομένων (2/4)

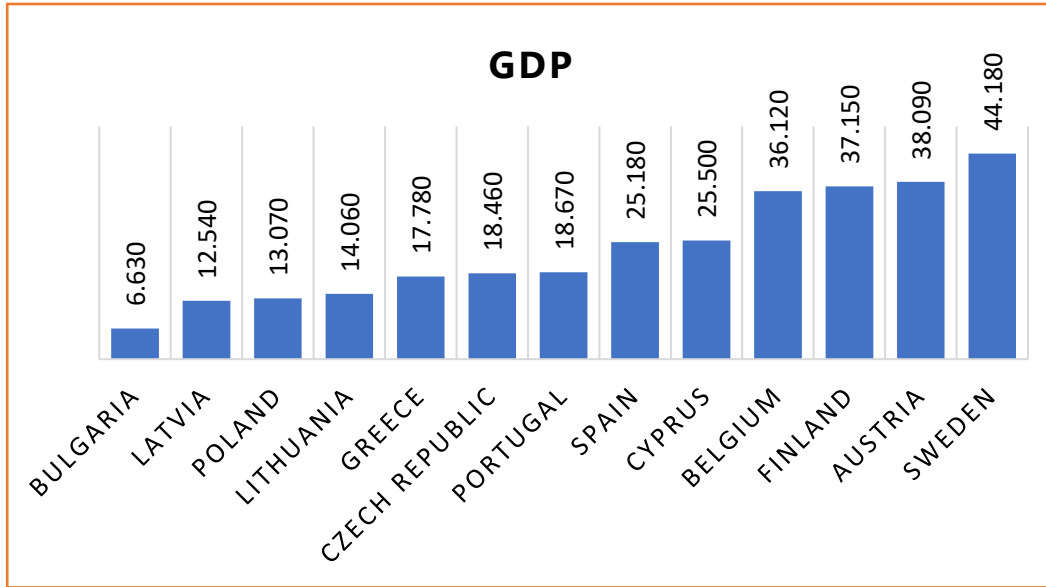


- Η χώρα με την καλύτερη επίδοση με βάση τους **νεκρούς από τα οδικά ατυχήματα** είναι η Σουηδία, ενώ στον αντίποδα βρίσκονται η Λετονία, η Πολωνία και η Βουλγαρία.

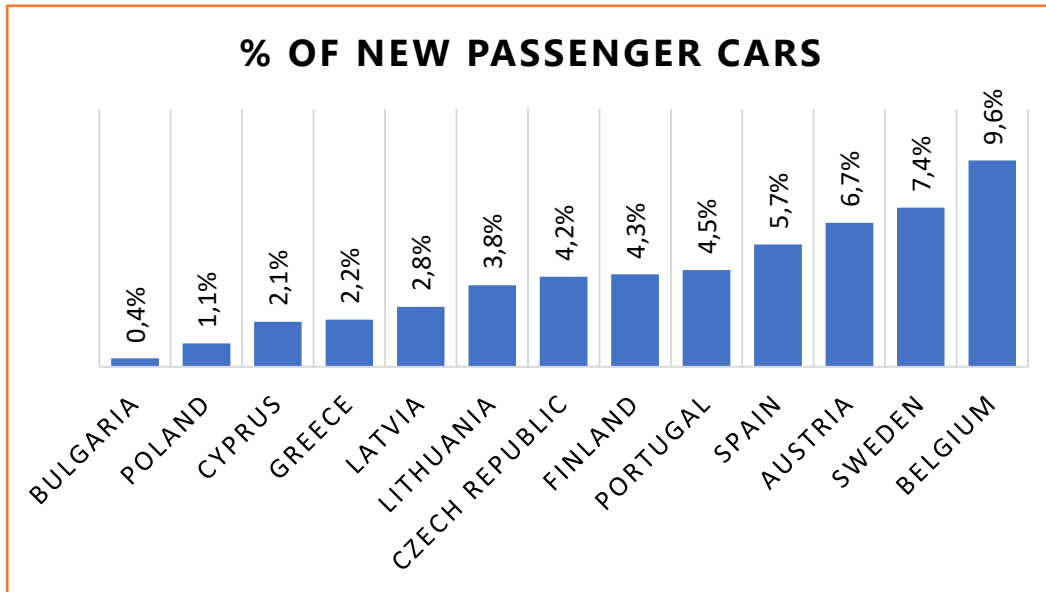


- Με βάση τον **δείκτη σοβαρότητας ατυχημάτων**, διαπιστώνεται ότι η χώρα με την καλύτερη επίδοση, δηλαδή τον μικρότερο αριθμό νεκρών ανά 100 οδικά ατυχήματα, είναι η Αυστρία, ενώ η Κύπρος και η Πολωνία παρουσιάζουν τις χαμηλότερες επιδόσεις.

Επεξεργασία Δεδομένων (3/4)

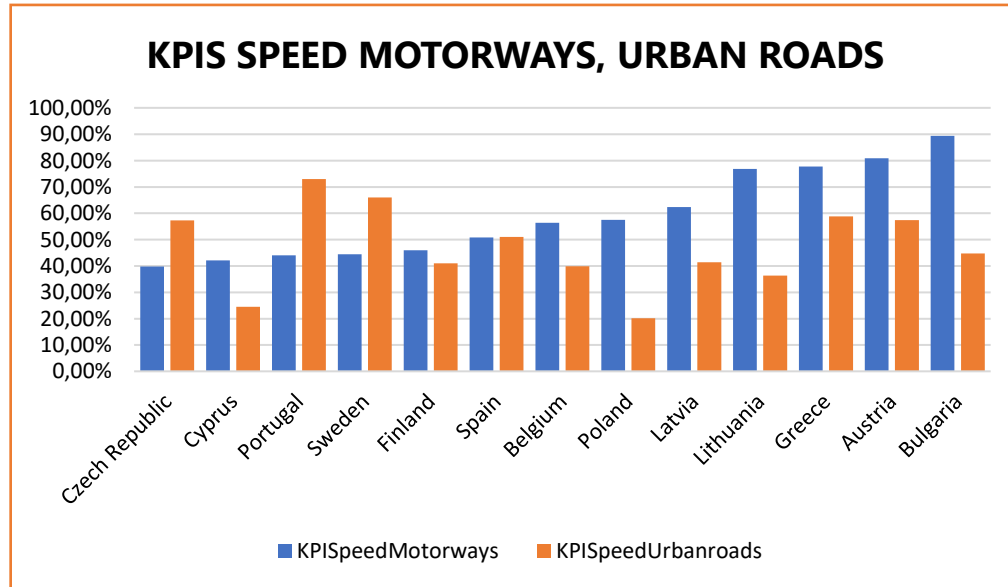


- Η **Σουηδία** και η **Αυστρία** που έχουν το μεγαλύτερο Α.Ε.Π. είναι αυτές που παρουσίασαν τις καλύτερες επιδόσεις οδικής ασφάλειας όσον αφορά τον αριθμό των νεκρών σε οδικά ατυχήματα και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων.

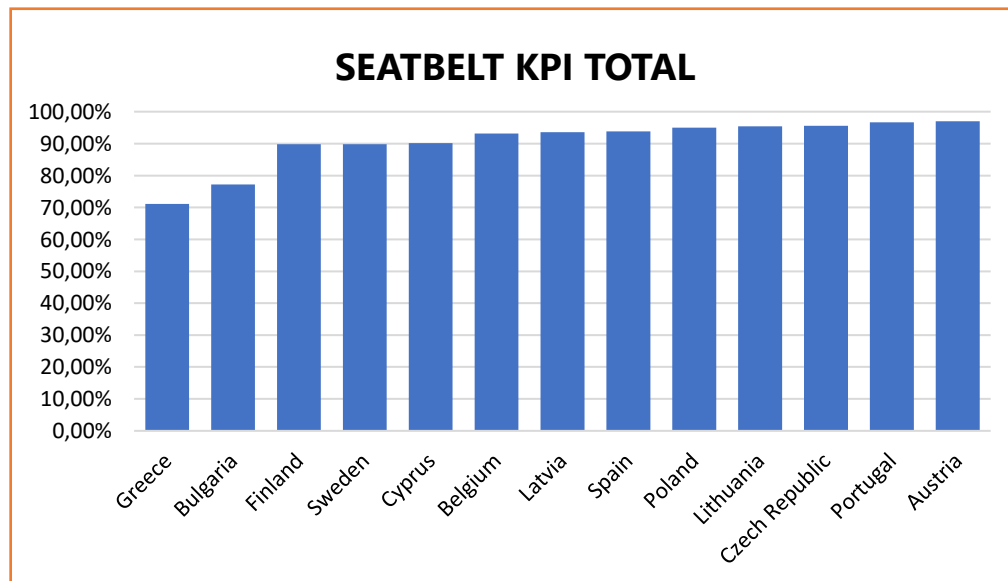


- Η **Σουηδία**, το **Βέλγιο** και η **Αυστρία** παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά νέων επιβατικών οχημάτων.

Επεξεργασία Δεδομένων (4/4)

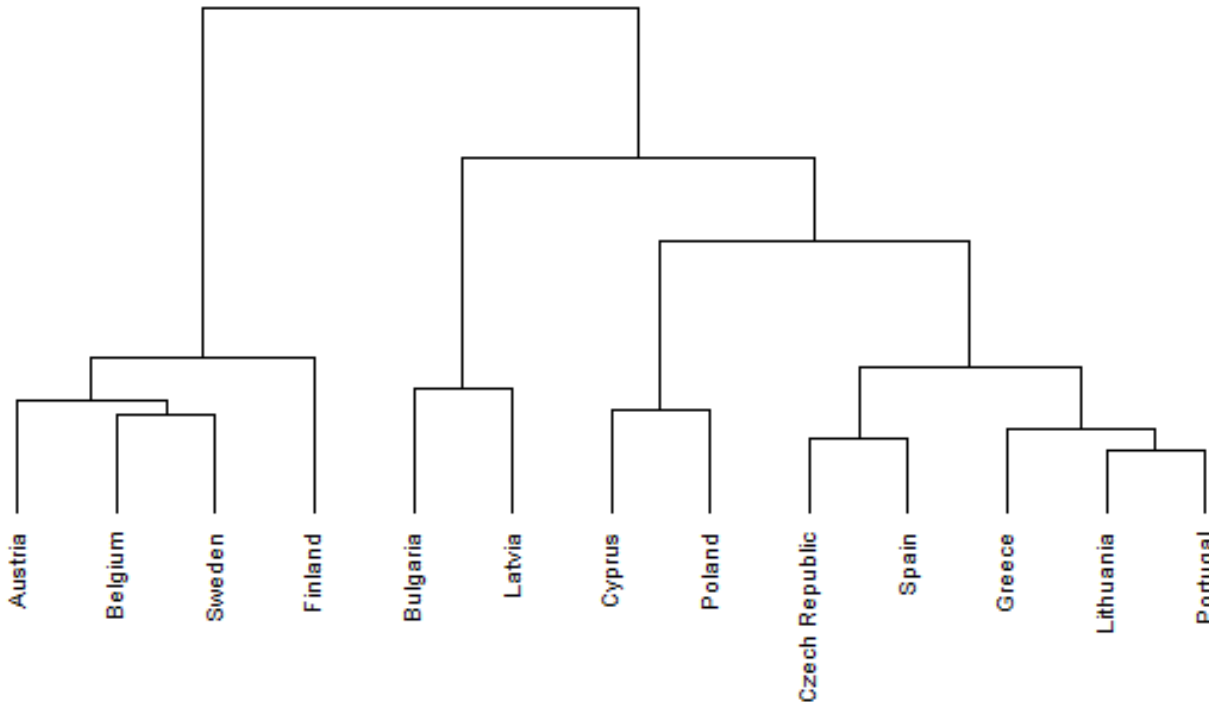


- Οι χώρες με την **καλύτερη επίδοση**, δηλαδή το υψηλότερο ποσοστό οδηγών που κινούνται **εντός των νόμιμων ορίων ταχύτητας στις αστικές οδούς** (KPI speed urban roads) είναι η **Πορτογαλία** και η **Σουηδία** (73% και 66% αντίστοιχα), **ενώ στον αντίποδα** βρίσκονται η **Πολωνία** (20,20%) και η **Κύπρος** (24,47%).



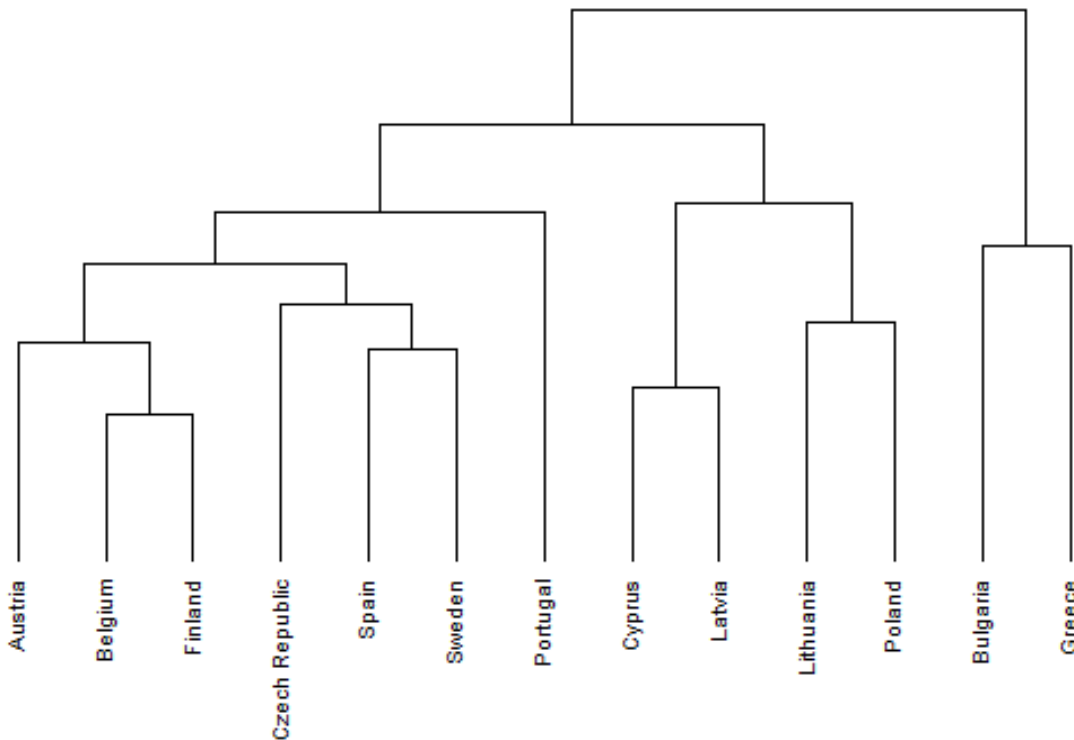
- Για την **χρήση ζώνης ασφαλείας** από τους επιβαίνοντες των επιβατικών Ι.Χ., οι χώρες που εμφανίζουν την **καλύτερη επίδοση**, δηλαδή τα υψηλότερα ποσοστά χρήσης ζώνης, είναι η **Αυστρία** (97%) και η **Πορτογαλία** (96,70%), ενώ στις **χειρότερες θέσεις** εμφανίζονται η **Ελλάδα** (71,08%) και η **Βουλγαρία** (77,21%).

Ομαδοποίηση με βάση οικονομικά χαρακτηριστικά



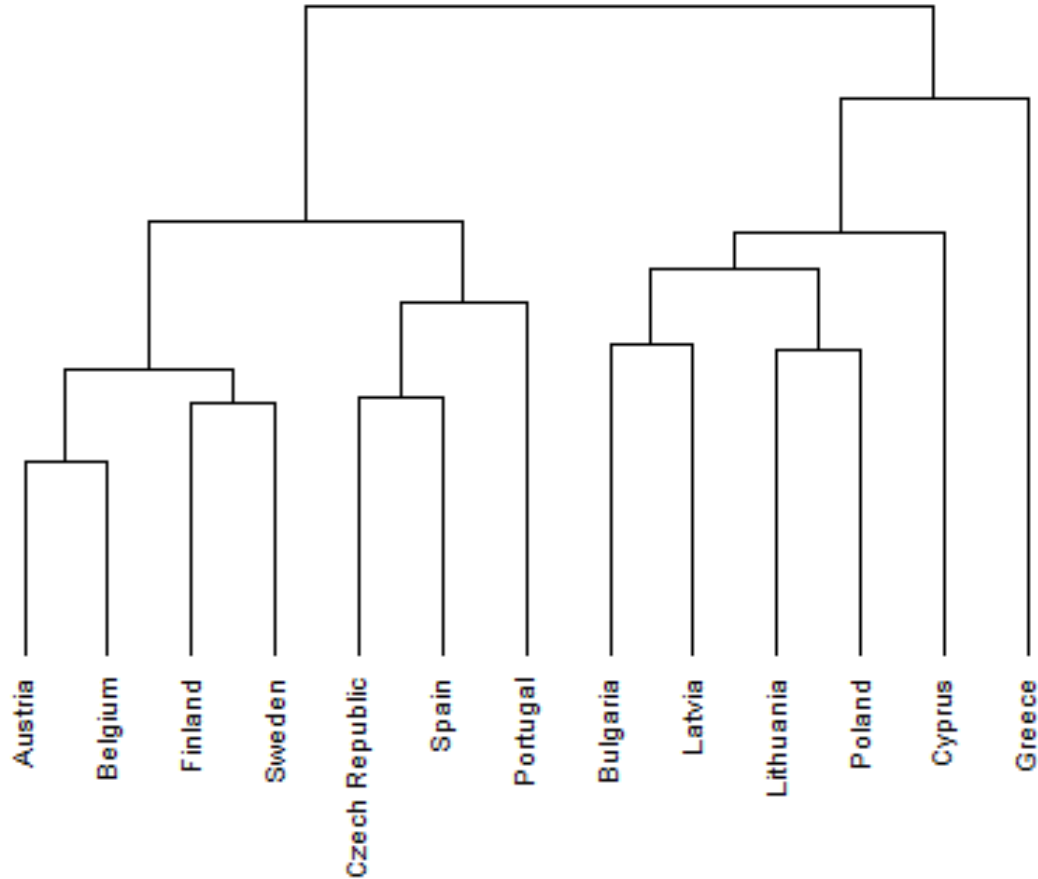
- Ομαδοποίηση με βάση **οικονομικά χαρακτηριστικά** και χαρακτηριστικά **στόλου των οχημάτων**:
 - κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. (GDP),
 - ο αριθμός των επιβατικών οχημάτων σε χρήση ανά χίλιους κατοίκους (Passenger cars in use /1.000 population)
 - το ποσοστό των νέων επιβατικών οχημάτων στο σύνολο των κυκλοφορούντων οχημάτων (% of new passenger cars).
- **Ομάδα 1**: Αυστρία, Βέλγιο, Σουηδία και Φινλανδία
- **Ομάδα 2**: Βουλγαρία, Λετονία, Κύπρος, Πολωνία, Τσεχία, Ισπανία, Ελλάδα, Λιθουανία και Πορτογαλία
- **Συντελεστή Κοφαινικής Συσχέτισης** (Cophenetic Correlation Coefficient) = **+0,67**
- Η πρώτη ομάδα είναι πιο **ομοιογενής** σε σχέση με τη δεύτερη.
- Οι χώρες της πρώτης ομάδας είναι ανάμεσα σε αυτές με το **υψηλότερο κατά κεφαλήν Α.Ε.Π.** και τους **νεότερους στόλους**.

Ομαδοποίηση με βάση δείκτες επίδοσης



- Ομαδοποίηση με βάση τους **δείκτες επίδοσης οδικής ασφάλειας** (KPIs).
- **Ομάδα 1:** Αυστρία, Βέλγιο, Φινλανδία, Τσεχία, Ισπανία, Σουηδία, Πορτογαλία
- **Ομάδα 2:** Κύπρος, Λετονία, Λιθουανία, Πολωνία
- **Ομάδα 3:** Βουλγαρία, Ελλάδα
- **Συντελεστή Κοφαινικής Συσχέτισης** (Cophenetic Correlation Coefficient) = **+0,65**
- Οι χώρες που αποτελούν την **πρώτη ομάδα** εμφανίζουν τις **υψηλότερες επιδόσεις** στους περισσότερους δείκτες επίδοσης που αναφέρθηκαν παραπάνω.
- Η **δεύτερη ομάδα** που διαμορφώνεται, αποτελείται από χώρες με επιδόσεις που **κινούνται στον Ευρωπαϊκό μέσο όρο** στην πλειοψηφία των δεικτών,
- Οι χώρες που αποτελούν την **τρίτη ομάδα** καταγράφουν τις **χαμηλότερες επιδόσεις** στους περισσότερους δείκτες.

Ομαδοποίηση με βάση το σύνολο των δεικτών



- Το τρίτο μοντέλο ομαδοποίησης προκύπτει με τον **συνδυασμό όλων των δεικτών που συμπεριλήφθηκαν στα δύο πρώτα μοντέλα ομαδοποίησης**.
- **Ομάδα 1:** Αυστρία, Βέλγιο, Φινλανδία, Σουηδία, Τσεχία, Ισπανία και Πορτογαλία
- **Ομάδα 2:** Βουλγαρία, Λετονία, Λιθουανία, Πολωνία, Κύπρος και Ελλάδα
- **Συντελεστή Κοφαινικής Συσχέτισης** (Cophenetic Correlation Coefficient) = **+0,80**
- Οι χώρες της **πρώτης ομάδας** παρουσιάζουν **υψηλές επιδόσεις** στους περισσότερους δείκτες επίδοσης οδικής ασφάλειας και **υψηλότερο Α.Ε.Π.** (χώρες υψηλής επίδοσης),
- Στη **δεύτερη ομάδα** ανήκουν χώρες με **μέτριες** και **χαμηλές επιδόσεις** στους συγκεκριμένους δείκτες επίδοσης και **χαμηλότερο Α.Ε.Π.** (χώρες χαμηλής επίδοσης).

Γραμμική παλινδρόμηση για το σύνολο των χωρών

➤ Εξαρτημένη μεταβλητή:

Σοβαρότητα των ατυχημάτων (**Crash Severity Fatal**)

➤ Ανεξάρτητες μεταβλητές:

Ποσοστό των νέων επιβατικών οχημάτων (**% new passenger cars**)

Ποσοστό των οχημάτων που κινούνται εντός των ορίων ταχύτητας σε αστικές οδούς (**KPI speed urban roads**)

Ποσοστό χρήσης ζώνης ασφαλείας για το σύνολο των επιβαινόντων σε επιβατικά Ι.Χ. (**KPI Seatbelt total**)

Model 1 (Σύνολο χωρών)	βi	Std. Error	t-value	Pr(> t)
Σταθερός Όρος	24,179	5,070	4,769	0,001
% New passenger cars	-67,417	19,078	-3,534	0,006
KPI Speed urban roads	-12,331	2,660	-4,635	0,001
KPI Seatbelt total	-11,792	5,512	-2,139	0,061
R-squared	0,854			

➤ Οι **μεταβλητές** που περιλαμβάνονται στο μοντέλο είναι **στατιστικά σημαντικές** σε **επίπεδο εμπιστοσύνης 95%** (% New passenger cars, KPI Speed urban roads) και **90%** (KPI Seatbelt total).

➤ Με βάση τον έλεγχο **R-squared** το πρώτο μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης είναι **στατιστικά αποδεκτό (85%)**.

Γραμμική παλινδρόμηση για τις χώρες υψηλής και χαμηλής επίδοσης

Model 2 (Χώρες υψηλής επίδοσης)	β_i	Std. Error	t-value	Pr(> t)
Σταθερός Όρος	27,805	9,505	2,925	0,061
% New passenger cars	-67,417	15,189	-3,670	0,035
KPI Speed urban roads	-6,018	2,623	-2,295	0,105
KPI Seatbelt total	-20,057	10,436	-1,922	0,150
R-squared	0,753			

➤ Οι **μεταβλητές** που περιλαμβάνονται στο μοντέλο είναι **στατιστικά σημαντικές** σε **επίπεδο εμπιστοσύνης 95%** (% New passenger cars) και **90%** (KPI Speed urban roads, KPI Seatbelt total).

➤ Με βάση τον έλεγχο **R-squared** το δεύτερο μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης είναι **στατιστικά αποδεκτό (75%)**.

Model 3 (Χώρες χαμηλής επίδοσης)	β_i	Std. Error	t-value	Pr(> t)
Σταθερός Όρος	53,668	10,198	5,265	0,034
% New passenger cars	46,547	89,419	0,521	0,654
KPI Speed urban roads	-32,854	6,352	-5,172	0,035
KPI Seatbelt total	-40,070	11,198	-3,578	0,070
R-squared	0,905			

➤ Οι **μεταβλητές** που περιλαμβάνονται στο μοντέλο είναι **στατιστικά σημαντικές** σε **επίπεδο εμπιστοσύνης 95%** (KPI Speed urban roads) και **90%** (KPI Seatbelt total).

➤ Με βάση τον έλεγχο **R-squared** το τρίτο μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης είναι **στατιστικά αποδεκτό (90%)**.

Ανάλυση Ελαστικότητας

	All countries	High Performance	Low Performance
Ελαστικότητα (e)			
KPI Speed urban roads	-2,339	-1,141	-6,231
SeatBelt KPI total	-3,911	-6,652	-13,289
New passenger cars	-1,363	-1,363	
Σχετική Επιρροή (e*)			
KPI Speed urban roads	-1,716	-1,000	-1,000
SeatBelt KPI total	-2,869	-5,828	-2,133
New passenger cars	-1,000	-1,194	

- Για το σύνολο των κρατών, η σωστή χρήση της **ζώνης ασφαλείας** παρουσιάζει την **μεγαλύτερη σχετική επιρροή** στη σοβαρότητα των ατυχημάτων, περίπου 1,7 μεγαλύτερη από αυτή της ταχύτητας για το σύνολο των κρατών.
- Για τα **κράτη υψηλής επίδοσης**, είναι περίπου **5,8 φορές μεγαλύτερη**, ενώ για τα **κράτη χαμηλής επίδοσης** είναι σχεδόν **διπλάσια** από την επιρροή του δείκτη της ταχύτητας.
- Η **επιρροή** του **δείκτη ταχύτητας** είναι **μεγαλύτερη** στα **κράτη χαμηλής επίδοσης**.
- Όμοια ο δείκτης της χρήσης **ζώνης ασφαλείας** φαίνεται να έχει **μεγαλύτερη επιρροή** στα **κράτη χαμηλής επίδοσης**.

Συμπεράσματα 1/3

- Η **αύξηση** του ποσοστού των οχημάτων που κινούνται εντός των ορίων ταχύτητας σε αστικές οδούς (**KPI speed urban roads**) σχετίζεται με **μείωση** της σοβαρότητας των ατυχημάτων.
- Η **αύξηση** του ποσοστού χρήσης ζώνης ασφαλείας για το σύνολο των επιβαινόντων σε επιβατικά Ι.Χ. (**KPI Seatbelt total**) σχετίζεται με **μείωση** της σοβαρότητας των ατυχημάτων.
- Η **αύξηση** του ποσοστού των νέων επιβατικών οχημάτων (**% new passenger cars**) σχετίζεται με μείωση της σοβαρότητας των ατυχημάτων.



Συμπεράσματα 2/3

- Η **χρήση της ζώνης ασφαλείας** παρουσιάζει την **μεγαλύτερη σχετική επιρροή** στην σοβαρότητα των ατυχημάτων σε σχέση με τις εξεταζόμενες μεταβλητές.
- Η σχετική επιρροή του **KPI speed urban roads** είναι **μεγαλύτερη** στις **χώρες χαμηλών επιδόσεων**.
- Η σχετική επιρροή του **KPI Seatbelt total** είναι **μεγαλύτερη** στις **χώρες χαμηλών επιδόσεων**.



Συμπεράσματα 3/3

- Οι χώρες της Ε.Ε. χωρίζονται με βάση τους **δείκτες επίδοσης οδικής ασφάλειας** σε **τρεις ομάδες**.
- Οι χώρες της Ε.Ε. χωρίζονται με βάση τον **συνδυασμό** των **δεικτών επίδοσης οδικής ασφάλειας** και των **οικονομικών δεικτών** σε **δύο ομάδες**.
- Οι οικονομικά πιο **εύρωστες χώρες** εμφανίζουν **καλύτερες επιδόσεις** στους εξεταζόμενους δείκτες επίδοσης της οδικής ασφάλειας.



Προτάσεις για Αξιοποίηση των Αποτελεσμάτων

- **Συστηματικότερος έλεγχος**, τόσο με μηχανικά μέσα όσο και με φυσική παρουσία των ελεγκτικών προσώπων και κυριότερα εντός των αστικών περιοχών.
- **Εκστρατείες ενημέρωσης** και **ευαισθητοποίησης** των χρηστών της οδού, σχετικά με την επιρροή των υψηλών ταχυτήτων και της μη χρήσης ζώνης ασφαλείας στη σοβαρότητα των ατυχημάτων **στοχευμένα για κάθε τύπο οδού**.
- **Κίνητρα** στους πολίτες με σκοπό την **ενίσχυση** και **ανανέωση** του **στόλου των οχημάτων**, με οχήματα πιο σύγχρονα που διαθέτουν εξελιγμένα συστήματα ασφαλείας και αποφυγής οδικών ατυχημάτων και συμβάλλουν θετικά στην οδική ασφάλεια.
- **Μέσω της συγκριτικής αξιολόγησης** των επιδόσεων οδικής ασφάλειας των χωρών, δίνεται η **δυνατότητα** να εντοπιστούν τα **επιτυχημένα μέτρα** και **πολιτικές** που εφαρμόστηκαν από τα **κράτη** της Ευρωπαϊκής Ένωσης που καταγράφουν **υψηλή επίδοση οδικής ασφάλειας** ώστε να αποτελέσουν **πρότυπα** για τα **κράτη** με **χαμηλότερες επιδόσεις**.



Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

- Ενδιαφέρουσα θα ήταν η **επέκταση** της συγκεκριμένης έρευνας σε **μεγαλύτερο επίπεδο ανάλυσης** (περιφέρειες, πόλεις χωρών Ε.Ε.) και με **μεγαλύτερο δείγμα** (επιπλέον δεδομένα KPIs).
- Συλλογή δεδομένων για **περισσότερα έτη** έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα **παρατήρησης της εξέλιξης των επιδόσεων κάθε χώρας**.
- Διερεύνηση της συσχέτισης των ίδιων οικονομικών δεικτών και δεικτών επίδοσης της οδικής ασφάλειας με την σοβαρότητα των ατυχημάτων για περισσότερα έτη με **χρήση άλλων στατιστικών μεθόδων** (χρονοσειρές).



Key



Performance



Indicator



Σας ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας!



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Συγκριτική Αξιολόγηση των επιδόσεων Οδικής Ασφάλειας των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Κωνσταντόπουλος Γ. Παναγιώτης

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.
Αθήνα, Οκτώβριος 2023

