



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Διπλωματική Εργασία



Ανάλυση Παραγόντων Επιρροής της Πανδημίας στην
Κινητικότητα στην Ευρώπη με χρήση Μηχανικής Εκμάθησης

Δήμητρα Πηγαδιώτη

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2021

Ευχαριστίες

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία σηματοδοτεί το πέρας των προπτυχιακών μου σπουδών στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα πρωτίστως να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της συγκεκριμένης μελέτης, την πολύτιμη καθοδήγηση του σε όλα τα στάδια εκπόνησής της, καθώς και για το εξαιρετικό κλίμα συνεργασίας που αναπτύξαμε. Επιπλέον, οφείλω να τον ευχαριστήσω για τις γενικότερες γνώσεις και συμβουλές που μου μεταλαμπάδευσε τόσο σε ακαδημαϊκό, όσο και σε επαγγελματικό επίπεδο.

Επιπροσθέτως, εξίσου θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στο Δρ. Χρήστο Κατρακάζα για την καθοριστική συμβολή του στη διεκπεραίωση της παρούσας εργασίας, μέσω των πολύτιμων συμβουλών και υποδείξεων, για την υπομονή του και για το άριστο κλίμα συνεργασίας και επικοινωνίας που δημιούργησε.

Τέλος, ευχαριστώ από καρδιάς τους γονείς μου, οι οποίοι αποτέλεσαν θεμελιώδες στήριγμα τόσο ηθικό, όσο και οικονομικό, αλλά και την αδερφή μου που ήταν συνοδοιπόρος μου καθ' όλη την πορεία της προσπάθειάς μου. Επίσης, ευχαριστώ όλους τους φίλους μου για τη συμπαράσταση και για τις υπέροχες στιγμές των φοιτητικών μου χρόνων.

Αθήνα, Ιούλιος 2021
Δήμητρα Πηγαδιώτη

Σύνοψη

Ανάλυση Παραγόντων Επιρροής της Πανδημίας στην Κινητικότητα στην Ευρώπη με χρήση Μηχανικής Εκμάθησης

Δήμητρα Πηγαδιώτη

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η ανάλυση παραγόντων επιρροής της πανδημίας COVID-19 στην κινητικότητα στην Ευρώπη με χρήση τεχνικών μηχανικής εκμάθησης. Για το σκοπό αυτό, συλλέχθηκαν κατάλληλα στοιχεία αναφορικά με τις τάσεις κινητικότητας, τα περιοριστικά μέτρα και τις καταγραφές κρουσμάτων και θανάτων της νόσου για εικοσιέξι Ευρωπαϊκά κράτη. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με ανάπτυξη κατάλληλων στατιστικών μοντέλων παλινδρόμησης, τα οποία με αξιοποίηση της μεθόδου μηχανικής εκμάθησης, οδηγούν σε προβλέψεις βασιζόμενα στις ιστορικές τάσεις των εξαρτημένων μεταβλητών, τις οποίες συνιστούν η οδήγηση και το βάδισμα. Αναπτύχθηκαν δύο τύποι μοντέλων, η διαφορά των οποίων έγκειται στην επιλογή των ανεξαρτήτων μεταβλητών: ο πρώτος βασίστηκε στα μοναδικά χαρακτηριστικά κάθε χώρας και στους παράγοντες υψηλότερης επιρροής της κινητικότητάς της, ενώ ο δεύτερος αποτελεί ένα κοινό μοντέλο πρόβλεψης στοιχείων κινητικότητας των εξεταζόμενων κρατών, αφού αξιοποίησε ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές για όλες τις χώρες. Από την εφαρμογή της μεθοδολογίας προέκυψε ότι η συμπεριφορά του πληθυσμού απέναντι στην πανδημία και οι συνεπαγόμενοι θάνατοι, απεικονίζονται και προβλέπονται καλύτερα από τα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων του πληθυσμού και όχι από τον αριθμό των κρουσμάτων. Επιπροσθέτως, παρατηρήθηκε ότι οι τάσεις κινητικότητας του πληθυσμού κατά την πανδημία, μπορούν να προβλεφθούν σε ικανοποιητικό βαθμό για τις περισσότερες χώρες της Ευρώπης με αξιοποίηση στοιχείων που αφορούν στον αριθμό νέων κρουσμάτων του ιού ανά εκατομμύριο πληθυσμού, στις πολιτικές εμβολιασμού και στις τάσεις μετακινήσεων από και προς παντοπωλεία, φαρμακεία και πάρκα. Τέλος, προέκυψε ότι η μακροχρόνια ισχύς των περιοριστικών μέτρων μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερα επίπεδα συμμόρφωσης.

Λέξεις κλειδιά: κινητικότητα, οδήγηση, βάδισμα, περιοριστικά μέτρα, COVID-19, πανδημία, Ευρώπη, lockdown, μηχανική εκμάθηση, μοντέλα παλινδρόμησης, γραμμική παλινδρόμηση, παλινδρόμηση διανυσμάτων υποστήριξης, παλινδρόμηση xGBoost, ομαδοποίηση k-μέσων

Abstract

Analysis of Pandemic Impact Factors in European Mobility using Machine Learning

Dimitra Pigadioti

Supervisor: George Yannis, Professor NTUA

The aim of this Diploma Thesis is the analysis of pandemic impact factors in European mobility using machine learning. To achieve that, appropriate data has been collected regarding the tendency of people's mobility, the mobility restrictions as well as the COVID-19 cases and deaths among twenty-six European countries. Data analysis was based on the development of appropriate regression analysis models, using machine learning techniques and making predictions, based on the historical trends of the dependent variables of driving and walking. Two types of models were developed. The basic difference of the models lies in the choice of the independent variables. The first one was based on the unique characteristics of each country and the factors that have the higher impact on mobility, while the second is a common data prediction model of the mobility of all study countries. The methodology demonstrated that the population's behavior towards the pandemic and the consequent deaths, are better reflected and predicted by the characteristics of the population movements and not by the number of COVID-19 cases. Furthermore, the population's mobility trends during the pandemic can be predicted satisfactorily for most European countries, considering the data of new COVID-19 cases per million population, the implemented vaccination policies and the movement trends to the grocery, pharmacy and parks. Moreover, it was demonstrated that the long-term implementation of the restrictive measures can lead to lower degrees of compliance.

Keywords: mobility, driving, walking, restrictive measures, COVID-19, pandemic, machine learning, regression, support vector machines, xGBoost, k-means clustering

Περίληψη

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η **ανάλυση παραγόντων επιρροής της πανδημίας στην κινητικότητα στην Ευρώπη, με χρήση τεχνικών μηχανικής εκμάθησης**. Πιο συγκεκριμένα, διερευνήθηκαν παράγοντες που εξηγούν με το βέλτιστο δυνατό τρόπο τις μεταβολές στην κινητικότητα 26 Ευρωπαϊκών χωρών, για το διάστημα 15/02/2020 έως 02/04/2021.

Ως **εξαρτημένες μεταβλητές** λήφθηκαν η **Οδήγηση** και το **Βάδισμα**, δεδομένα για τις οποίες αντλήθηκαν από τη διαδικτυακή αναφορά τάσεων κινητικότητας της εταιρείας Apple, στην οποία καταγράφονται τα ημερήσια αιτήματα για διαδρομές οδήγησης και βαδίσματος. Ως **ανεξάρτητες μεταβλητές**, χρησιμοποιήθηκαν ο Δείκτης Αυστηρότητας, οι αριθμοί Νέων κρουσμάτων και θανάτων COVID-19 ανά εκατομμύριο πληθυσμού, οι Πολιτικές Εμβολιασμού και οι τάσεις κινητικότητας για Λιανική & Αναψυχή, Παντοπωλεία & Φαρμακεία, Πάρκα, Σταθμούς Διέλευσης, Χώρους Εργασίας και Κατοικίες. Τα δεδομένα που αφορούν στα μέτρα περιορισμού της εξάπλωσης της νόσου αντλήθηκαν από τη διαδικτυακή βάση δεδομένων του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης (OxCGRT), ενώ για τα δεδομένα που αφορούν σε καταγραφές κρουσμάτων και θανάτων αξιοποιήθηκε η διαδικτυακή βάση δεδομένων Our World in Data. Τέλος, τα δεδομένα κινητικότητας ανά προορισμό προέρχονται από τις Αναφορές Κινητικότητας της Κοινότητας της Google (Community Mobility Reports).

Επιλέχθηκαν δύο τύποι μοντέλων (τύπου 1 και τύπου 2), για τους οποίους αναπτύχθηκαν μοντέλα Γραμμικής Παλινδρόμησης, Παλινδρόμησης Διανυσμάτων Υποστήριξης και Παλινδρόμησης xGBoost με σκοπό την πρόβλεψη των κοινών και για τους δύο τύπους εξαρτημένων μεταβλητών: Οδήγηση και Βάδισμα. Η διαφορά των δύο μοντέλων έγκειται στις επιλεγθείσες ανεξάρτητες μεταβλητές, αφού το **Μοντέλο 1** αναπτύχθηκε με χρήση κατά το δυνατόν **περισσότερων ανεξαρτήτων μεταβλητών** βάσει των συντελεστών συσχέτισής τους και είναι διαφορετικό για κάθε χώρα, ενώ το **Μοντέλο 2** αποτελεί ένα μοντέλο **κοινό για όλες τις χώρες**, το οποίο αξιοποιεί τις ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ομαδοποίηση k-μέσων (k-means clustering) των προς μελέτη κρατών με κριτήριο την αυστηρότητα των περιοριστικών μέτρων C1 και C6 και στη συνέχεια εφαρμόστηκε το Μοντέλο 1 τόσο για τις δημιουργηθείσες ομάδες, όσο και για τις συνολικές μέσες τιμές όλων των χωρών.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι ομάδες χωρών που δημιουργήθηκαν από την ομαδοποίηση και στον Πίνακα 2 παρατίθενται οι ονομασίες, οι συμβολισμοί και η κωδικοποίηση των μεταβλητών. Τέλος, στους Πίνακες 3 – 5, παρουσιάζονται τα βέλτιστα μοντέλα τύπου 1 και τύπου 2 που αναπτύχθηκαν τόσο για κάθε χώρα, όσο και για τις ομάδες χωρών και για συνολικές μέσες τιμές όλων των χωρών, καθώς και το αντίστοιχο μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (MAPE) και ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) καθενός από τα μοντέλα.

Πίνακας 1: Ομάδες χωρών που προέκυψαν από την ομαδοποίηση με βάση τη διάρκεια ισχύος μέτρων C1 και C6

Ομάδα 1η - Χώρες με μεγάλη διάρκεια ισχύος περιοριστικών μέτρων						
Αυστρία	Τσεχία	Γαλλία	Γερμανία	Ελλάδα	Ουγγαρία	Ιρλανδία
AUT	CZE	FRA	DEU	GRC	HUN	IRL
	Ιταλία	Πορτογαλία	Ρουμανία	Σλοβακία	Ισπανία	
	ITA	PRT	ROU	SVK	ESP	
Ομάδα 2η - Χώρες με μικρή διάρκεια ισχύος περιοριστικών μέτρων						
Βέλγιο	Εσθονία	Φινλανδία	Λουξεμβούργο	Ολλανδία	Νορβηγία	Ελβετία
BEL	EST	FIN	LUX	NLD	NOR	CHE
Ομάδα 3η - Χώρες με μέτρια διάρκεια ισχύος περιοριστικών μέτρων						
Βουλγαρία	Κροατία	Δανία	Λετονία	Λιθουανία	Πολωνία	Σουηδία
BGR	HRV	DNK	LVA	LTU	POL	SWE

Πίνακας 2: Ονομασίες και Συμβολισμοί μεταβλητών, κωδικοί ανεξαρτήτων μεταβλητών

Όνομα μεταβλητής (ελληνικά)	Όνομα μεταβλητής (αγγλικά)	Συμβολισμός μεταβλητής	Κωδικός
Οδήγηση	Driving	dr	-
Βάδισμα	Walking	wlk	-
Δείκτης Αυστηρότητας	Strigency Index	strig	1
Νέα κρούσματα/εκατομμύριο πληθυσμού	New cases/million	cases	2
Νέοι θάνατοι/εκατομμύριο πληθυσμού	New deaths/million	deaths	3
Πολιτικές Εμβολιασμού	Vaccination Policy	vacc	4
Λιανική & Αναψυχή	Retail & Recreation	retail.recreation	5
Παντοπωλεία & Φαρμακεία	Grocery & Pharmacy	grocery.pharmacy	6
Πάρκα	Parks	parks	7
Σταθμοί Διέλευσης	Transit Stations	transit_stations	8
Χώροι Εργασίας	Workplaces	workplaces	9
Κατοικίες	Residential	residential	10

Πίνακας 3: Επισκόπηση βέλτιστων μοντέλων τύπου 1 για τις χώρες μελέτης

Χώρα	Κωδικοί επιλεχθεισών Ανεξαρτήτων μεταβλητών	Μοντέλο 1					
		Οδήγηση			Βάδισμα		
		Βέλτιστο μοντέλο	MAPE	R ²	Βέλτιστο μοντέλο	MAPE	R ²
Αυστρία	2, 4, 6, 7	SVR	11.97%	0.84	xGBoost	15.33%	0.83
Βέλγιο	2, 3, 4, 6, 7, 9	SVR	7.19%	0.91	SVR	11.42%	0.74
Βουλγαρία	2, 4, 6, 7, 9	SVR	11.43%	0.89	xGBoost	12.06%	0.91
Κροατία	1, 2, 4, 7	xGBoost	10.35%	0.96	SVR	13.74%	0.96
Τσεχία	2, 6, 7, 9	xGBoost	12.39%	0.85	xGBoost	16.11%	0.85
Δανία	1, 2, 4, 6, 7	SVR	7.88%	0.85	SVR	7.44%	0.87
Εσθονία	1, 3, 7	SVR	12.81%	0.87	SVR	16.98%	0.80
Φινλανδία	1, 3, 4, 6, 7, 9	SVR	5.75%	0.94	SVR	7.07%	0.90
Γαλλία	2, 3, 4, 7, 9	SVR	10.15%	0.92	SVR	11.54%	0.90
Γερμανία	2, 4, 6, 7	SVR	13.51%	0.67	SVR	12.81%	0.72
Ελλάδα	2, 4, 6, 7	xGBoost	15.78%	0.89	xGBoost	18.94%	0.86
Ουγγαρία	1, 2, 6, 7	SVR	7.18%	0.92	SVR	11.79%	0.88
Ιρλανδία	2, 3, 4, 6, 7, 9	SVR	14.22%	0.87	xGBoost	14.67%	0.77
Ιταλία	1, 2, 4, 6	xGBoost	12.66%	0.89	xGBoost	15.83%	0.85
Λετονία	1, 4, 7	xGBoost	11.21%	0.88	SVR	16.29%	0.79
Λιθουανία	2, 4, 7, 9	SVR	14.60%	0.88	xGBoost	18.86%	0.80
Λουξεμβούργο	1, 2, 4, 6	SVR	9.37%	0.80	SVR	12.37%	0.63
Ολλανδία	1, 2, 4, 6, 7, 9	xGBoost	7.24%	0.91	SVR	8.71%	0.89
Νορβηγία	1, 3, 6, 7, 9	SVR	10.45%	0.89	SVR	9.71%	0.87
Πολωνία	1, 2, 4, 6, 7	SVR	6.77%	0.95	xGBoost	12.41%	0.92
Πορτογαλία	1, 2, 4, 7	SVR	10.56%	0.95	xGBoost	15.63%	0.90
Ρουμανία	2, 4, 7	SVR	11.34%	0.85	xGBoost	15.49%	0.87
Σλοβακία	1, 2, 4, 6, 9	xGBoost	11.04%	0.92	xGBoost	12.91%	0.85
Ισπανία	1, 2, 4, 7	xGBoost	9.72%	0.95	xGBoost	13.51%	0.87
Σουηδία	1, 2, 3, 4, 6, 7, 9	xGBoost	7.28%	0.92	xGBoost	7.95%	0.85
Ελβετία	1, 2, 4, 7	SVR	7.91%	0.89	SVR	9.18%	0.75

Πίνακας 4: Επισκόπηση βέλτιστων μοντέλων τύπου 1 για τις ομάδες χωρών μελέτης και για όλες τις χώρες συνολικά

Μοντέλο 1							
Χώρες	Κωδικοί επιλεχθεισών Ανεξαρτήτων μεταβλητών	Οδήγηση			Βάδισμα		
		Βέλτιστο μοντέλο	MAPE	R ²	Βέλτιστο μοντέλο	MAPE	R ²
Όλες	2, 4, 6, 9	SVR	10.67%	0.84	xGBoost	16.33%	0.78
Ομάδα 1	2, 6, 7	SVR	8.72%	0.91	xGBoost	9.82%	0.87
Ομάδα 2	1, 2, 4, 6, 7	SVR	5.83%	0.96	SVR	8.70%	0.84
Ομάδα 3	1, 2, 4, 6, 7	xGBoost	6.77%	0.96	xGBoost	11.35%	0.91

Πίνακας 5: Επισκόπηση βέλτιστων μοντέλων τύπου 2 για τις χώρες μελέτης

Μοντέλο 2							
Χώρα	Κωδικοί επιλεχθεισών Ανεξαρτήτων μεταβλητών	Οδήγηση			Βάδισμα		
		Βέλτιστο μοντέλο	MAPE	R ²	Βέλτιστο μοντέλο	MAPE	R ²
Αυστρία	2, 4, 6, 7	SVR	11.97%	0.84	SVR	12.84%	0.80
Βέλγιο	2, 4, 6, 7	SVR	10.32%	0.84	SVR	15.02%	0.54
Βουλγαρία	2, 4, 6, 7	SVR	12.01%	0.87	xGBoost	13.60%	0.86
Κροατία	2, 4, 6, 7	xGBoost	14.02%	0.95	xGBoost	18.95%	0.95
Τσεχία	2, 4, 6, 7	SVR	11.59%	0.85	xGBoost	16.13%	0.82
Δανία	2, 4, 6, 7	SVR	12.91%	0.64	SVR	12.67%	0.66
Εσθονία	2, 4, 6, 7	SVR	11.74%	0.88	xGBoost	16.58%	0.75
Φινλανδία	2, 4, 6, 7	SVR	7.98%	0.90	SVR	8.00%	0.87
Γαλλία	2, 4, 6, 7	SVR	9.80%	0.93	SVR	12.38%	0.88
Γερμανία	2, 4, 6, 7	SVR	13.51%	0.67	SVR	12.81%	0.72
Ελλάδα	2, 4, 6, 7	xGBoost	15.78%	0.89	xGBoost	18.94%	0.86
Ουγγαρία	2, 4, 6, 7	SVR	7.22%	0.92	xGBoost	19.31%	0.75
Ιρλανδία	2, 4, 6, 7	xGBoost	16.26%	0.80	xGBoost	16.26%	0.66
Ιταλία	2, 4, 6, 7	SVR	12.77%	0.90	xGBoost	17.79%	0.85
Λετονία	2, 4, 6, 7	SVR	10.76%	0.87	SVR	23.23%	0.73
Λιθουανία	2, 4, 6, 7	SVR	11.89%	0.90	xGBoost	14.77%	0.85
Λουξεμβούργο	2, 4, 6, 7	SVR	14.43%	0.72	xGBoost	14.31%	0.71
Ολλανδία	2, 4, 6, 7	xGBoost	12.02%	0.75	xGBoost	13.44%	0.73
Νορβηγία	2, 4, 6, 7	xGBoost	17.18%	0.68	SVR	15.44%	0.74
Πολωνία	2, 4, 6, 7	SVR	7.66%	0.93	xGBoost	15.33%	0.86
Πορτογαλία	2, 4, 6, 7	SVR	11.83%	0.92	SVR	15.48%	0.85
Ρουμανία	2, 4, 6, 7	SVR	10.22%	0.89	xGBoost	10.77%	0.91
Σλοβακία	2, 4, 6, 7	SVR	11.55%	0.85	SVR	11.27%	0.85
Ισπανία	2, 4, 6, 7	xGBoost	12.52%	0.91	SVR	15.59%	0.71
Σουηδία	2, 4, 6, 7	SVR	11.51%	0.74	xGBoost	12.07%	0.63
Ελβετία	2, 4, 6, 7	SVR	17.70%	0.55	SVR	20.08%	0.32

Βάσει των αποτελεσμάτων που προέκυψαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας, διατυπώνεται μια σειρά συμπερασμάτων, τα οποία δίνουν απαντήσεις στα αρχικά ερωτήματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

- Στις περισσότερες περιπτώσεις ο αριθμός νέων θανάτων COVID-19 ανά εκατομμύριο πληθυσμού, παρουσιάζει μεγαλύτερη συσχέτιση με τις τάσεις μετακινήσεων από ότι ο αριθμός νέων κρουσμάτων COVID-19 ανά εκατομμύριο πληθυσμού. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι **η συμπεριφορά του πληθυσμού απέναντι στην πανδημία (και οι συνεπαγόμενοι θάνατοι) απεικονίζεται και προβλέπεται καλύτερα από τα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων** του πληθυσμού και όχι από τον αριθμό των κρουσμάτων.

- Οι τάσεις κινητικότητας του πληθυσμού κατά την πανδημία μπορούν να προβλεφθούν σε ικανοποιητικό βαθμό στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης με αξιοποίηση στοιχείων που αφορούν στον **αριθμό νέων κρουσμάτων** της πανδημίας ανά εκατομμύριο πληθυσμού, στις **πολιτικές εμβολιασμού**, στις τάσεις των μετακινήσεων από και προς **παντοπωλεία, φαρμακεία και πάρκα**.
- Τα μοντέλα πρόβλεψης στοιχείων Οδήγησης και Βαδίσματος του Βελγίου, της Φινλανδίας, της Ολλανδίας και της Σουηδίας οδήγησαν σε πολύ καλά αποτελέσματα. Αυτό μπορεί ενδεχομένως να εξηγηθεί από τον αριθμό των ανεξάρτητων μεταβλητών που εισήχθησαν στα μοντέλα των χωρών αυτών: 6 (B, FIN, NL) και 7 (S). Επομένως, **τονίζεται η σημασία της αξιοποίησης κατά το δυνατόν περισσότερων στοιχείων για την καλύτερη μηχανική εκπαίδευση (ML) των μοντέλων**.
- Το **πλήθος** και το **είδος** των **μεταβλητών** που μπορούν να συμβάλλουν στη βέλτιστη πρόβλεψη της κινητικότητας κατά τη διάρκεια της πανδημίας, κατά την εισαγωγή τους στα μοντέλα μηχανικής εκμάθησης, παρουσιάζει μια **σχετική ετερογένεια** μεταξύ των Ευρωπαϊκών χωρών που μελετήθηκαν.
- Η μέθοδος **Παλινδρόμησης Διανυσμάτων Υποστήριξης (SVR)** αποτελεί τη **βέλτιστη μέθοδο πρόβλεψης της Οδήγησης** για την πλειοψηφία των εξεταζόμενων χωρών. Παράλληλα, η Παλινδρόμηση xGBoost ανταποκρίνεται ισάξια με την Παλινδρόμηση Διανυσμάτων Υποστήριξης (SVR) για την πρόβλεψη του Βαδίσματος. Το μοντέλο Γραμμικής Παλινδρόμησης (LR) δεν παρέχει συνεπή αποτελέσματα προβλέψεων για καμία εκ των εξαρτημένων μεταβλητών.
- Τα στοιχεία μετακινήσεων από και προς Λιανική & Αναψυχή, Σταθμούς Διέλευσης και Κατοικίες, δεν αξιοποιήθηκαν στα μοντέλα καμίας χώρας, διότι εμφάνισαν υψηλούς συντελεστές συσχέτισης με πολλές εκ των ανεξαρτητών μεταβλητών, και ιδιαίτερα με το Δείκτη Αυστηρότητας. Το συμπέρασμα αυτό καταδεικνύει τις βασικές κατηγορίες μετακινήσεων που συσχετίζονται άμεσα με τη **συμμόρφωση των πολιτών** στα εκάστοτε κυβερνητικά μέτρα περιορισμού εξάπλωσης της νόσου.
- Οι προβλέψεις κινητικότητας της 1ης ομάδας, δηλαδή των χωρών που εφάρμοσαν μέτρα κλεισίματος εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και κατ' οίκον περιορισμού, παρουσίασαν μεγαλύτερα σφάλματα (11.71% μ.ό. MAPE οδήγησης, 14.55% μ.ό. MAPE βαδίσματος) συγκριτικά με την αμέσως λιγότερο «αυστηρή» 3η ομάδα (9.93% μ.ό. MAPE οδήγησης, μ.ό. 12.68% MAPE βαδίσματος). Οι προβλέψεις κινητικότητας των χωρών που ανήκαν στην πιο «χαλαρή» 2η ομάδα, παρουσίασαν ακόμα μικρότερα σφάλματα: μ.ό. MAPE οδήγησης 8.68% και μ.ό. MAPE βαδίσματος 10.78%. Τα μεγαλύτερα σφάλματα υποδεικνύουν την εν μέρει χαμηλότερη δυνατότητα των ανεξαρτητών μεταβλητών να προβλέψουν τις εξαρτημένες. Κατά συνέπεια συμπεραίνεται ότι ως ένα βαθμό **η μακροχρόνια ισχύς περιοριστικών μέτρων μπορεί να επιφέρει αντίθετα αποτελέσματα από τα επιδιωκόμενα**, δηλαδή μη συμμόρφωση του πληθυσμού σε αυτά, που μπορεί να εξηγηθεί με την πνευματική «εξάντληση» του πληθυσμού, που προκύπτει ως απόρροια της απομόνωσης και του εγκλεισμού.

Πίνακας Περιεχομένων

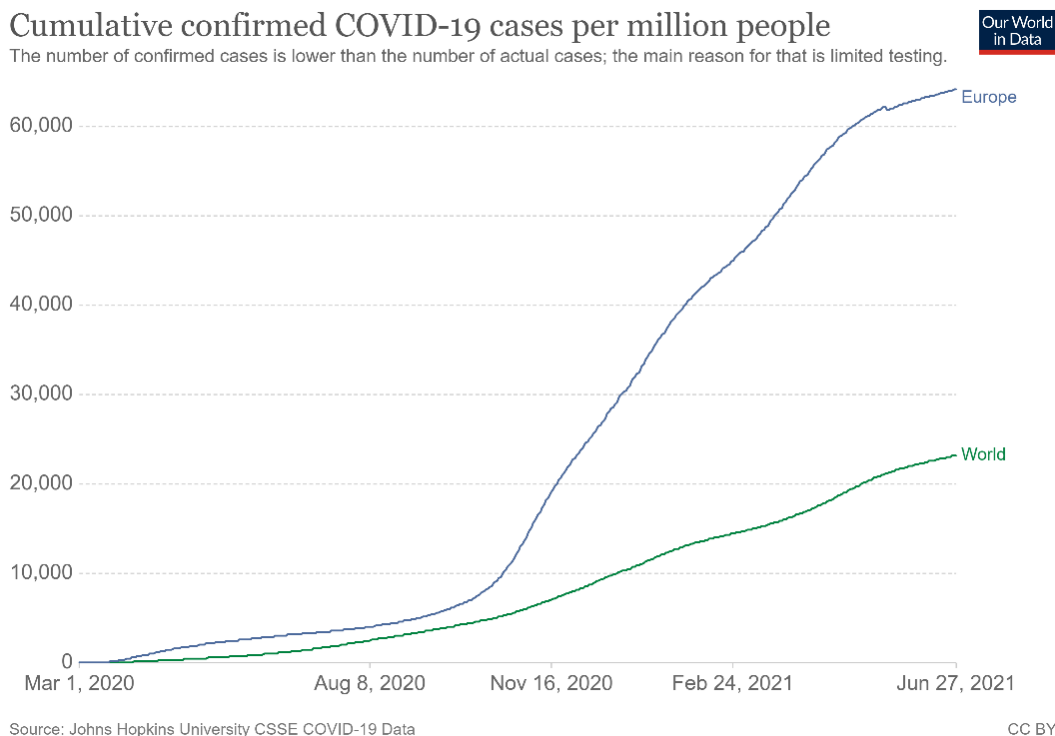
1. Εισαγωγή.....	1
1.1. Γενική Ανασκόπηση.....	1
1.2. Στόχος.....	3
1.3. Μεθοδολογία.....	4
1.4. Δομή Διπλωματικής Εργασίας.....	5
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	6
2.1. Εισαγωγή.....	6
2.2. Συναφείς Έρευνες και Μεθοδολογίες.....	6
2.2.1. Τρόποι με τους οποίους οι επιδημίες και η εξάπλωσή τους σχετίζονται με τις τάσεις κινητικότητας του πληθυσμού.....	6
2.2.2. Ανταπόκριση της κοινωνίας στον επικείμενο κίνδυνο.....	7
2.2.3. Μεταβολές στην κινητικότητα σε αντιστοιχία με τα μέτρα περιορισμού.....	8
2.3. Σύνοψη.....	10
3. Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	15
3.1. Εισαγωγή.....	15
3.2. Μαθηματικά Μοντέλα.....	15
3.2.1. Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression).....	15
3.2.2. Παλινδρόμηση Διανυσμάτων Υποστήριξης (Support Vector Regression).....	17
3.2.3. Παλινδρόμηση ΧGBoost (ΧGBoost Regression).....	19
3.3. Ομαδοποίηση (Clustering).....	19
3.4. Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλων.....	19
3.4.1. Σφάλματα προβλέψεων.....	20
3.4.2. Προσαρμογή μοντέλων.....	20
4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων.....	22
4.1. Εισαγωγή.....	22
4.2. Συλλογή Στοιχείων.....	22
4.2.1. Στοιχεία κινητικότητας.....	22
4.2.2. Στοιχεία μέτρων περιορισμού της πανδημίας.....	24
4.2.3. Στοιχεία κρουσμάτων και θανάτων COVID-19.....	26
4.3. Επεξεργασία Στοιχείων.....	27
4.4. Περιγραφική Στατιστική.....	30
4.5. Συσχέτιση Μεταβλητών.....	33
5. Εφαρμογή Μεθοδολογίας – Αποτελέσματα.....	40

5.1. Εισαγωγή.....	40
5.2. Εφαρμογή Μεθοδολογίας.....	41
5.3. Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων	50
6. Συμπεράσματα	65
6.1. Σύνοψη Αποτελεσμάτων	65
6.2. Σύνοψη Συμπερασμάτων	67
6.3. Προτάσεις για Αξιοποίηση των Αποτελεσμάτων	69
6.4. Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα.....	69
Βιβλιογραφία	71
Παράρτημα	73

1. Εισαγωγή

1.1. Γενική Ανασκόπηση

Η **πανδημία της νόσου του κορονοϊού 2019 (COVID-19)**, προκλήθηκε από τον κορονοϊό SARS-CoV-2 και εντοπίστηκε για πρώτη φορά το Δεκέμβριο του 2019 στην πόλη Ουχάν της Κίνας. Μέχρι και τον Ιούνιο του 2021, καταγράφηκαν περισσότερα από 180 εκατομμύρια κρούσματα παγκοσμίως, με τους συνολικούς θανάτους να υπερβαίνουν τα 3,9 εκατομμύρια (World Health Organization, 2021). Οι Ευρωπαϊκές χώρες, όπως φαίνεται και στα γραφήματα 1.1 και 1.2, επλήγησαν σημαντικά από την αρχή του ξεσπάσματος της πανδημίας, έχοντας καταγράψει συνολικά περισσότερα από 55,7 εκατομμύρια κρούσματα και περίπου 1,2 εκατομμύριο θανάτους έως και τον Ιούνιο του 2021 (World Health Organization, 2021).

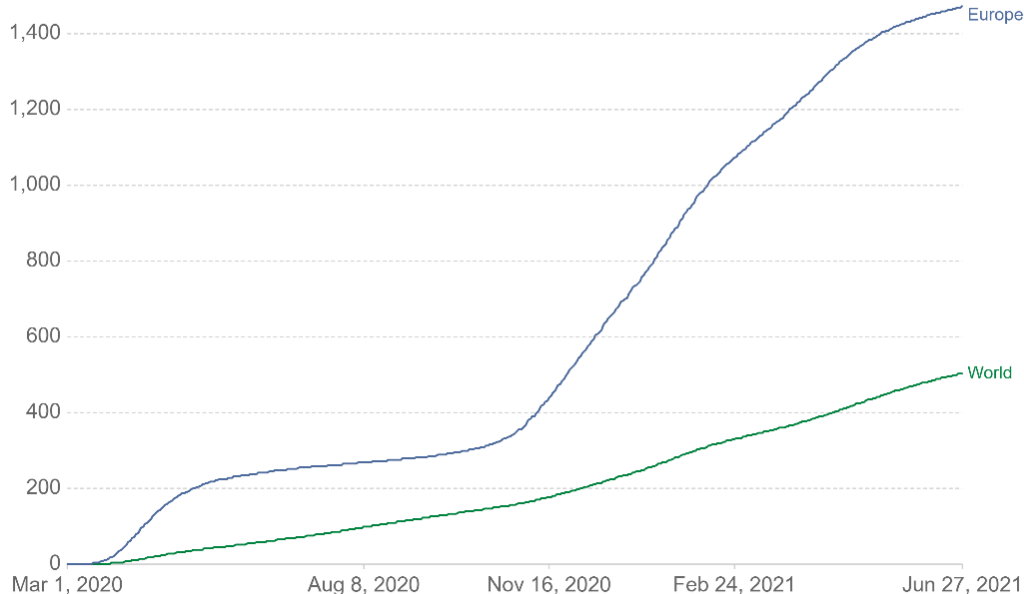


Γράφημα 1.1: Συνολικά επιβεβαιωμένα κρούσματα COVID-19 ανά εκατομμύριο πληθυσμού (Our World in Data, 2021)

Cumulative confirmed COVID-19 deaths per million people

Limited testing and challenges in the attribution of the cause of death means that the number of confirmed deaths may not be an accurate count of the true number of deaths from COVID-19.

Our World
in Data



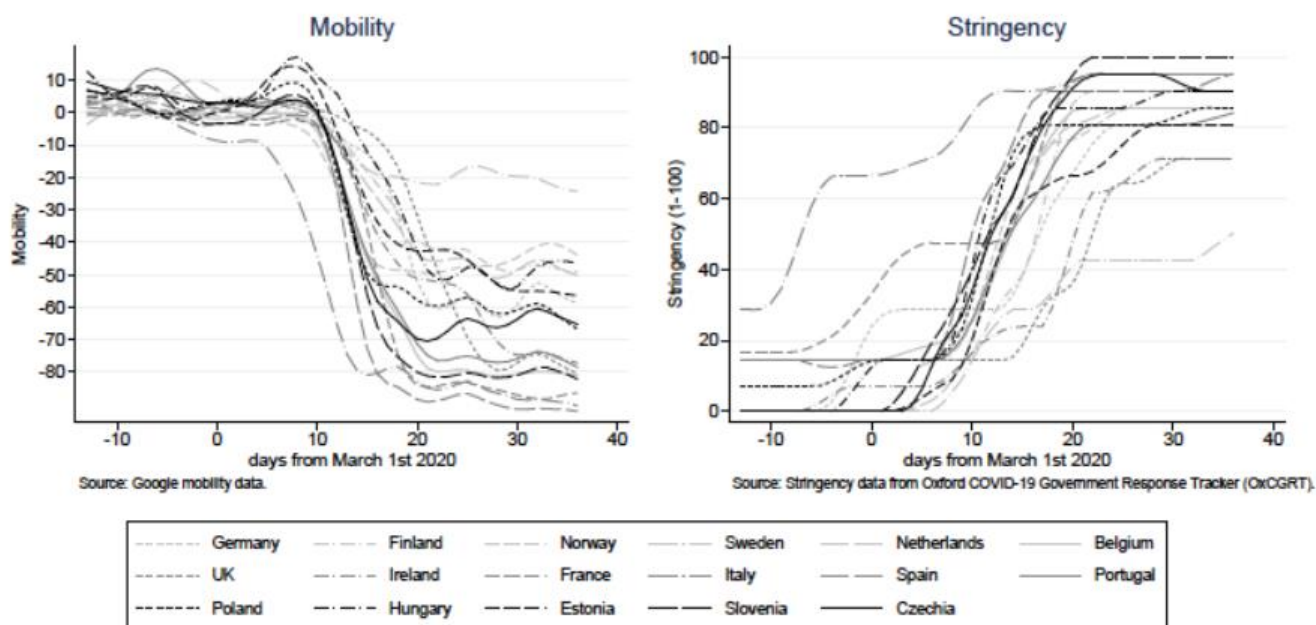
Source: Johns Hopkins University CSSE COVID-19 Data

CC BY

Γράφημα 1.2: Συνολικοί επιβεβαιωμένοι θάνατοι COVID-19 ανά εκατομμύριο πληθυσμού (Our World in Data, 2021)

Η ραγδαία εξάπλωση της νόσου παγκοσμίως, επέφερε ριζικές αλλαγές στην καθημερινότητα των πολιτών, ενώ έθεσε τις κυβερνήσεις αντιμέτωπες με την επιτακτική ανάγκη εύρεσης πολιτικών για τον κατά το δυνατόν **περιορισμό πολλαπλασιασμού του υψηλής μεταδοτικότητας ιού** και, κατ' επέκταση, μείωση της ασκούμενης στο σύστημα υγείας πίεσης. Οι πολιτικές αυτές περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα μέτρων, τα οποία εξακολουθούν να εφαρμόζονται και αποσκοπούν στον περιορισμό της κινητικότητας, της κυκλοφορίας και των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων. Πιο συγκεκριμένα, τα μέτρα περιορισμού αφορούν κυρίως στο κλείσιμο των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων όλων των βαθμίδων και των χώρων εργασίας, στην απαγόρευση των δημόσιων εκδηλώσεων και των μαζικών συναθροίσεων, στον αυστηρό έλεγχο των μετακινήσεων εσωτερικού και εξωτερικού των χωρών, και στην απαγόρευση κυκλοφορίας (lockdown) (Hale et al., 2020).

Οι διάφορες **πολιτικές lockdown** που ασκήθηκαν από τις κυβερνήσεις, κυμαίνονταν από πολύ δραστικές, όπως αυτές που εφαρμόστηκαν σε τμήματα της Ασίας και της Νότιας Ευρώπης, έως λιγότερο αυστηρές προσεγγίσεις που εφαρμόστηκαν αλλού (π.χ. Σουηδία) (Silvia Mendolia et al, 2020). Ανεξαρτήτως βαθμού αυστηρότητας, τα περιοριστικά μέτρα, αλλά και ο φόβος έκθεσης στον ιό, είχαν ως αντίκτυπο τη ριζική **μείωση της συνολικής κινητικότητας** και γενικότερα τη δημιουργία νέων συνθηκών στις μετακινήσεις.



Γράφημα 1.3: Ημερήσια κινητικότητα και δείκτης αυστηρότητας μέτρων σε Ευρωπαϊκές χώρες κατά το Μάρτιο του 2020 (Bargain & Aminjonov, 2020)

1.2. Στόχος

Με βάση τα όσα προαναφέρθηκαν στην παραπάνω ενότητα, στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **ανάλυση παραγόντων επιρροής της πανδημίας στην κινητικότητα στην Ευρώπη, με χρήση τεχνικών μηχανικής εκμάθησης**. Πιο συγκεκριμένα, θα διερευνηθούν **παράγοντες** οι οποίοι μπορούν να εξηγήσουν με το βέλτιστο δυνατό τρόπο τις μεταβολές στην κινητικότητα (οδήγηση και βάδισμα) 26 Ευρωπαϊκών χωρών.

Για την επίτευξη του προαναφερθέντος στόχου, θα πραγματοποιηθεί ανάπτυξη κατάλληλων **στατιστικών μοντέλων** τα οποία, αξιοποιώντας τη μέθοδο της μηχανικής εκμάθησης, από ιστορικές σχέσεις και τάσεις στα δεδομένα (πειραματικά δεδομένα) οδηγούν σε προβλέψεις βασισμένα σε αυτές και θα εξάγουν αξιόπιστες αποφάσεις, οι οποίες θα συνιστούν τα ζητούμενα αποτελέσματα.

Επιπροσθέτως, επιμέρους στόχο αποτελεί η **συγκριτική αξιολόγηση του βαθμού επιρροής των διαφόρων στρατηγικών** που εφαρμόστηκαν κατά του COVID-19 στους δείκτες κινητικότητας, με ομαδοποίηση των προς μελέτη κρατών ανάλογα τους δείκτες αυστηρότητας των επιβληθέντων μέτρων.

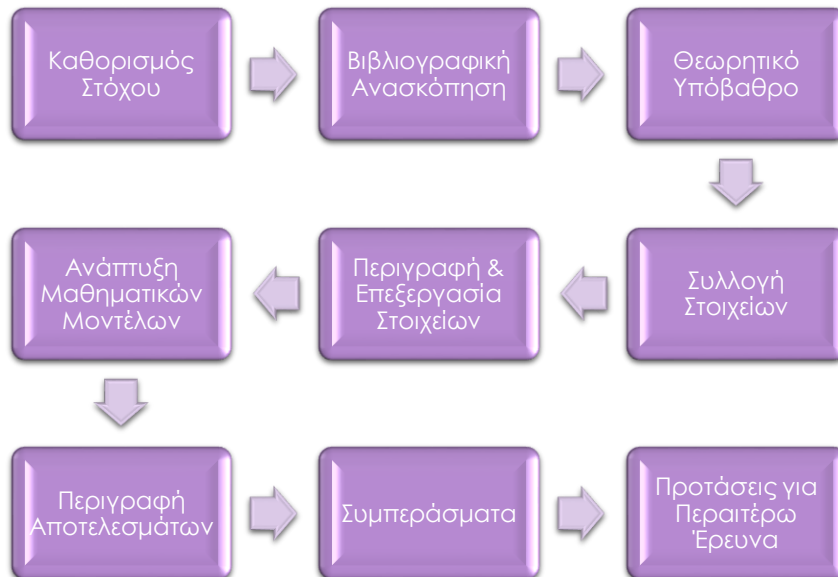
1.3. Μεθοδολογία

Στην παρούσα ενότητα, περιγράφεται συνοπτικά η **μεθοδολογία** που ακολουθήθηκε για την επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας.

Αρχικό βήμα αποτέλεσε ο σαφής προσδιορισμός του αντικείμενου και των επιδιωκόμενων **στόχων της μελέτης**. Έπειτα, ακολούθησε η **βιβλιογραφική ανασκόπηση** σε διεθνή βιβλιογραφία, αποσκοπώντας στην εύρεση παρεμφερών ερευνών, τόσο ως προς το αντικείμενο μελέτης, όσο και ως προς τη μεθοδολογία ανάλυσης. Από τις συναφείς αυτές μελέτες, εντοπίστηκαν πιθανά κενά ή ελλείψεις, προσδιορίστηκαν ζητήματα που έχρηζαν περεταίρω έρευνας και αναζητήθηκαν πιθανοί τρόποι προσέγγισης και ανάλυσής τους.

Εν συνέχεια, ακολούθησε η **συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων** και η διαμόρφωση της τελικής ηλεκτρονικής βάσης δεδομένων. Κατόπιν, **αναπτύχθηκαν τα κατάλληλα μαθηματικά, στατιστικά μοντέλα**, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή χρήσιμων αποτελεσμάτων και την επίτευξη των προαναφερθέντων (ενότητα 1.2) στόχων της μελέτης.

Τα παραπάνω βήματα οδηγούν στην **εξαγωγή συμπερασμάτων**, καθώς και **προτάσεων** για περεταίρω έρευνα. Στο παρακάτω διάγραμμα ροής (Γράφημα 1.3), παρουσιάζονται συνοπτικά τα διαδοχικά βήματα της μεθοδολογίας της παρούσας διπλωματικής εργασίας.



Γράφημα 1.4: Διάγραμμα ροής σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας

1.4. Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζεται η **δομή της Διπλωματικής Εργασίας** μέσω της σύνοψης των κεφαλαίων που την απαρτίζουν.

Το **κεφάλαιο 1**, το οποίο είναι το παρόν κεφάλαιο, απαρτίζεται από μία γενική ανασκόπηση του πλαισίου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ενώ παρουσιάζονται ο στόχος της εν λόγω μελέτης και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνησή της.

Το **κεφάλαιο 2**, αποτελεί τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, όπου παρατίθενται χρήσιμα ευρήματα από συναφείς έρευνες και μεθοδολογίες, βάσει των οποίων οριστικοποιείται το θέμα μελέτης και επισημαίνονται τα προς εξέταση ζητήματα.

Το **κεφάλαιο 3**, αναφέρεται στο θεωρητικό υπόβαθρο και στις απαιτούμενες μεθόδους για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

Στο **κεφάλαιο 4**, περιγράφεται η συλλογή των στοιχείων από υπάρχουσες διαδικτυακές βάσεις δεδομένων και η επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε πριν την ανάλυση τους.

Στο **κεφάλαιο 5**, αναλύεται η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε κατά τη διαδικασία ανάπτυξης των μαθηματικών μοντέλων και παρουσιάζονται τα προκύπτοντα αποτελέσματα.

Στο **κεφάλαιο 6**, έπειτα από τη σύνοψη των αποτελεσμάτων, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την αξιολόγηση των εξαγόμενων μαθηματικών μοντέλων. Επιπλέον, παρατίθενται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα όσον αφορά στην κινητικότητα σε συνθήκες πανδημίας.

Στο τέλος, παρατίθενται υπό μορφή καταλόγου οι βιβλιογραφικές αναφορές που αξιοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας, η παρουσίαση των οποίων συμβαδίζει με όλα τα διεθνή πρότυπα. Επιπλέον, επισυνάπτεται το παράρτημα.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1. Εισαγωγή

Στο εν λόγω κεφάλαιο, παρατίθενται **έρευνες** της διεθνούς βιβλιογραφίας, **το αντικείμενο και η μεθοδολογία των οποίων παρουσιάζουν συνάφεια** με εκείνα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται επιστημονικές μελέτες, οι οποίες επικεντρώνονται στο ρόλο των πανδημιών και των πολιτικών περιορισμού τους στις συμπεριφορές του κοινωνικού συνόλου, με έμφαση στη συμπεριφορά μετακίνησης, η οποία συνεπάγεται επιρροές στις τάσεις κινητικότητας του πληθυσμού.

Εν συνεχεία, παρουσιάζονται συνοπτικά τα προκύπτοντα αποτελέσματα, υπό μορφή πίνακα, ενώ επισημαίνονται πιθανά κενά της βιβλιογραφίας. Βάσει αυτών, προσδιορίζονται το σαφές αντικείμενο και ο επιδιωκόμενος στόχος της διπλωματικής εργασίας, καθώς και η καταλληλότερη μέθοδος ανάλυσής της.

2.2. Συναφείς Έρευνες και Μεθοδολογίες

2.2.1. Τρόποι με τους οποίους οι επιδημίες και η εξάπλωσή τους σχετίζονται με τις τάσεις κινητικότητας του πληθυσμού

Η μελέτη των **προτύπων κινητικότητας**, είναι ένα ουσιαστικό στοιχείο για την κατανόηση της εξάπλωσης των επιδημιών. Η έρευνα των Hisi et al. (2018), με την ανάπτυξη στοχαστικού μοντέλου μεταπληθυσμών, αποδεικνύει το ρόλο της κινητικότητας στη δυναμικότητα των επιδημιών. Συμπεραίνεται ότι ως συνάρτηση του ποσοστού ανοσίας του ξενιστή, η **επιμονή της νόσου** εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το **ποσοστό κινητικότητάς του**, ενώ υπογραμμίζεται ότι ο παγκόσμιος αριθμός ευπαθών ατόμων είναι το κλειδί για την κατανόηση της επιμονής μιας επιδημίας. Επιπλέον, οι Wu et al. (2017), με την ανάπτυξη συζευγμένου μοντέλου εξάπλωσης της επιδημίας και με χρήση της μεθόδου μήτρας επόμενης γενιάς για θεωρητικό υπολογισμό του βασικού αριθμού αναπαραγωγής, ποσοτικοποιούν την **επίδραση της ατομικής κινητικότητας** στην εξάπλωση της επιδημίας και επισημαίνουν ότι υψηλότερο επίπεδο μετακίνησης παρατείνει το χρόνο επίτευξης κατάστασης σταθερότητας, ενώ ο περιορισμός των αρχικών εστιών μόλυνσης θα μπορούσε να επιτύχει μόνο επιβράδυνση του ξεσπάσματος των μολυσματικών ασθενειών.

Η έρευνα των Glaeser et al. (2020), επικεντρώνεται στην εκτίμηση της **επιρροής της κινητικότητας στη διάδοση της πανδημίας**, συλλέγοντας πληροφορίες που αφορούν στην κινητικότητα, αλλά και εβδομαδιαία δεδομένα κρουσμάτων COVID-19 για τη Νέα Υόρκη και τέσσερις ακόμα πολιτείες της Αμερικής. Σχηματίζεται ξεκάθαρη εικόνα για το πόσο αυξάνεται η έκθεση στον ιό με την αύξηση της κινητικότητας, ενώ αντίστροφα, εκτιμάται ότι μείωση κατά δέκα εκατοστιαίες μονάδες στην κινητικότητα οδηγεί σε πτώση κατά 30% στις κατά κεφαλήν περιπτώσεις COVID-19. Αξιοσημείωτες είναι οι διακυμάνσεις των συμπεριφορών διαφόρων τμημάτων του πληθυσμού στο άκουσμα του κινδύνου και στην επιβολή των πρώτων περιοριστικών μέτρων, ενώ είναι προφανές ότι συνοικίες με κατοίκους των οποίων το εισόδημα προέρχεται από επαγγελματικές εργασίες που δεν καλύπτονται με τηλεργασία, είναι πολύ πιο εκτεθειμένες στον κίνδυνο μόλυνσης και στην ταχεία διασπορά μεταξύ των πληθυσμών τους.

Οι Wei et al. (2020) αξιοποιούν δεδομένα μετακίνησης Tencent ως μέτρο της κινητικότητας του πληθυσμού μεταξύ πόλεων στην Κίνα, με σκοπό την αποσαφήνιση της **χωρικής και χρονικής διαδικασίας εξάπλωσης της πανδημίας** κατά το αρχικό στάδιό της και την **αξιολόγηση της επίδρασης των μέτρων περιορισμού σε διάφορα σενάρια**. Έτσι, αναπτύσσεται μοντέλο επιδημίας και κινητικότητας βασισμένο στην πόλη (City-based Epidemic and Mobility Model, CEMM) με χρήση τεχνικών δικτύου πολλαπλών παραγόντων. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου δείχνουν ότι η κινητικότητα του πληθυσμού μπορεί να εξηγήσει το μηχανισμό διαβίωσης της επιδημίας σε κάποιο βαθμό, ενώ παράλληλα πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στο **φαινόμενο του δικτύου** κατά τη μελέτη εξάπλωσης ασθενειών. Το φαινόμενο αυτό εξηγεί ότι η εξάπλωση της επιδημίας δεν είναι απλώς μια κεντρική ακτινωτή δομή που εξαπλώνεται από το επίκεντρο, αλλά μια πολύπλοκη διαδικασία δικτύου. Δηλαδή, οι πόλεις δεν αρκεί μόνο να αποτρέψουν την επιδημία από το επίκεντρο, αλλά και να προστατεύσουν από μολύνσεις από άλλες περιοχές. Το φαινόμενο και ο κίνδυνος εντείνονται σε χώρες με εξελιγμένες εγκαταστάσεις μεταφορών και υψηλή απόδοση κινητικότητας, των οποίων ο πληθυσμός μπορεί να ταξιδεύει μεταξύ πόλεων γρήγορα και ευέλικτα. Βάσει των προαναφερθέντων, προκύπτει κρίσιμη η πρόβλεψη της αποτελεσματικότητας διαφορετικών σεναρίων λήψης μέτρων (π.χ. με χρονική διαφορά), αλλά και η σύγκριση των συνεπειών διαφόρων τύπων μετακινήσεων (π.χ. εντός πόλης μετακινήσεων- εκτός πόλης μετακινήσεων).

Παλαιότερη χωρική ανάλυση των Li et al., που πραγματοποιήθηκε το 2015 με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στην **επίδραση που ασκεί η ανθρώπινη κινητικότητα και αλληλεπίδραση στις μεταδοτικές ασθένειες** που εξαπλώνονται στην Ακτή του Ελεφαντοστού, αξιοποίησε δεδομένα λεπτομερειών τηλεφωνικών κλήσεων. Πιο συγκεκριμένα, έπειτα από μοντελοποίηση και πρόβλεψη της διαδικασίας εξάπλωσης της επιδημίας, παρέχεται μια συστηματική ανάλυση των συνθηκών υπό τις οποίες μπορεί να ξεκινήσει μια επιδημία και της πορείας διάδοσής της, ενώ επιτυγχάνεται ποιοτική και ποσοτική απεικόνιση της δυναμικής της, λαμβάνοντας υπόψη την ετερογένεια της έντασης της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης. Προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα αναφορικά με τις διαφοροποιήσεις των χωροχρονικών προτύπων επιδημικής εξάπλωσης, της διάρκειας της μόλυνσης και της έντασης της πανδημίας σε κάθε μέρος. Παράλληλα, συμπεραίνεται πως το πυκνά συνδεδεμένο δίκτυο καθιστά πολύπλοκα τα αποτελέσματα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ κόμβων.

2.2.2. Ανταπόκριση της κοινωνίας στον επικείμενο κίνδυνο

Αλλαγές στα επίπεδα δραστηριότητας γύρω από τις επιδημίες έχουν μελετηθεί από οικονομολόγους και επιδημιολόγους, ενώ έχουν κατά καιρούς αναλυθεί οι συμπεριφορικές αντιδράσεις μετά από κρίσεις υγείας ή φυσικές καταστροφές. Τέτοιου είδους μελέτη αποτέλεσε αυτή των Kim et al. (2017), οι οποίοι εξήγαγαν χρήσιμα συμπεράσματα αναφορικά με την **επίδραση του φόβου έκθεσης στον ιό και την αποφυγή εστιών μετάδοσης στη συμπεριφορά μετακίνησης**, κατά τη διάρκεια της επιδημίας MERS στη Νότια Κορέα το 2015. Πιο συγκεκριμένα, συμπεράθηκε ότι στη Σεούλ τα ταξίδια με μέσα μαζικής μεταφοράς μειώθηκαν κατά 12%, ενώ οι επισκέψεις σε σημεία αυξημένου κινδύνου (π.χ. νοσοκομεία, μεγάλοι σιδηροδρομικοί σταθμοί, στάδια κλπ.) μειώθηκαν απότομα κατά 14%, κατά την έξαρση του ιού MERS. Αντίστοιχα συμπεράσματα εξήγαγαν και οι Scorrano et al. (2021), οι οποίοι διερεύνησαν τις **επιλογές του τρόπου μεταφοράς** για άφιξη στο κέντρο της ιταλικής πόλης Τεργέστης, από δείγμα 315 ερωτηθέντων, πριν και κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19. Διαπιστώθηκε ότι ο ιός επέφερε

έντονο αρνητικό αντίκτυπο στις μετακινήσεις με λεωφορεία, αφού οι χρήστες τους μετατοπίστηκαν σε ιδιωτικούς τρόπους μετακίνησης (μηχανοκίνητους ή μη μηχανοκίνητους).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον κατά την εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με την ανταπόκριση των πληθυσμών σε οποιονδήποτε κίνδυνο, αποκτά η αξιολόγηση της επίδρασης των **κοινωνικο-δημογραφικών και οικονομικών χαρακτηριστικών των υπευθύνων λήψης αποφάσεων**. Έρευνα των Glodeanu et. al (2021) που εξήχθη κατά τη διάρκεια και μετά τη λήξη του lockdown λόγω COVID-19, στη μητροπολιτική περιοχή της Μαδρίτης, παρ' όλο που συμπέρανε πτώσεις κινητικότητας έως και 89% κατά τη διάρκεια του περιορισμού, σχημάτισε ένα ετερογενές τοπίο της πτώσης αυτής. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι οι απότομες πτώσεις στην κινητικότητα αντιστοιχούσαν στα κεντρικά, τα βόρεια και τα δυτικά προάστια της πόλης, ενώ τα νότια τμήματα είχαν τις πιο αδύναμες πτώσεις στην κινητικότητα. Αυτό το χωρικό μοτίβο, ακολουθεί ένα παρόμοιο μοτίβο με τον δείκτη στέρσης (IMD), υποδηλώνοντας ότι οι πιο υποβαθμισμένες περιοχές παρουσίασαν ασθενέστερη πτώση στην κινητικότητα. Το αποτέλεσμα αυτό αιτιολογείται με το γεγονός ότι οι κάτοικοι των πιο υποβαθμισμένων περιοχών είναι πιθανότερο να απασχολούνται σε επαγγέλματα όπου απαιτείται η φυσική παρουσία και, επομένως, επιβεβαιώνονται οι αρνητικές επιπτώσεις που επιφέρουν τα μέτρα απαγόρευσης της μη σχετιζόμενης με την εργασία κινητικότητας στις φτωχότερες γειτονίες.

Ανάλογοι **ισχυροί συσχετισμοί μεταξύ των αποτελεσμάτων COVID-19 και της κοινωνικοοικονομικής κατάστασης**, διαπιστώθηκαν και από τις μελέτες των Mena et al. (2021), Pullano et al. (2020) και Bonaccorsi et. al (2020), οι οποίες έλαβαν χώρα στη Χιλή, στη Γαλλία και στην Ιταλία αντίστοιχα. Επιπλέον, συμπεράθηκε ότι οι δοκιμές COVID-19, ήταν σχεδόν απύσες στις αρχές της πανδημίας σε δήμους του χαμηλότερου άκρου του κοινωνικοοικονομικού φάσματος, και ότι η ανθρώπινη κινητικότητα δε μειώθηκε όσο μειώθηκε σε πιο εύπορες περιοχές κατά την έναρξη των περιοριστικών μέτρων. Κατά συνέπεια, στις περιοχές αυτές παρατηρήθηκαν τόσο υψηλότερη θετικότητα δοκιμών, όσο και υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας, υποδηλώνοντας τη μειωμένη ικανότητα του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης να περιορίσει την εξάπλωση της επιδημίας. Έτσι, επισημαίνεται η σημαντική δημοσιονομική προσπάθεια που απαιτείται για την προστασία των πιο ευάλωτων ατόμων, αλλά και για το μετριασμό της αύξησης της φτώχειας και της ανισότητας που προκαλείται από υγειονομικές κρίσεις σαν και αυτή ή άλλα πρωτοφανή φαινόμενα που πλήττουν κοινωνίες και οικονομίες.

2.2.3. Μεταβολές στην κινητικότητα σε αντιστοιχία με τα μέτρα περιορισμού

Πληθώρα ερευνών έχουν προτείνει στρατηγικές που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την καταπολέμηση της πανδημίας, λαμβάνοντας υπόψη τα διδάγματα που αντλήθηκαν από την αντίδραση της κοινωνίας σε νόσους στο παρελθόν. Για παράδειγμα, η έρευνα των Oyeneran et al. (2020), συνοψίζει **αποδεδειγμένες στρατηγικές που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την καταπολέμηση της νόσου COVID-19**, λαμβάνοντας υπόψη τα διδάγματα που αντλήθηκαν κατά το ξέσπασμα της νόσου του ιού Έμπολα το Δεκέμβριο του 2013 και υπογραμμίζει τη σημασία της επικοινωνίας του κινδύνου στους πολίτες με σκοπό την πρόληψη, την αποφυγή της παραπληροφόρησης και τη βελτίωση συμπεριφορών ατομικής υπευθυνότητας. Ταυτόχρονα, εστιάζει στην ανάγκη για παροχή υποδομών και εξοπλισμού ασφαλείας, αλλά και για εντατική εκπαίδευση εργαζομένων στην υγειονομική περίθαλψη, ώστε να επιτευχθεί μείωση του φόβου και αύξηση της προθυμίας για αντιμετώπιση ύποπτων κρουσμάτων, ενώ ταυτόχρονα να αποτραπεί η εξάπλωση στις εγκαταστάσεις υγείας και να προστατευθούν οι εργαζόμενοι από πιθανή

μόλυνση, καθώς αποτελούν κρίσιμο πόρο και διαδραματίζουν καθοριστικό παράγοντα στην καταπολέμηση της εξάπλωσης του ιού. Τέλος, τονίζεται η κρισιμότητα της δέσμευσης κοινωνικών εκδηλώσεων και μαζικών συναντήσεων στον περιορισμό του ποσοστού μόλυνσης και, μακροπρόθεσμα, στην μείωση του ποσοστού θνησιμότητας της νόσου.

Πρόσφατες έρευνες σχετικές με την πανδημία COVID-19, έδειξαν ότι οι **πολιτικές lockdown μείωσαν σημαντικά την κινητικότητα**. Η έρευνα των Mendolia et al. (2020) μελετά τη δυναμική της ανθρώπινης κινητικότητας κατά το αρχικό στάδιο της πανδημίας COVID-19 σε χώρες ανά τον κόσμο, αλλά και το ρόλο των κυβερνητικών κανονισμών και πληροφοριών στη μείωσή της. Συγκεκριμένα, με αξιοποίηση δεδομένων ανθρώπινης κινητικότητας, αριθμών μολύνσεων και θανάτων και δεικτών αυστηρότητας των επιβαλλόμενων από τις κυβερνήσεις πολιτικών, για 73 χώρες, σε 6 περιοχές του κόσμου και με χρήση εμπειρικών μοντέλων, αποδεικνύει ότι η ανταπόκριση της ανθρώπινης κινητικότητας στις πληροφορίες σχετικά με την εξάπλωση της πανδημίας, είναι υψηλή. Παράλληλα, έπειτα από προσπάθεια εμπειρικού διαχωρισμού των εθελοντικών μειώσεων στην κινητικότητα, που οφείλονται στις πληροφορίες σχετικά με τις πανδημικές τάσεις, από τις μειώσεις λόγω των επιβαλλόμενων από την κυβέρνηση εντολών κοινωνικής απόστασης, συμπεραίνεται πως οι τελευταίες αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της μείωσης της κινητικότητας που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, και έτσι υπογραμμίζεται ο **καθοριστικός ρόλος της έγκαιρης λήψης περιοριστικών μέτρων στην πρόληψη και μείωση εξάπλωσης της πανδημίας**.

Αντίστοιχη μελέτη των Hadjidemetriou et al. (2020) για τη Βρετανία, διαπίστωσε ότι η συνεχής «καθοδήγηση» και «συμβουλή και σύσταση» της βρετανικής κυβέρνησης για την αποφυγή μη απαραίτητων μετακινήσεων μεταξύ 8 και 23 Μαρτίου 2020, σε συνδυασμό με το κλείσιμο των σχολείων και τη μειωμένη λειτουργία των υπηρεσιών υπόγειου και εθνικού σιδηροδρόμου του Λονδίνου, συνέβαλε ενδεχομένως στη **συνεχή μείωση ανθρώπινης κινητικότητας** κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Όμως, στις 24 Μαρτίου 2020 (δηλ. την επόμενη ημέρα του γενικού αποκλεισμού), η ανθρώπινη κινητικότητα βρέθηκε να μειώνεται ακόμη περισσότερο, με την οδήγηση, τη χρήση δημόσιας συγκοινωνίας και το περπάτημα να σημειώνουν πτώση έως και 60%, 80% και 60% σε σύγκριση με την ίδια περίοδο του προηγούμενου έτους. Οι πτώσεις αυτές στην κινητικότητα, δεν παρουσίασαν ιδιαίτερες διακυμάνσεις μέχρι και τα τέλη Μαΐου 2020. Παρομοίως, η έρευνα των Pullano et al. (2020) αναφέρει 75% μείωση των μετακινήσεων σε ώρες αιχμής στη Γαλλία, ως απόρροια της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης και της τηλεργασίας.

Διερεύνηση της επίδρασης της πανδημίας COVID-19 στην οδηγική συμπεριφορά και την οδική ασφάλεια σε Ελλάδα και Σαουδική Αραβία, πραγματοποίησαν οι Katrakazas et al. (2020) και συμπέραναν ότι στην Ελλάδα, τον Απρίλιο του 2020, σημειώθηκε σημαντική μείωση της κινητικότητας συγκριτικά με το Φεβρουάριο τόσο των οδηγών, των οποίων η κινητικότητα μειώθηκε κατά περίπου 74%, όσο και των πεζών, με πτώση κινητικότητας κατά 72,3%. Αν και μικρότερη, εξίσου αξιοσημείωτη πτώση των δεικτών κινητικότητας παρατηρήθηκε και στη Σαουδική Αραβία, με μείωση κατά 56% και 47% για οδήγηση και περπάτημα αντίστοιχα. Ο **αντίκτυπος των αντιμετρών COVID-19 στα μοτίβα οδήγησης και βαδίσματος** ήταν εμφανής, αφού σημαντική πτώση στο περπάτημα και στην οδήγηση ξεκίνησε με το κλείσιμο των σχολείων και όλων των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και συνεχίστηκε μέχρι την απόφαση lockdown, οπότε και ξεκίνησε η ακόμα μεγαλύτερη πτώση. Όσον αφορά στη **συνολική μέση ταχύτητα** του Απριλίου, παρατηρήθηκε **αύξηση** της τάξης του 11% στην Ελλάδα και 8% στη Σαουδική Αραβία, εν συγκρίσει με μία κανονική περίοδο το Φεβρουάριο.

Τα ευρήματα από τη μελέτη των Mahajan et al. (2021), για το Μόναχο, παρέχουν στοιχεία για τον **αντίκτυπο των περιοριστικών μέτρων στα «σημεία ενδιαφέροντος»** (POI) και δείχνουν τη σημαντική συσχέτιση του τύπου POI και της απόστασης στάσης, με τη δημοτικότητα του POI, η οποία υποδηλώνει τοπική και χρονική μεταβλητότητα στον αντίκτυπο που οφείλεται στους περιορισμούς. Στο ίδιο πλαίσιο, **απότομη μείωση της κινητικότητας** επισημάνθηκε κατά τις πρώτες τρεις εβδομάδες του Μαρτίου, σύμφωνα με την έρευνα των Santamaría et al. (2020), πρώτα στην Ιταλία και έπειτα στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες. Η μεταβολή αυτή στα μοντέλα κινητικότητας, μπορεί να εξηγηθεί έως και 90% από τα μέτρα περιορισμού που επιβλήθηκαν.

2.3. Σύνοψη

Βάσει της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που πραγματοποιήθηκε, προκύπτει ότι **η πανδημία διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στις τάσεις κινητικότητας** του πληθυσμού ανά τον κόσμο, διαμορφώνοντας, εκτός των άλλων, νέες συνθήκες στις μετακινήσεις. Η πλειοψηφία των δημοσιευμένων ερευνών, εστιάζει σε περιγραφικές αναλύσεις της κινητικότητας και συγκριτικά συμπεράσματα των τάσεων της πριν και κατά τη διάρκεια έξαρσης του COVID-19 ή πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη λήξη των επιβληθέντων μέτρων περιορισμού.

Παρατηρείται ότι λίγες μόνο έρευνες πραγματοποίησαν στατιστικές αναλύσεις, ενώ ταυτόχρονα, υπάρχει **έλλειψη αναλυτικών συγκρίσεων** των αντικτύπων της πανδημίας στην κινητικότητα μεταξύ διαφορετικών χωρών. Επισημαίνεται ότι το βασικό κενό της βιβλιογραφίας είναι τα **χωροχρονικά φάσματα** των ερευνών, αφού πραγματοποιούνται κατά κύριο λόγο σε περιορισμένα χρονικά διαστήματα και μικρά γεωγραφικά πλαίσια (π.χ. για μία μόνο πόλη ή χώρα).

Κατά συνέπεια, η παρούσα Διπλωματική Εργασία επιχειρεί να καλύψει τα παραπάνω κενά της διεθνούς βιβλιογραφίας και στοχεύει στη **διερευνητική μελέτη των παραγόντων που ως αντίκτυποι του COVID-19, επηρέασαν τις τάσεις κινητικότητας** 26 Ευρωπαϊκών χωρών, από την αρχή της πανδημίας, έως και τις αρχές του Απριλίου 2021. Η ανάλυση αυτή θα πραγματοποιηθεί με χρήση μηχανική εκμάθησης και με αξιοποίηση δεδομένων κινητικότητας οδήγησης και βαδίσματος για το προαναφερθέν χρονικό διάστημα.

Στον Πίνακα 2.1. **παρουσιάζονται επιγραμματικά** οι **έρευνες** που προέκυψαν κατά το στάδιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

Πίνακας 2.1: Συνοπτικά στοιχεία ερευνών

Έρευνα	Εξεταζόμενη περιοχή	Χρονικό πλαίσιο	Δεδομένα - Πηγές δεδομένων	Μέθοδοι ανάλυσης	Αποτελέσματα	Ελλείψεις
Bonaccorsi et. al (2020)	Ιταλία	23/02/2020 έως 04/04/2020	Facebook mobility data, Ministry of Economy and Finances (MEF)	Μοντελοποίηση της αλλαγής στην κινητικότητα ως εξωγενές σοκ παρόμοιο με μια φυσική καταστροφή	1) Ο αντίκτυπος του lockdown είναι ισχυρότερος σε δήμους με υψηλότερη δημοσιονομική ικανότητα 2) Παρατηρείται φαινόμενο διαχωρισμού - υψηλότερη κινητικότητα σε δήμους όπου οι ανισότητες είναι εντονότερες ή τα άτομα έχουν χαμηλότερο κατά κεφαλήν εισόδημα	Μικρό χρονικό πλαίσιο, δεν υπάρχει σύγκριση με άλλες χώρες
Glaeser et al. (2020)	Νέα Υόρκη, Βοστώνη, Φιλαδέλφεια, Ατλάντα, Σικάγο	13-19 Μαΐου 2019 και 4-10 Μαΐου 2020	εβδομαδιαία δεδομένα για περιπτώσεις COVID-19 με ταχυδρομικό κώδικα, πληροφορίες σχετικά με την κινητικότητα από δεδομένα κινητής τηλεφωνίας SafeGraph	Ανάπτυξη λογαριθμικών μοντέλων	1) Μείωση κατά δέκα εκατοστιαίες μονάδες στην κινητικότητα οδηγεί σε πτώση κατά 30% στις κατά κεφαλήν περιπτώσεις COVID-19 2) Διακυμάνσεις στη συμπεριφορά διαφόρων μερών του πληθυσμού 3) Αυξημένη κινητικότητα οδήγησε σε μεγαλύτερη έκθεση στον COVID-19	Μικρό χρονικό και χωρικό εύρος μελέτης, δεν υπάρχει έλεγχος συσχετισμού κινητικότητας με τα μέτρα περιορισμού
Glodeanu et. al (2021)	Μαδρίτη (Ισπανία)	30/04/2020 έως 20/06/2020	Ισπανικό Κτηματολόγιο, Ισπανικό Εθνικό Ινστιτούτο Γεωγραφίας (IGN), Ισπανική Εταιρεία Επιδημιολογίας (SEE), Ισπανική Στατιστική Υπηρεσία (INE)	Βιβλιογραφική, Στατιστική και χαρτογραφική ανάλυση	1) Ραγδαία μείωση της κινητικότητας συνολικά 2) Υψηλή χωρική ετερογένεια, που εκφράζει τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού	Μικρό χρονικό πλαίσιο, δεν υπάρχει σύγκριση με άλλες χώρες
Hadjidemetriou et al. (2020)	Ηνωμένο Βασίλειο	Μάρτιος έως Ιούνιος 2020	Κυβερνητικά μέτρα αντιμετώπισης του COVID-19 (Ευρωπαϊκή επιτροπή, 2020), τάσεις ανθρώπινης κινητικότητας για περπάτημα,	Ανάλυση χρονοσειρών	1) Μείωση ανθρώπινης κινητικότητας κατά τη διάρκεια των συστάσεων 2) Ακόμα μεγαλύτερη μείωση κινητικότητας μετά την επιβολή του περιορισμού: έως και	Μικρό χρονικό πλαίσιο, δεν υπάρχει σύγκριση με άλλες χώρες

			οδήγηση και χρήση δημόσιων μεταφορών (Apple mobility trends)		80% συγκριτικά με το 2019	
Hisi et al. (2018)	-	-	Ευπαθείς, μολυσματικοί και αναρρωθέντες ασθενείς, διάρκεια ανοσίας	Μοντέλο επιδημιολογική μετάδοσης SIRS	Η επιμονή της νόσου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ποσοστό κινητικότητας του ξενιστή	Γενική μελέτη (χωρίς χωροχρονικό πλαίσιο)
Katrakazas et al. (2020)	Ελλάδα, Σαουδική Αραβία	29/12/2019 έως 03/05/2020	Oseven, Apple mobility trends report	Επεξεργασία σήματος, αλγόριθμοι μηχανικής εκμάθησης	1) Αύξηση των ταχυτήτων 2) Συχνότερες εκδηλώσεις απότομων επιταχύνσεων και φρεναρισμάτων 3) Αύξηση χρήσης κινητού τηλεφώνου 4) Μείωση ατυχημάτων στην Ελλάδα	Μικρό χρονικό πλαίσιο, δεν υπάρχει σύγκριση με άλλες χώρες
Kim et al. (2017)	Σεούλ (Νότια Κορέα)	20/05/2015 έως 10/06/2015	Δεδομένα χρήσης καρτών συγκοινωνίας, τοποθεσίες πιθανών μολυσμένων από τον ιό MERS σημείων	Ποσοστιαίες μεταβολές χρήσης καρτών MMM πριν και μετά το ξέσπασμα του ιού	Η κινητικότητα συνδέεται άμεσα με την επίτευξη επιπέδου σταθερότητας της επιδημίας	Δεν έχει γίνει σύγκριση με άλλα είδη κινητικότητας την ίδια περίοδο
Li et al. (2015)	Ακτή του Ελεφαντοστού	-	Δεδομένα λεπτομερούς κλήσης (CDR)	Μη γραμμικό διαφορικό μοντέλο	1) Τα αποτελέσματα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ κόμβων είναι περίπλοκα, πράγμα που δυσχεραίνει την κατανόηση της διαδικασίας εξάπλωσης της επιδημίας 2) Η ετερογένεια στην ένταση ανθρώπινης αλληλεπίδρασης, οδηγεί σε διαφορετική διάρκεια και ένταση μόλυνσης για κάθε μέρος	Γενικό χρονικό πλαίσιο, δεν υπάρχει σύγκριση με άλλες χώρες
Mahajan et al. (2021)	Μόναχο (Γερμανία)	Φεβρουάριος έως Ιούνιος 2020	Ποσοστό επισκέψεων σημείων ενδιαφέροντος (POI) (Open Street Maps (OSM)), δεδομένα δημοτικότητας (από πηγές διαθέσιμες στο κοινό)	Μοντέλα παλινδρόμησης	1) Σημαντική συσχέτιση του τύπου POI και της απόστασης στάσης με τη δημοτικότητα του POI 2) Τοπική και χρονική μεταβλητότητα στον αντίκτυπο των περιορισμών	Δεν υπάρχει ξεκάθαρη ποσοτικοποίηση τιμών κινητικότητας, δεν υπάρχει σύγκριση με άλλες πόλεις

Mena et al. (2021)	Σαντιάγο (Χιλή)	Φεβρουάριος έως Αύγουστος 2020	Δεδομένα κρουσμάτων και θανάτων COVID-19 (διαθέσιμες στο κοινό πηγές)	Μοντέλο Gauss, ιεραρχικό μοντέλο Bayesian	1) Ισχυροί συσχετισμοί μεταξύ κρουσμάτων-θανάτων COVID-19 και της κοινωνικοοικονομικής κατάστασης 2) 73% περισσότεροι θάνατοι από ό,τι σε ένα κανονικό έτος μεταξύ Μαΐου και Ιουλίου 2020,	Μικρό χρονικό πλαίσιο, δεν υπάρχει σύγκριση με άλλες χώρες
Mendolia et al. (2020)	73 χώρες ανά τις 6 ηπείρους	15/02/2020 έως 15/05/2020	Τάσεις κνητικότητας (Google community mobility reports), οι κυβερνητικές πολιτικές αντιμετώπισης COVID-19 (Oxford COVID-19 Government Response Tracker (OxCGRT), κρούσματα και θάνατοι COVID-19 εθνικό επίπεδο (διάφορες πηγές)	Στατιστική ανάλυση, εμπειρικά μοντέλα	1) Υψηλή ανταπόκριση της ανθρώπινης κνητικότητας στις πληροφορίες σχετικά με την εξάπλωση της πανδημίας 2) Οι εντολές κοινωνικής απόστασης αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της μείωσης της κνητικότητας που παρατηρήθηκε, συγκριτικά με τις εθελοντικές μειώσεις	Ευρύ αλλά όχι «πυκνό» γεωγραφικό φάσμα προς διερεύνηση (73 χώρες σε 6 περιοχές του κόσμου (ηπείρους)), μικρό χρονικό διάστημα
Oyeniran et al. (2020)	Αφρική	2013	Βιβλιογραφικές αναφορές	Βιβλιογραφική ανάλυση	Κρίσιμα μέτρα αντιμετώπισης εξάπλωσης ιών: επικοινωνία του κινδύνου, παροχή υποδομών και εξοπλισμού ασφαλείας, εντατική εκπαίδευση εργαζομένων στην υγειονομική περίθαλψη, δέσμευση κοινωνικών εκδηλώσεων και μαζικών συναντήσεων	Δεν υπάρχει ανάλυση δεδομένων κνητικότητας
Pullano et al. (2020)	Γαλλία	Ιανουάριος έως Απρίλιος 2020	Δεδομένα κνητικότητας (Flux Vision), Γαλλική Υπηρεσία Δημόσιας Υγείας, Γαλλικό Εθνικό Στατιστικό Ινστιτούτο (INSEE), Γαλλικό Υπουργείο Εργασίας	Γραμμική παλινδρόμηση πολλών μεταβλητών	1) Ραγδαία μείωση της κνητικότητας συνολικά 2) Υψηλή χωρική ετερογένεια, που εκφράζει τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού	Μικρό χρονικό πλαίσιο, δεν υπάρχει σύγκριση με άλλες χώρες
Santamaría et al. (2020)	Αυστρία, Βέλγιο, Βουλγαρία, Κροατία,	Φεβρουάριος έως Ιούνιος 2020	Δεδομένα θέσης κινητού τηλεφώνου (ODM) για δείκτη	Πίνακες προέλευσης – προορισμού, σύγκριση	1) Απότομη μείωση της κνητικότητας κατά τις πρώτες τρεις	Αφορά μόνο το πρώτο «κύμα» της πανδημίας,

	Δανία, Εσθονία, Φιλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία, Πορτογαλία, Σλοβενία, Ισπανία, Σουηδία, Νορβηγία		κινητικότητας, δείκτης αυστηρότητας περιοριστικών μέτρων (OxCGRT)	Ευρωπαϊκών χωρών	εβδομάδες του Μαρτίου 2) Η μεταβολή στα μοντέλα κινητικότητας, μπορεί να εξηγηθεί έως και 90% από τα μέτρα περιορισμού που επιβλήθηκαν.	δεν επαληθεύεται με δεδομένα από όλη την Ευρώπη, μικρό χρονικό πλαίσιο
Scorrano et al. (2021)	Τεργέστη (Ιταλία)	Απρίλιος έως Αύγουστος 2020	Δείγμα 315 ερωτηθέντων	Μεθοδολογία CAWI (Computer-Assisted Web Interviewing)	Η πανδημία άλλαξε σημαντικά τις επιλογές τρόπου μεταφοράς, έχοντας έντονο αρνητικό αντίκτυπο στα λεωφορεία και μετατοπίζοντας τους χρήστες λεωφορείων σε ιδιωτικούς τρόπους, τόσο μηχανοκίνητα όσο και μη μηχανοκίνητα.	Ανεπαρκές χρονικό και χωρικό πλαίσιο, μικρό δείγμα ερωτηθέντων
Wei et al. (2020)	Κίνα (362 πόλεις)	17/01/2020 έως 06/02/2020	Δεδομένα μετακίνησης Tencent	Μοντέλο επιδημίας και κινητικότητας βασισμένο στην πόλη (City-based Epidemic and Mobility Model, CEMM)	1) Η κινητικότητα του πληθυσμού μπορεί να εξηγήσει τον μηχανισμό διαβίωσης της επιδημίας σε κάποιο βαθμό 2) Πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στο φαινόμενο του δικτύου κατά το ξέσπασμα μεταδοτικών νόσων	Μικρό χρονικό και χωρικό εύρος μελέτης, δεν υπάρχει έλεγχος συσχετισμού κινητικότητας με τα μέτρα περιορισμού
Wu et al. (2017)	-	-	Ευπαθείς, μολυσματικοί και αναρρωθέντες ασθενείς, διάρκεια ανοσίας	συζευγμένο μοντέλο εξάπλωσης επιδημίας SIRS, μέθοδος μήτρας επόμενης γενιάς	1) Ευρεία εξάπλωση της επιδημίας εάν (βασικός αριθμός αναπαραγωγής) >1 2) Υψηλότερο επίπεδο μετακίνησης παρατείνει το χρόνο για επίτευξη κατάστασης σταθερότητας	Γενική μελέτη (χωρίς χωροχρονικό πλαίσιο)

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.1. Εισαγωγή

Αντικείμενο του παρόντος κεφαλαίου αποτελεί η παρουσίαση του θεωρητικού υποβάθρου, βάσει του οποίου πραγματοποιήθηκε η στατιστική ανάλυση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Συγκεκριμένα, παρατίθενται στοιχεία και πληροφορίες σχετικά με τις αναλύσεις και προβλέψεις με αξιοποίηση της μεθόδου της μηχανικής εκμάθησης, τους τρόπους αξιολόγησης των παραγόμενων μοντέλων και τα κριτήρια αποδοχής τους. Επιπλέον, πραγματοποιείται μια σύντομη αναφορά στη μέθοδο της ομαδοποίησης και στη χρησιμότητά της.

3.2. Μαθηματικά Μοντέλα

Ο κλάδος της στατιστικής ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να καθιστάται δυνατή η πρόβλεψη της μίας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis). Ως **εξαρτημένη μεταβλητή** ορίζεται εκείνη της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ **ανεξάρτητη** ονομάζεται η μεταβλητή η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής.

Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία, αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές. Η εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται τυχαία και «καθοδηγείται» από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Προκειμένου να προσδιοριστεί εάν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών προκάλεσε τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων. Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μία στατιστική διαδικασία, που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων για την περιγραφή της σχέσης μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών. Σημειώνεται ότι η επιλογή μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου, βασίζεται στο εάν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής ή διακριτή.

Οι μέθοδοι Μηχανικής Εκμάθησης (machine learning) παρέχουν τη δυνατότητα προβλέψεων και εξαγωγής αξιόπιστων αποφάσεων, βασιζόμενες σε ιστορικές σχέσεις και τάσεις στα δεδομένα (πειραματικά δεδομένα). Στην περίπτωση μας, χρησιμοποιήθηκαν τρία μοντέλα ως αλγόριθμοι μηχανικής εκμάθησης:

- Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression)
- Παλινδρόμηση Διανυσμάτων Υποστήριξης (Support Vector Regression)
- Παλινδρόμηση XGBoost (XGBoost Regression)

Στόχο αποτέλεσε η αποσαφήνιση του βέλτιστου εκ των τριών προαναφερθέντων μοντέλων πρόβλεψης της εξαρτημένης μεταβλητής (κινητικότητα), για κάθε περίπτωση.

3.2.1. Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression)

Η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου η εξαρτημένη μεταβλητή είναι **συνεχές μέγεθος** και ακολουθεί κανονική κατανομή. Την απλούστερη μορφή γραμμικής παλινδρόμησης αποτελεί η **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (simple linear regression), η οποία ορίζεται από μία μόνο ανεξάρτητη μεταβλητή X και μία εξαρτημένη μεταβλητή Y , που

προσεγγίζεται ως γραμμική συνάρτηση του X . Η τιμή y_i της Y , για κάθε τιμή x_i της X , προσδιορίζεται ως εξής:

$$y_i = \alpha + \beta * x_i + \varepsilon_i$$

Το πρόβλημα της παλινδρόμησης, έγκειται στον προσδιορισμό των παραμέτρων α και β που εκφράζουν καλύτερα τη γραμμική εξάρτηση της Y από τη X . Κάθε ζεύγος τιμών (α, β) καθορίζει μία διαφορετική γραμμική σχέση, η οποία εκφράζεται γεωμετρικά από μία ευθεία γραμμή, ενώ οι δύο παράμετροι ορίζονται ως εξής:

- Ο σταθερός όρος α είναι η τιμή του y , για $x = 0$.
- Ο συντελεστής β είναι η κλίση (slope) της ευθείας ή διαφορετικά ο συντελεστής παλινδρόμησης (regression coefficient) και εκφράζει τη μεταβολή της μεταβλητής Y όταν η μεταβλητή X αλλάξει κατά μία μονάδα.
- Η τυχαία μεταβλητή ε_i , ονομάζεται σφάλμα παλινδρόμησης (regression error) και ορίζεται ως η διαφορά της y_i από τη δεσμευμένη μέση τιμή $E(Y | X = x_i)$, όπου

$$E(Y | X = x_i) = \alpha + \beta * x_i.$$

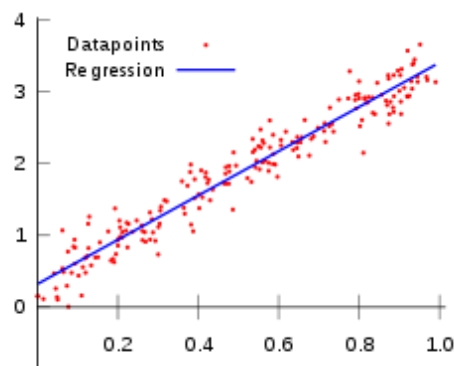
Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης, λαμβάνονται οι παρακάτω υποθέσεις:

- Η μεταβλητή X είναι ελεγχόμενη για το πρόβλημα που μελετάται, δηλαδή οι τιμές της είναι γνωστές.
- Η εξάρτηση της Y από τη X είναι γραμμική.
- Το σφάλμα παλινδρόμησης έχει μέση τιμή μηδέν για κάθε τιμή της X και η διασπορά του είναι σταθερή και δεν εξαρτάται από τη X , δηλαδή $E(\varepsilon_i) = 0$ και $Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$.

Σε περίπτωση που η τυχαία μεταβλητή Y , εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία μεταβλητές X , $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k)$, χρησιμοποιείται η **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** (multiple linear regression). Η εξίσωση η οποία αποτυπώνει τη σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη και τις ανεξάρτητες μεταβλητές στη γενικότερη μορφή της, είναι η εξής:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 * x_{1i} + \beta_2 * x_{2i} + \beta_3 * x_{3i} + \beta_k * x_{ki} + \dots + \varepsilon_i$$

Οι υποθέσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, δεν διαφέρουν από αυτές της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, με εξαίρεση την απαίτηση μηδενικής συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών ($\rho(x_i, x_j) \rightarrow 0, \forall i \neq j$), η οποία ελέγχεται κατά την επιλογή των ανεξάρτητων μεταβλητών που θα εισαχθούν στο μοντέλο.



Γράφημα 3.1: Γραμμική Παλινδρόμηση (Σύγκριση παρατηρήσεων με προβλέψεις) (Wikipedia)

3.2.2. Παλινδρόμηση Διανυσμάτων Υποστήριξης (Support Vector Regression)

Οι Μηχανές διανυσματικής υποστήριξης (Support vector machines, SVMs) (Vapnik & Sterin (1977)), αποτελούν εποπτευόμενα μοντέλα μηχανικής εκμάθησης, που στοχεύουν στην ανάλυση δεδομένων για την ταξινόμηση και την προσαρμογή σε προβλήματα παλινδρόμησης. Βασική ιδέα της Παλινδρόμησης διανυσματικής υποστήριξης (SVR) αποτελεί η κατασκευή μιας **γραμμής παλινδρόμησης** $f(\vec{x})$, με **απόκλιση** μικρότερη της τιμής ϵ από τις παρατηρήσεις y για την πλειοψηφία των δεδομένων εκπαίδευσης (training data). Ταυτόχρονα, επιθυμητή είναι η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη ομαλότητα της γραμμής παλινδρόμησης, η οποία σχετίζεται άμεσα με τη μείωση της πολυπλοκότητας του κατασκευασμένου μοντέλου (Coelho et al., 2011).

Έστω S ένα σύνολο δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ενός SVR μοντέλου. Το S ορίζεται ως εξής:

$$S = \{(\vec{x}_i, y_i)\}_{i=1}^m, \vec{x} \in R^n, y \in R \quad (1)$$

Όπου:

- ο \vec{x} : ένα διάνυσμα των χαρακτηριστικών,
- ο y : μία τιμή της επιδιωκόμενης συνάρτησης,
- ο m : ο συνολικός αριθμός των δεδομένων εκπαίδευσης.

Πολλά από τα δεδομένα του πραγματικού κόσμου, δεν μπορούν να μοντελοποιηθούν με χρήση Γραμμικής Παλινδρόμησης, οπότε προσεγγίζονται με σχέσεις μη-γραμμικής παλινδρόμησης, με τη βοήθεια της ακόλουθης συνάρτησης γραμμικής εκτίμησης (Lu et al., 2009) (Γράφημα 3.1).

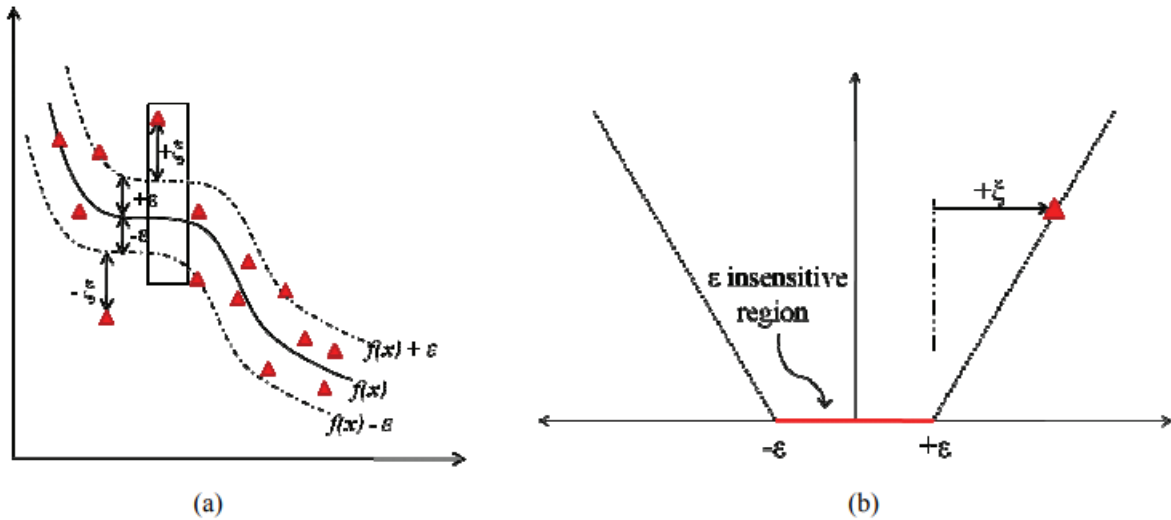
$$f(\vec{x}) = \vec{w} * \Phi(\vec{x}) + b \quad (2)$$

Όπου:

- ο $\Phi(\vec{x})$: δηλώνει μια συνάρτηση χαρτογράφησης από το χώρο εισόδου, σε έναν υψηλών διαστάσεων χώρο χαρακτηριστικών, όπου οι είσοδοι μπορούν να συσχετιστούν γραμμικά με τις εξόδους συστήματος
- ο \vec{w} : διάνυσμα βαρύτητας-σημαντικότητας
- ο b : σταθερός όρος μετατόπισης

Υπάρχουν διάφορες συναρτήσεις απώλειας (loss functions) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τη σύνθεση μοντέλων SVR. Αν και η τετραγωνική, η λειτουργία απώλειας Laplace και Huber είναι οι πλέον διαδεδομένες, δεν επιτρέπουν την επιλογή ενός αραιού συνόλου διανυσμάτων υποστήριξης. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται μια άλλη συνάρτηση απώλειας, με μη-ευαίσθητη τιμή ορίου απόκλισης ϵ , η οποία δεν επιβαρύνει τα σημεία δεδομένων εντός ακτίνας « ϵ » γύρω από τη χρησιμοποιούμενη συνάρτηση παλινδρόμησης. Στα σημεία που αποκλίνουν κατά ποσότητα μεγαλύτερη της τιμής ϵ , προστίθεται μία ποσότητα ανάλογη της απόστασής τους από το εξωτερικό της ζώνης ακτίνας ϵ (Γράφημα 3.1). Αυτές οι αποκλίσεις, μετρώνται εκατέρωθεν του ορίου της ζώνης αυτής χρησιμοποιώντας τις χαλαρές μεταβλητές (slack variables) ξ και ξ^* . Η συνάρτηση απώλειας δίνεται από την εξής σχέση:

$$L_\epsilon(f(\vec{x}), y) = \begin{cases} |f(\vec{x}) - y| - \epsilon, & \text{για } |f(\vec{x}) - y| \geq \epsilon \\ 0 & \end{cases} \quad (3)$$



Γράφημα 3.2: Αναπαράσταση τρόπου λειτουργίας αποκλίσεων για (a) κατασκευή SVR και (b) ζώνη ακτίνας ϵ (Coelho et al., 2011)

Οι μεταβλητές \vec{w} και b της εξίσωσης (2), μπορούν να εκτιμηθούν με ελαχιστοποίηση της παρακάτω συνάρτησης (risk function):

$$R(C) = C \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{\epsilon}(f(\vec{x}_i), y_i) + \frac{1}{2} |\vec{w}|^2 \quad (4)$$

Όπου:

- $\frac{1}{2} |\vec{w}|^2$: όρος κανονικοποίησης που χρησιμοποιείται για την εύρεση της πιο σύντομης συνάρτησης, με επαρκείς ιδιότητες προσέγγισης
- C : σταθερά που ορίζεται από τον χρήστη, βάσει της σχέσης μεταξύ του εμπειρικού κινδύνου (σφάλμα εκπαίδευσης) και του όρου κανονικοποίησης

Η εξίσωση (4) μπορεί να μετατραπεί σε πρόβλημα περιορισμένης βελτιστοποίησης με χρήση των χαλαρών μεταβλητών ξ και ξ^* , όπως περιγράφεται από την παρακάτω σχέση:

$$\min_{\vec{w}, b, \xi, \xi^*} R_{\text{reg}}(f) = \frac{1}{2} |\vec{w}|^2 \quad (5)$$

υπό τις προϋποθέσεις:

$$\begin{cases} y_i - (\vec{w} * \Phi(\vec{x}_i)) - b \leq \epsilon + \xi_i \\ (\vec{w} * \Phi(\vec{x}_i)) + b - y_i \leq \epsilon + \xi_i^* \\ \xi_i^*, \xi_i \geq 0, \text{ για } i = 1, \dots, n \end{cases}$$

Η εξίσωση (5) μπορεί να μετατραπεί σε εξίσωση Lagrangian διπλής μορφής, με τις συνθήκες βέλτιστης απόδοσης Karush-Kuhn-Tucker (KKT).

$$L_d(a, a^*) = -\epsilon \sum_{i=1}^n (a_i^* + a_i) + \sum_{i=1}^n (a_i^* - a_i) y_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n (a_i^* - a_i)(a_j^* - a_j) K(\vec{x}_i, \vec{x}_j) \quad (6)$$

υπό τις προϋποθέσεις: $\begin{cases} \sum_{i=1}^n (a_i^* - a_i) = 0 \\ 0 \leq a_i^*, a_i \leq C, i = 1, \dots, n \end{cases}$

3.2.3. Παλινδρόμηση XGBoost (XGBoost Regression)

Ο XGBoost είναι ένας αλγόριθμος μηχανικής εκμάθησης βασισμένης σε δέντρα αποφάσεων, που χρησιμοποιεί ένα πλαίσιο ενίσχυσης κλίσης (Chen και Guestrin (2016)). Στα πλεονεκτήματα του εν λόγω αλγορίθμου συγκαταλέγεται η καλή ικανότητα πρόβλεψης σε διαφορετικούς ερευνητικούς τομείς, με χαμηλότερη προκατάληψη, αλλά και η ικανότητα αποφυγής της υπερβολής των προβλέψεων. Λόγω αυτών, διαθέτει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και χρησιμοποιείται για την επίλυση προβλημάτων παλινδρόμησης, ταξινόμησης, κατάταξης και πρόβλεψης από το χρήστη (Huang et al., 2019).

Εάν $f(x)$ ορισθεί η δομή του «δέντρου» αποφάσεων, η τελική πρόβλεψη μπορεί να υπολογισθεί αθροίζοντας τα σκορ όλων των «φύλλων» ως εξής:

$$\hat{y}_i = \sum_{j=1}^N f_j(x_i)$$

Ο αλγόριθμος XGBoost, βελτιώνει τη συνάρτηση αντικειμενικής βελτιστοποίησης, η οποία βελτιστοποιεί τη συνάρτηση απώλειας και την «τιμωρία» πολυπλοκότητας.

- Συνάρτηση απώλειας (loss function): $\sum_{i=1}^n l(y_i, \hat{y}_i)$
- Τιμωρία πολυπλοκότητας (complexity punishment): $\sum_k \Omega(f_k)$

3.3. Ομαδοποίηση (Clustering)

Οι μέθοδοι ομαδοποίησης (cluster analysis) είναι τεχνικές της πολυμεταβλητής στατιστικής, οι οποίες επιδιώκουν τη δημιουργία **ομοιογενών ομάδων**, έτσι ώστε τα συμπεριλαμβανόμενα σε κοινή ομάδα στοιχεία (παρατηρήσεις) να παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά από άποψη κατανομής, ενώ τα στοιχεία διαφορετικών ομάδων να αντιστοιχούν σε «απομακρυσμένες» κατανομές. Διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο διαμόρφωσης των ομάδων: **Ιεραρχικές** και **μη Ιεραρχικές** μέθοδοι ομαδοποίησης. Στην ιεραρχική ομαδοποίηση, σε αντίθεση με τη μη ιεραρχική, ο αριθμός των ομάδων δεν είναι γνωστός εξ αρχής.

Ο αλγόριθμος k-μέσων (**k-means clustering**), συγκαταλέγεται στις μη ιεραρχικές μεθόδους ομαδοποίησης και αποσκοπεί στο διαχωρισμό n-παρατηρήσεων σε k-ομάδες, έτσι ώστε κάθε παρατήρηση να ανήκει στη συστάδα με το κοντινότερο μέσο, το οποίο χρησιμεύει ως ένα χαρακτηριστικό δείγμα της συστάδας. Ως τυπικό **μέτρο ομοιότητας των δεδομένων**, χρησιμοποιείται η μεταξύ τους απόσταση, η οποία μπορεί να υπολογισθεί μέσω τυπικών μεθόδων υπολογισμού της απόστασης, όπως είναι η Ευκλείδεια απόσταση, η απόσταση συνημίτονου, η απόσταση του Μανχάταν κ.λπ. Τέλος, ο βέλτιστος αριθμός συστάδων «k», προσδιορίζεται βάσει ενός κριτηρίου αξιολόγησης, ονόματι «συντελεστής σιλουέτας» (silhouette coefficient).

3.4. Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλων

Έπειτα από την ανάπτυξη των μοντέλων, ακολουθεί ο διαγνωστικός έλεγχος καταλληλότητάς τους, ώστε τελικά να επιλεγθούν αυτά που πληρούν τα **κριτήρια αξιολόγησης** των προβλέψεων. Η αξιολόγηση αυτή πραγματοποιείται βάσει των **στατιστικών μέτρων** που παρατίθενται παρακάτω.

3.4.1. Σφάλματα προβλέψεων

Στην υποενότητα αυτή, παρουσιάζονται οι ορισμοί των σφαλμάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την αξιολόγηση των προβλέψεων.

- **Μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean Absolute Error, MAE):**

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n}$$

- **Μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (Mean Absolute Percentage Error, MAPE):**

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|$$

- **Τετραγωνική ρίζα μέσου τετραγωνισμένου σφάλματος (Root Mean Square Error, RMSE):**

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2}$$

Όπου:

- y_i : πραγματική τιμή
- \hat{y}_i : προβλεπόμενη τιμή
- n : αριθμός στοιχείων δείγματος
- $e_i = |y_i - \hat{y}_i|$: σφάλμα πρόβλεψης i

3.4.2. Προσαρμογή μοντέλων

Ο πιο εύκολος τρόπος εκτίμησης την ερμηνευτικής δύναμης ενός γραμμικού μοντέλου, είναι ο **συντελεστής προσδιορισμού (coefficient of determination)** που συνήθως συμβολίζεται με r^2 ή R^2 . Ο συντελεστής αυτός μετρά πόση διακύμανση της εξαρτημένης μεταβλητής κατάφεραν να ερμηνεύσουν οι ανεξάρτητες μεταβλητές. Ουσιαστικά είναι το πιο απλό μέτρο ικανότητας ενός συνόλου παραγόντων να ερμηνεύσουν ένα φαινόμενο.

Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 ορίζεται ως ο λόγος της διακύμανσης των εκτιμημένων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής, προς τη διακύμανση των πραγματικών τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής και υπολογίζεται ως εξής:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Όπου:

- n : αριθμός παρατηρήσεων
- y_i : πραγματικές τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής Y
- \bar{y} : μέση τιμή της μεταβλητής Y
- \hat{y}_i : εκτιμημένες τιμές της Y

Οι τιμές του συντελεστή προσδιορισμού R^2 κυμαίνονται από το 0 έως το 1 και, προφανώς, όσο η τιμή τείνει προς το 1, τόσο καλύτερη προσαρμογή έχει το μοντέλο. Η ερμηνεία των παραπάνω ορίων έχει ως εξής:

- $R^2 = 1$: οι ερμηνευτικές μεταβλητές εξηγούν το 100% της διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής, συνεπώς πρόκειται για ένα τέλειο μοντέλο
- $R^2 = 0$: οι ερμηνευτικές μεταβλητές δεν εξηγούν καθόλου τη διακύμανση της εξαρτημένης μεταβλητής

Στην πράξη, ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 θεωρείται ικανοποιητικός ή όχι ανάλογα με την εμπειρική εφαρμογή. Για παράδειγμα, φαινόμενα όπως το επίπεδο εκπαίδευσης και το εισόδημα μπορούν να ερμηνευτούν με σχετική ευκολία ακόμη και σε επίπεδο 90% κάτι, ωστόσο, που δεν ισχύει σε εφαρμογές της χωρικής επιδημιολογίας (Davis et al., 2002).

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

4.1. Εισαγωγή

Όπως έχει προαναφερθεί, στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η ανάλυση παραγόντων επιρροής της πανδημίας στην κινητικότητα στην Ευρώπη με χρήση μηχανικής εκμάθησης. Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η **διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων** που χρησιμοποιήθηκαν για την επίτευξη του προαναφερθέντος στόχου, με σκοπό την αποτύπωση μιας πλήρους εικόνας της ποιότητας και της αξιοπιστίας των αξιοποιηθέντων δεδομένων.

4.2. Συλλογή Στοιχείων

4.2.1. Στοιχεία κινητικότητας

Κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, παρατηρήθηκε ότι οι αναλύσεις που στόχευαν στη διερεύνηση επιρροής της πανδημίας στη συμπεριφορά μετακίνησης, πραγματοποιήθηκαν κατά κύριο λόγο με αξιοποίηση δεδομένων έξυπνων κινητών τηλεφώνων ή έξυπνων καρτών δημόσιας συγκοινωνίας. Στην παρούσα εργασία, μελετήθηκε πληθώρα ευρωπαϊκών χωρών, με συνέπεια την ανάγκη εντοπισμού μίας κοινής βάσης δεδομένων, για όλες τις χώρες μελέτης. Για τη διεκπεραίωση του σκοπού αυτού, επιλέχθηκε η **διαδικτυακή αναφορά τάσεων κινητικότητας της εταιρείας Apple** (Apple Mobility Trends) (www.covid19.apple.com/mobility), στην οποία δημοσιεύονται καθημερινά δεδομένα τάσεων κινητικότητας.

Τα διαθέσιμα δεδομένα, αντικατοπτρίζουν αιτήματα για οδηγίες που αποστέλλονται από τους χρήστες έξυπνων συσκευών στους Χάρτες της Apple. Πριν την ανάρτησή τους στη διαδικτυακή βάση δεδομένων, τα αιτήματα αυτά διακρίνονται σε διαδρομές οδήγησης, βαδίσματος και μετακινήσεις με μέσα μαζικής μεταφοράς. Υπογραμμίζεται ότι ως ημερομηνία αναφοράς, δηλαδή ημερομηνία κατά την οποία ο όγκος αιτημάτων κυκλοφορίας εκφράζεται με ποσοστό 100%, έχει ορισθεί η 13^η Ιανουαρίου 2020, με τον όγκο αιτημάτων των μετέπειτα ημερομηνιών να εκφράζεται ως **ποσοστιαίες μεταβολές των τιμών αναφοράς**.

Σε ότι αφορά στη διατήρηση απορρήτου των προσωπικών δεδομένων, υπογραμμίζεται πως οι Χάρτες δεν συσχετίζουν τα δεδομένα με τα Apple ID των χρηστών και η Apple δεν διατηρεί ιστορικό αιτημάτων. Αντιθέτως, δεδομένα που αποστέλλονται από συσκευές χρηστών στην υπηρεσία Χαρτών συσχετίζονται με τυχαία, περιστρεφόμενα αναγνωριστικά, ώστε η Apple να μην έχει προφίλ μεμονωμένων κινήσεων και αναζητήσεων. Επιπλέον, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι Χάρτες Apple δεν περιλαμβάνουν δημογραφικές πληροφορίες για τους χρήστες, με συνέπεια να μην μπορούν να εξαχθούν εκτιμήσεις και δηλώσεις σχετικά με την αντιπροσωπευτικότητα της χρήσης έναντι του συνολικού πληθυσμού.

Στην παρούσα ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν και αναλύθηκαν οι δύο πρώτες κατηγορίες δεδομένων κινητικότητας, δηλαδή η οδήγηση και το βάδισμα, καθώς τα δεδομένα αιτημάτων διαδρομών με δημόσιες συγκοινωνίες δεν ήταν διαθέσιμα για επαρκή αριθμό χωρών. Κατά συνέπεια, συλλέχθηκαν **δεδομένα τάσεων κινητικότητας οδήγησης και βαδίσματος**, για το διάστημα 15/02/2020 έως 02/04/2021, εικοσιέξι χωρών της Ευρώπης, ήτοι: Αυστρία, Βέλγιο,

Βουλγαρία, Κροατία, Τσεχία, Δανία, Εσθονία, Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Ιρλανδία, Ιταλία, Λετονία, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Ολλανδία, Νορβηγία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Σλοβακία, Ισπανία, Σουηδία και Ελβετία.

Τα διαθέσιμα δεδομένα οδήγησης και βαδίσματος παρέχονται από τη διαδικτυακή αναφορά τάσεων κινητικότητας της Apple σε ένα ενιαίο αρχείο μορφής csv, το οποίο περιλαμβάνει δεδομένα σε παγκόσμιο επίπεδο. Μετά την απομόνωση των προς μελέτη χωρών και αντίστοιχων χρονικών διαστημάτων, προκύπτει ένα αρχείο Microsoft Excel 413 σειρών και 52 στηλών, τμήμα του οποίου παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Απόσπασμα αρχείου δεδομένων ποσοστιαίων μεταβολών των τάσεων κινητικότητας των κρατών (Apple)

Date	AUT: Driving	AUT: Walking	BEL: Driving	BEL: Walking	BGR: Driving	BGR: Walking	HRV: Driving	HRV: Walking	CZE: Driving	CZE: Walking	DNK: Driving
15-02-20	158.95	165.31	135.91	235.37	129.46	150.96	122.94	140.59	135.66	195.4	104.27
16-02-20	120.22	113.75	110.6	135.03	123.85	126.15	122.61	116	120.36	140.22	98.93
17-02-20	113.56	125.35	115.29	146.08	104.85	124.09	103.11	109.78	115.34	142.74	102.21
18-02-20	113.49	127.47	120.26	156.85	107.76	124.06	103.34	105.26	116.58	142.46	107.19
19-02-20	117.98	125.25	121.9	160.02	114.6	126.79	103.49	115.23	119.7	137.55	110.27
20-02-20	117.11	132.26	123.29	163.25	120.04	120.35	109.22	119.68	120.49	141.99	112.79
21-02-20	142.35	142.4	133.24	168.21	126.35	141.22	123.42	140.79	137.04	162.88	118.37
22-02-20	156.99	166.41	123.59	189.77	132.23	150.27	124	143.65	130.49	183.22	109.78
23-02-20	114.15	114.7	105.29	125.25	119.83	116.38	117.8	115.43	116.86	125.01	103.25
24-02-20	111.17	125.95	116.44	145.88	101.6	112.7	101.27	115.11	114.4	138.05	103.9
25-02-20	109	125.66	116.56	155.27	103.94	116.58	97.66	118.62	116.85	141.77	110.44
26-02-20	108.98	115.47	118.01	147.4	106.47	129	95.32	95.78	115.37	134.97	110.13
27-02-20	113.71	122.28	117.4	144.5	103.06	112.06	98.31	110.22	118	134.91	112.25
28-02-20	138.1	129.96	125.62	159.23	121.15	117.39	106.94	114.86	125.78	155.47	124.22
29-02-20	130.25	134.42	119.54	169.08	113.93	130.03	102.18	113.85	117.44	158.14	116.13
01-03-20	106.13	98.99	103.95	113.57	101.15	100.06	97.28	75.8	112.31	123.3	107.98
02-03-20	103.21	111.8	107.71	112.05	101.83	109.52	91.76	109.06	107.43	121.16	103.48
03-03-20	104.24	110.27	108.25	129.9	111.62	109.41	95.22	105.85	107.64	109.33	108.13
04-03-20	111.11	112.82	115.66	137.21	98.99	107.28	95.12	109.6	117.5	122.69	109.36
05-03-20	111.25	120.92	118.33	136.47	100.55	106.61	101.01	119.11	114.66	125.02	110.75
06-03-20	123.46	133.87	127.52	162.68	112.56	130.98	108.84	127.88	129.65	149.8	118.81

Εν συνεχεία, αξιοποιήθηκαν οι **Αναφορές Κινητικότητας της Κοινότητας της Google** (Community Mobility Reports) (<https://www.google.com/covid19/mobility/>), οι οποίες καταγράφουν τις τάσεις της κίνησης με την πάροδο του χρόνου ανά γεωγραφική περιοχή, κατηγοριοποιώντας τις **βάσει προορισμού** όπως λιανική και αναψυχή, παντοπωλεία και φαρμακεία, πάρκα, σταθμοί διέλευσης, χώροι εργασίας και κατοικίες. Οι ημερήσιες τιμές τάσεων κινητικότητας αφορούν **ποσοστό**, θετικό ή αρνητικό, που προκύπτει βάσει **σύγκρισης με την τιμή αναφοράς**. Η τιμή αναφοράς αντιπροσωπεύει μια «κανονική τιμή» για τη δεδομένη ημέρα της εβδομάδας, που προκύπτει ως η μέση τιμή των δεδομένων περιόδου 5 εβδομάδων: 3 Ιανουαρίου έως 6 Φεβρουαρίου 2020. Κατά συνέπεια, για κάθε κατηγορία προορισμού, η τιμή αναφοράς δεν είναι μία τιμή, αλλά 7 μεμονωμένες τιμές, όσες και οι ημέρες τις εβδομάδας, με αποτέλεσμα ο ίδιος αριθμός επισκεπτών σε 2 διαφορετικές ημέρες της εβδομάδας, να συνεπάγεται διαφορετικές ποσοστιαίες αλλαγές.

Οι προσωπικές πληροφορίες, όπως η τοποθεσία, οι επαφές ή η μετακίνηση ενός ατόμου, θα διατίθενται σε οποιοδήποτε σημείο. Υπογραμμίζεται όμως ότι οι αναφορές αυτές δημιουργούνται σεβόμενες τα προσωπικά δεδομένα, με συγκεντρωτικά, ανωνυμοποιημένα σύνολα δεδομένων από χρήστες που έχουν ενεργοποιήσει τη ρύθμιση ιστορικού τοποθεσίας

Η διαδικτυακή αναφορά τάσεων κινητικότητας της Google, παρέχει τα δεδομένα κινητικότητας είτε σε ένα ενιαίο αρχείο μορφής csv, παγκοσμίου επιπέδου, είτε σε μεμονωμένα αρχεία csv για κάθε χώρα. Επιλέγοντας τη δεύτερη μορφή αρχείων, απομονώθηκαν οι 26 προς μελέτη χώρες και δημιουργήθηκαν 26 αρχεία Microsoft Excel (ένα για κάθε χώρα) 413 σειρών, που αντιστοιχούν στις ημερομηνίες και 6 στηλών, που αντιστοιχούν στους εξής τύπους προορισμού: Λιανική & Αναψυχή (Retail & Recreation), Παντοπωλεία & Φαρμακεία (Grocery & Pharmacy), Πάρκα (Parks), Σταθμοί Διέλευσης (Transit Stations), Χώροι Εργασίας (Workplaces), Κατοικίες (Residential). Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζεται τμήμα του αρχείου Microsoft Excel των δεδομένων της Αυστρίας.

Πίνακας 4.2: Απόσπασμα αρχείου δεδομένων ποσοτών μεταβολής τάσεων κινητικότητας της Αυστρίας (Google)

Date	AUT: Retail & Recreation	AUT: Grocery & Pharmacy	AUT: Parks	AUT: Transit Stations	AUT: Workplaces	AUT: Residential
15-02-20	9	1	42	13	0	-2
16-02-20	15	21	42	12	1	-2
17-02-20	9	5	35	3	-4	0
18-02-20	8	5	40	2	-4	0
19-02-20	4	2	10	-1	-5	1
20-02-20	4	1	13	2	-5	0
21-02-20	1	4	7	-2	-5	1
22-02-20	9	3	52	14	2	-2
23-02-20	4	23	4	5	2	0
24-02-20	9	10	25	3	2	-1
25-02-20	13	10	60	7	0	0
26-02-20	-3	10	8	-2	0	1
27-02-20	1	7	9	0	1	1
28-02-20	-1	9	-1	-2	1	1
29-02-20	2	3	9	0	1	0
01-03-20	0	8	6	1	2	0
02-03-20	2	6	16	1	3	-1
03-03-20	-1	4	-1	-3	2	1
04-03-20	2	5	12	0	2	0
05-03-20	1	3	4	0	1	0
06-03-20	-1	3	-7	-2	1	0

4.2.2. Στοιχεία μέτρων περιορισμού της πανδημίας

Όσον αφορά στα μέτρα περιορισμού, αξιοποιήθηκε η διαδικτυακή βάση δεδομένων καταγραφής των κυβερνητικών πολιτικών σχετικά με τον COVID-19 του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης (Oxford COVID-19 Government Response Tracker, OxCGRT) (<https://www.bsg.ox.ac.uk/research/research-projects/covid-19-government-response-tracker>), όπου συλλέγονται συστηματικές πληροφορίες για μέτρα πολιτικής που έχουν λάβει οι κυβερνήσεις ανά τον κόσμο για την αντιμετώπιση της πανδημίας. Πιο συγκεκριμένα, οι διάφορες πολιτικές απαντήσεις παρακολουθούνται από την 1η Ιανουαρίου 2020, καλύπτουν περισσότερες από 180 χώρες και κωδικοποιούνται σε 23 δείκτες, όπως κλείσιμο σχολείου, περιορισμοί μετακίνησης, πολιτική εμβολιασμού. Οι δείκτες αυτοί βαθμονομούνται σε μια κλίμακα από 0 έως 3, που αντικατοπτρίζει την έκταση της κυβερνητικής δράσης και ομαδοποιούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Πολιτικές περιορισμού και υποχρεωτικής απομόνωσης (δείκτες C1-C8): καταγράφουν πληροφορίες σχετικά με τις πολιτικές περιορισμού και κλεισίματος, όπως το κλείσιμο του σχολείου και οι περιορισμοί στην κυκλοφορία.

- Οικονομικές πολιτικές (δείκτες E1-E4): καταγράφουν οικονομικές πολιτικές, όπως η εισοδηματική στήριξη στους πολίτες ή η παροχή εξωτερικής βοήθειας.
- Πολιτικές του συστήματος υγείας (δείκτες H1-H8): καταγράφουν πολιτικές του συστήματος υγείας όπως το καθεστώς δοκιμών (test) COVID-19, επείγουσες επενδύσεις στην υγειονομική περίθαλψη και πιο πρόσφατα, πολιτικές εμβολιασμού.
- Πολιτικές εμβολίων (δείκτες V1-V3): καταγράφουν τις πολιτικές εμβολιασμού, συμπεριλαμβανομένης της λίστας προτεραιοτήτων μιας χώρας, τις επιλέξιμες ομάδες και το κόστος εμβολιασμού για το άτομο.

Στην παρούσα ανάλυση, επιλέχθηκαν οι δείκτες C1, C6 και V1 ως αντιπροσωπευτικοί παράγοντες επιρροής της κινητικότητας των προς μελέτη κρατών. Παρατίθεται ο επεξηγηματικός Πίνακας 4.3, για τη βαθύτερη κατανόηση των αξιοποιούμενων δεικτών.

Πίνακας 4.3: Επεξήγηση των δεικτών των ληφθέντων κυβερνητικών μέτρων

Συμβολισμός	Όνομα	Περιγραφή	Κωδικοποίηση
C1	C1_School closing	Καταγραφή κλεισίματος σχολείων και πανεπιστημίων	0 - κανένα μέτρο 1 - σύσταση κλεισίματος των σχολείων 2 - απαίτηση κλεισίματος (μόνο ορισμένα επίπεδα ή κατηγορίες, π.χ. μόνο γυμνάσιο ή απλά δημόσια σχολεία) 3 - απαιτείται κλείσιμο όλων των επιπέδων
C6	C6_Stay at home requirements	Υποχρεωτική κατ' οίκον παραμονή	0 - κανένα μέτρο 1 - σύσταση κατ' οίκον παραμονής 2 - απαίτηση κατ' οίκον παραμονής, με εξαιρέσεις τη σωματική άσκηση, τα ψώνια και τις "απαραίτητες" μετακινήσεις 3 - απαίτηση κατ' οίκον παραμονής με ελάχιστες εξαιρέσεις (π.χ. επιτρέπεται μετακίνηση μία φορά την εβδομάδα)
V2	V2_Vaccine eligibility/availability (summary)	Αναφορά στις κατηγορίες ατόμων που εμβολιάζονται	0 - καμία κατηγορία ατόμων δεν εμβολιάζεται 1 - διαθέσιμα εμβόλια για μερικές κατηγορίες 2 - διαθέσιμα εμβόλια για άτομα ηλικίας άνω των 16 ετών 3 - διαθέσιμα εμβόλια για άτομα ηλικίας άνω των 16 ετών συν για μία ακόμα ή και για τις δύο ηλικιακές ομάδες 5-15 ετών και 0-4 ετών

Με σκοπό την περαιτέρω κατανόηση και ποσοτικοποίηση των ληφθέντων περιοριστικών μέτρων, η προαναφερθείσα διαδικτυακή βάση δεδομένων (OxCGRT) παρέχει πέντε συγκεντρωτικούς δείκτες, οι οποίοι εκφράζονται με έναν μόνο αριθμό εύρους 0-100 και απεικονίζουν τον βαθμό στον οποίο έχει ενεργήσει μία κυβέρνηση. Οι συγκεντρωτικοί αυτοί δείκτες είναι οι εξής: Συνολικός δείκτης απόκρισης της κυβέρνησης, Δείκτης περιορισμού και υγείας, Δείκτης αυστηρότητας, Δείκτης οικονομικής στήριξης και Δείκτης κινδύνου ανοίγματος.

Εκ των πέντε προαναφερθέντων δεικτών, στην εν λόγω μελέτη αξιοποιήθηκε ο **Δείκτης αυστηρότητας** (Stringency index), ο οποίος καταγράφει την αυστηρότητα των πολιτικών «στυλ κλειδώματος» (lockdown), οι οποίες περιορίζουν κυρίως τη συμπεριφορά των ατόμων. Υπολογίζεται χρησιμοποιώντας όλους τους δείκτες πολιτικής περιορισμού και υποχρεωτικής απομόνωσης, καθώς και έναν δείκτη που καταγράφει εκστρατείες ενημέρωσης του κοινού. Απόσπασμα του αρχείου δεδομένων Microsoft Excel που προέκυψε, παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4: Απόσπασμα αρχείου δεδομένων δεικτών αυστηρότητας των κυβερνητικών μέτρων (OxCGRT)

Date	AUT: strigency index	BEL: strigency index	BGR: strigency index	HRV: strigency index	CZE: strigency index	DNK: strigency index	EST: strigency index
15-02-20	0	11.11	8.33	13.89	16.67	0	0
16-02-20	0	11.11	8.33	13.89	16.67	0	0
17-02-20	0	11.11	8.33	13.89	16.67	0	0
18-02-20	0	11.11	8.33	13.89	16.67	0	0
19-02-20	0	11.11	8.33	13.89	16.67	0	0
20-02-20	0	11.11	8.33	13.89	16.67	0	0
21-02-20	0	11.11	8.33	13.89	16.67	0	0
22-02-20	0	11.11	8.33	13.89	16.67	0	0
23-02-20	0	11.11	8.33	13.89	16.67	0	0
24-02-20	11.11	11.11	13.89	13.89	16.67	0	0
25-02-20	11.11	11.11	13.89	13.89	16.67	0	0
26-02-20	11.11	11.11	13.89	13.89	16.67	0	0
27-02-20	11.11	11.11	13.89	13.89	16.67	11.11	0
28-02-20	11.11	11.11	13.89	13.89	19.44	11.11	0
29-02-20	11.11	11.11	13.89	13.89	19.44	11.11	0
01-03-20	11.11	11.11	13.89	13.89	19.44	11.11	0
02-03-20	11.11	11.11	13.89	13.89	19.44	11.11	0
03-03-20	11.11	11.11	13.89	13.89	19.44	20.37	0
04-03-20	11.11	13.89	13.89	13.89	19.44	20.37	0
05-03-20	11.11	13.89	21.3	13.89	19.44	20.37	0
06-03-20	11.11	13.89	21.3	13.89	19.44	25.93	0

4.2.3. Στοιχεία κρουσμάτων και θανάτων COVID-19

Όπως αναλύθηκε εκτενώς και στο κεφάλαιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, ο φόβος έκθεσης στον ιό αποτελεί καθοριστικό παράγοντα επιρροής της ανταπόκρισης της κοινωνίας και επομένως επιδρά σημαντικά στην ανθρώπινη κινητικότητα. Ο αντίκτυπος της πανδημίας και η εξέλιξή της, προσμετράται βάσει των κρουσμάτων COVID-19, αλλά και της θνησιμότητας από τον ιό, δεδομένα που γνωστοποιούνται στους πολίτες καθ' όλη τη διάρκεια της υγειονομικής κρίσης, παρέχοντας διαρκή ενημέρωση για τον επικείμενο κίνδυνο.

Κατά συνέπεια, η λήψη **ημερήσιων καταγραφών νέων κρουσμάτων και νέων θανάτων COVID-19 ανά εκατομμύριο πληθυσμού**, κρίθηκε απαραίτητη κατά την εκπόνηση της παρούσας έρευνας, αφού θεωρήθηκε ότι μπορούν να εξηγήσουν σε σημαντικό βαθμό τις μεταβολές των τάσεων κινητικότητας. Για το λόγο αυτό, αξιοποιήθηκε η διαδικτυακή βάση δεδομένων Our World in Data (<https://ourworldindata.org/coronavirus>), η οποία περιλαμβάνει δεδομένα και έρευνες, αποσκοπώντας στην πρόοδο και εξάλειψη των μεγαλύτερων προβλημάτων παγκοσμίως.

Μετά την απομόνωση των κρατών και του εξεταζόμενου χρονικού πλαισίου από τη συνολική βάση δεδομένων, προέκυψε ένα αρχείο δεδομένων Microsoft Excel, τμήμα του οποίου παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.5.

Πίνακας 4.5: Απόσπασμα αρχείου δεδομένων ημερήσιων νέων κρουσμάτων και νέων θανάτων COVID-19 ανά εκατομμύριο πληθυσμού των κρατών (Our World in Data)

Date	AUT: New Cases/million	AUT: New Deaths/million	BEL: New Cases/million	BEL: New Deaths/million	BGR: New Cases/million	BGR: New Deaths/million	HRV: New Cases/million
15-02-20	0	0	0	0	0	0	0
16-02-20	0	0	0	0	0	0	0
17-02-20	0	0	0	0	0	0	0
18-02-20	0	0	0	0	0	0	0
19-02-20	0	0	0	0	0	0	0
20-02-20	0	0	0	0	0	0	0
21-02-20	0	0	0	0	0	0	0
22-02-20	0	0	0	0	0	0	0
23-02-20	0	0	0	0	0	0	0
24-02-20	0	0	0	0	0	0	0
25-02-20	0.222	0	0	0	0	0	0.244
26-02-20	0	0	0	0	0	0	0.487
27-02-20	0.111	0	0	0	0	0	0
28-02-20	0	0	0	0	0	0	0.487
29-02-20	0.666	0	0	0	0	0	0.244
01-03-20	0.555	0	0.086	0	0	0	0.244
02-03-20	0.444	0	0.518	0	0	0	0
03-03-20	0.333	0	0.431	0	0	0	0.487
04-03-20	0.888	0	0.863	0	0	0	0.244
05-03-20	1.332	0	2.33	0	0	0	0
06-03-20	1.554	0	5.091	0	0	0	0.244
07-03-20	2.665	0	5.177	0	0	0	0.244
08-03-20	2.776	0	2.675	0	0.576	0	0
09-03-20	2.998	0	3.365	0	0	0	0
10-03-20	5.663	0	2.416	0	0	0	0.487

4.3. Επεξεργασία Στοιχείων

Τη συλλογή στοιχείων διαδέχθηκε η κατάλληλη διαμόρφωσή τους, ώστε να καταστεί απλούστερη η επεξεργασία τους και η αξιοποίησή τους. Αρχικά, παρατίθεται ο επεξηγηματικός Πίνακας 4.6 των ονομασιών και των συμβολισμών των χρησιμοποιούμενων μεταβλητών και των κωδικών των ανεξαρτήτων μεταβλητών, για την καλύτερη κατανόηση των εννοιών που αναλύονται στην πορεία.

Πίνακας 4.6: Ονομασίες και Συμβολισμοί μεταβλητών, κωδικοί ανεξαρτήτων μεταβλητών

Όνομα μεταβλητής (ελληνικά)	Όνομα μεταβλητής (αγγλικά)	Συμβολισμός μεταβλητής	Κωδικός
Οδήγηση	Driving	dr	-
Βάδισμα	Walking	wlk	-
Δείκτης Αυστηρότητας	Strigency Index	strig	1
Νέα κρούσματα/εκατομμύριο πληθυσμού	New cases/million	cases	2
Νέοι θάνατοι/εκατομμύριο πληθυσμού	New deaths/million	deaths	3
Πολιτικές Εμβολιασμού	Vaccination Policy	vacc	4
Λιανική & Αναψυχή	Retail & Recreation	retail.recreation	5
Παντοπωλεία & Φαρμακεία	Grocery & Pharmacy	grocery.pharmacy	6
Πάρκα	Parks	parks	7
Σταθμοί Διέλευσης	Transit Stations	transit_stations	8
Χώροι Εργασίας	Workplaces	workplaces	9
Κατοικίες	Residential	residential	10

Κατά την επεξεργασία των στοιχείων, δημιουργήθηκαν 12 αρχεία Microsoft Excel, δύο εκ των οποίων αντιστοιχούν στις εξαρτημένες μεταβλητές «Οδήγηση» και «Περπάτημα» (Apple Mobility Trends) και έξι εκ των οποίων αντιστοιχούν στις ανεξάρτητες μεταβλητές «Λιανική & Αναψυχή», «Παντοπωλεία & Φαρμακεία», «Πάρκα», «Σταθμοί Διέλευσης», «Χώροι Εργασίας», «Κατοικίες» που

υποδηλώνουν το σκοπό μετακίνησης (τοποθεσία προορισμού) (Google Community Mobility Reports). Επιπλέον, δύο από τα 12 αρχεία περιλαμβάνουν τις ανεξάρτητες μεταβλητές «νέα κρούσματα/εκατομμύριο πληθυσμού» και «νέοι θάνατοι/εκατομμύριο πληθυσμού» (Our World in Data) και τα απομένοντα δύο εμπεριέχουν τις ανεξάρτητες μεταβλητές «Δείκτης Αυστηρότητας» και «Πολιτικές Εμβολιασμού» (OxCGRT). Καθένα εκ των αρχείων, αποτελείται από 26 στήλες, που αντιστοιχούν στα κράτη ανάλυσης και 413 σειρές, που αντιστοιχούν στις ημερομηνίες του εξεταζόμενου χρονικού πλαισίου. Επισυνάπτεται απόσπασμα του αρχείου Microsoft Excel δεδομένων κινητικότητας «Οδήγησης» των κρατών (Πίνακας 4.7).

Πίνακας 4.7: Απόσπασμα αρχείου ημερήσιων δεδομένων οδήγησης των κρατών (Apple)

Date	AUT_dr	BEL_dr	BGR_dr	HRV_dr	CZE_dr	DNK_dr	EST_dr	FIN_dr	FRA_dr	DEU_dr	GRC_dr
15-02-20	158.95	135.91	129.46	122.94	135.66	104.27	156.51	138.63	126.61	128	123.65
16-02-20	120.22	110.6	123.85	122.61	120.36	98.93	132.21	117.3	96.71	109.63	121.23
17-02-20	113.56	115.29	104.85	103.11	115.34	102.21	121.16	108.23	100.32	108	117.92
18-02-20	113.49	120.26	107.76	103.34	116.58	107.19	120.55	111.13	100.83	109.42	123.39
19-02-20	117.98	121.9	114.6	103.49	119.7	110.27	126.22	115.39	102.03	110.81	116.34
20-02-20	117.11	123.29	120.04	109.22	120.49	112.79	134.37	116.04	104.31	108.14	121.1
21-02-20	142.35	133.24	126.35	123.42	137.04	118.37	150.88	134.8	118.42	125.52	118.04
22-02-20	156.99	123.59	132.23	124	130.49	109.78	141.36	141.73	127.73	119.65	121.53
23-02-20	114.15	105.29	119.83	117.8	116.86	103.25	122.6	122.31	97.72	99.22	114.37
24-02-20	111.17	116.44	101.6	101.27	114.4	103.9	121.06	111.17	99.66	102.49	104.15
25-02-20	109	116.56	103.94	97.66	116.85	110.44	127.19	111.63	99.4	105.39	104.31
26-02-20	108.98	118.01	106.47	95.32	115.37	110.13	123.42	115.06	100.49	104.39	105.83
27-02-20	113.71	117.4	103.06	98.31	118	112.25	123.3	116.1	99.76	110.47	107.2
28-02-20	138.1	125.62	121.15	106.94	125.78	124.22	133.53	134.01	110.5	117.01	120.29
29-02-20	130.25	119.54	113.93	102.18	117.44	116.13	129.93	135.92	111.85	115.16	115.89
01-03-20	106.13	103.95	101.15	97.28	112.31	107.98	103.6	114.53	87.03	106.11	113.79
02-03-20	103.21	107.71	101.83	91.76	107.43	103.48	100.78	106.14	90.07	101.52	139.75
03-03-20	104.24	108.25	111.62	95.22	107.64	108.13	101.86	107.21	92.79	104.1	98.77
04-03-20	111.11	115.66	98.99	95.12	117.5	109.36	109.48	107.62	95.13	102.87	99.65
05-03-20	111.25	118.33	100.55	101.01	114.66	110.75	116.67	109.68	95.6	105.34	101.98
06-03-20	123.46	127.52	112.56	108.84	129.65	118.81	144.04	127.47	104.21	115.68	103.73

Αποσκοπώντας στην αξιοποίηση των στοιχείων των μέτρων περιορισμού, και συγκεκριμένα των μέτρων που αντιστοιχούν στους δείκτες C1 (κλείσιμο σχολείων και πανεπιστημίων) και C6 (υποχρεωτική κατ' οίκον παραμονή), δημιουργήθηκε ο παρακάτω αναλυτικός Πίνακας 4.8, στον οποίο απεικονίζονται τα χρονικά διαστήματα που τέθηκε σε ισχύ καθένα εκ των δύο περιοριστικών μέτρων, σε κάθε χώρα.

Πίνακας 4.8: Επισκόπηση ημερομηνιών επιβολής περιοριστικών μέτρων C1 και C6 στην Ευρώπη

Χώρα	Εμφάνιση COVID-19	C1		C6	
		Κλείσιμο σχολείων	Άνοιγμα σχολείων	Υποχρεωτική κατ' οίκον παραμονή	Άρση Υποχρεωτικής κατ' οίκον παραμονής
Αυστρία	25-02-20	16-03-20	03-06-20	16-03-20	01-05-20
		02-11-20	07-12-20	17-10-20	-
		26-12-20	-	-	-
Βέλγιο	04-02-20	14-03-20	01-07-20	18-03-20	08-06-20
		29-10-20	16-11-20	29-07-20	07-08-20
		-	-	12-08-20	27-08-20
Βουλγαρία	08-03-20	05-03-20	15-09-20	19-10-20	-
		29-10-20	-	18-03-20	01-04-20
		-	-	15-04-20	08-05-20
Κροατία	25-02-20	13-03-20	07-09-20	23-03-20	11-05-20
		14-12-20	18-01-21	-	-
Τσεχία	01-03-20	11-03-20	21-06-20	15-03-20	21-04-20
		05-10-20	-	22-10-20	03-12-20
		-	-	23-12-20	15-02-21
Δανία	27-02-20	13-03-20	01-08-20	-	-
		09-11-20	19-11-20	-	-
		09-12-20	-	-	-
Εσθονία	27-02-20	16-03-20	15-05-20	29-03-20	18-05-20
		14-12-20	29-01-21	-	-
Φινλανδία	29-01-20	18-03-20	14-05-20	-	-
		03-12-20	-	-	-
Γαλλία	24-01-20	02-03-20	22-06-20	17-03-20	11-05-20
		03-09-20	22-09-20	17-10-20	-
		30-10-20	25-01-21	-	-
Γερμανία	27-01-20	26-02-20	07-07-20	21-03-20	06-05-20
		07-08-20	03-09-20	22-10-20	02-11-20
		16-12-20	-	16-12-20	-
Ελλάδα	26-02-20	05-03-20	01-06-20	23-03-20	30-05-20
		22-06-20	27-06-20	07-11-20	-
		08-09-20	14-09-20	-	-
Ουγγαρία	04-03-20	02-11-20	-	-	-
		11-03-20	01-09-20	27-03-20	18-05-20
Ιρλανδία	29-02-20	10-11-20	-	05-11-20	-
		13-03-20	21-09-20	28-03-20	18-05-20
		21-10-20	-	08-08-20	18-09-20
Ιταλία	31-01-20	-	-	21-10-20	24-12-20
		23-02-20	14-09-20	01-01-21	-
		23-10-20	-	23-02-20	04-05-20
Λετονία	02-03-20	-	-	23-10-20	-
		13-03-20	21-09-20	-	-
Λιθουανία	28-02-20	15-10-20	-	-	-
		16-03-20	30-05-20	16-12-20	-
Λουξεμβούργο	29-02-20	07-08-20	-	-	-
		16-03-20	25-05-20	17-03-20	20-04-20
		28-12-20	11-01-21	30-10-20	14-12-20
Ολλανδία	27-02-20	08-02-21	-	20-01-21	-
		16-03-20	15-06-20	23-03-20	11-05-20
Νορβηγία	26-02-20	16-12-20	-	23-01-21	-
		12-03-20	11-05-20	-	-
Πολωνία	04-03-20	04-01-21	-	-	-
		12-03-20	01-09-20	31-03-20	09-04-20
Πορτογαλία	02-03-20	19-10-20	-	-	-
		09-03-20	25-08-20	19-03-20	04-05-20
		24-10-20	06-11-20	25-06-20	25-08-20
Ρουμανία	26-02-20	22-01-21	-	23-10-20	-
		11-03-20	-	25-03-20	16-05-20
Σλοβακία	06-03-20	-	-	09-11-20	-
		10-03-20	02-09-20	08-04-20	14-04-20
Ισπανία	31-01-20	05-10-20	-	22-10-20	-
		09-03-20	22-10-20	14-03-20	27-05-20
Σουηδία	31-01-20	23-12-20	07-01-21	15-07-20	10-08-20
		17-03-20	17-08-20	25-10-20	-
Ελβετία	25-02-20	07-12-20	-	-	-
		16-03-20	11-05-20	-	-
		02-11-20	-	-	-

4.4. Περιγραφική Στατιστική

Εισάγοντας τα διαμορφωμένα αρχεία Microsoft Excel δεδομένων κινητικότητας οδήγησης και βαδίσματος στο προγραμματιστικό περιβάλλον RStudio, και με χρήση του εργαλείου ανάλυσης «rpsych», πραγματοποιείται **περιγραφική στατιστική** των προαναφερθέντων ιστορικών δεδομένων. Στους Πίνακες 4.9 - 4.13 παρατίθενται ορισμένα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία, όπως η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή, καθώς και το μέγεθος του δείγματος των δεδομένων της οδήγησης, του βαδίσματος, του δείκτη αυστηρότητας και των νέων κρουσμάτων και θανάτων COVID-19 ανά εκατομμύριο πληθυσμού.

Υπογραμμίζεται πως το μέγεθος δείγματος των δεδομένων οδήγησης και βαδίσματος προκύπτει κατά 3 στοιχεία μικρότερο από το προς μελέτη χρονικό διάστημα, διότι για τις ημερομηνίες 11/05/2020, 12/05/2020 και 12/03/2020 δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για τις εν λόγω μεταβλητές.

Πίνακας 4.9: Περιγραφική Στατιστική δεδομένων Οδήγησης για το διάστημα 15/02/2020 έως 02/04/2021

Χώρα	Μέγεθος δείγματος	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Αυστρία	410	100.51	39.61	24.83	194.72
Βέλγιο	410	99.27	31.23	29.76	169.29
Βουλγαρία	410	101.24	46.75	25.56	224.46
Κροατία	410	142.14	131.99	20.51	670.50
Τσεχία	410	106.83	41.80	31.86	206.84
Δανία	410	118.84	34.18	50.61	203.67
Εσθονία	410	132.02	61.18	52.04	340.21
Φινλανδία	410	127.01	39.83	54.91	242.43
Γαλλία	410	97.22	42.95	15.33	196.95
Γερμανία	410	101.78	31.88	37.90	170.31
Ελλάδα	410	98.12	56.72	18.59	241.14
Ουγγαρία	410	103.18	35.83	35.85	196.46
Ιρλανδία	410	80.21	37.59	19.52	166.38
Ιταλία	410	91.22	50.64	12.66	222.86
Λετονία	410	111.37	51.03	46.42	267.09
Λιθουανία	410	105.06	47.22	27.11	236.39
Λουξεμβούργο	410	77.68	24.44	18.20	137.89
Ολλανδία	410	88.67	24.85	38.99	147.61
Νορβηγία	410	125.97	54.78	41.60	297.32
Πολωνία	410	102.30	40.87	19.78	205.90
Πορτογαλία	410	88.52	51.91	16.78	231.07
Ρουμανία	410	91.00	35.17	18.78	176.19
Σλοβακία	410	95.90	39.05	28.87	191.93
Ισπανία	410	86.34	42.24	10.93	175.04
Σουηδία	410	129.18	42.74	47.76	252.55
Ελβετία	410	108.62	30.74	38.61	175.99

Πίνακας 4.10: Περιγραφική Στατιστική δεδομένων Βαδίσματος για το διάστημα 15/02/2020 έως 02/04/2021

Χώρα	Μέγεθος δείγματος	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Αυστρία	410	83.08	34.08	18.54	166.41
Βέλγιο	410	104.38	33.78	34.50	235.37
Βουλγαρία	410	105.51	46.15	19.15	207.45
Κροατία	410	167.78	176.07	17.06	888.44
Τσεχία	410	71.90	35.42	16.13	195.40
Δανία	410	113.24	33.91	36.80	196.81
Εσθονία	410	127.16	60.89	36.01	316.12
Φινλανδία	410	102.91	28.85	37.00	177.78
Γαλλία	410	71.55	32.59	10.44	137.30
Γερμανία	410	101.17	31.99	33.95	194.18
Ελλάδα	410	102.26	61.45	18.00	254.21
Ουγγαρία	410	72.23	33.58	18.20	213.12
Ιρλανδία	410	61.17	31.67	14.95	196.24
Ιταλία	410	73.37	43.25	10.97	194.34
Λετονία	410	95.82	46.83	32.43	220.25
Λιθουανία	410	115.82	56.79	30.03	275.76
Λουξεμβούργο	410	88.92	27.39	24.14	147.40
Ολλανδία	410	93.55	31.18	33.84	173.30
Νορβηγία	410	107.74	38.13	33.00	247.90
Πολωνία	410	92.31	42.99	15.90	186.57
Πορτογαλία	410	66.00	45.60	10.21	196.41
Ρουμανία	410	89.81	34.56	13.91	151.22
Σλοβακία	410	99.89	39.22	24.62	194.01
Ισπανία	410	67.01	33.63	5.82	192.60
Σουηδία	410	101.66	26.06	32.87	158.70
Ελβετία	410	102.06	26.91	33.78	160.55

Πίνακας 4.11: Περιγραφική Στατιστική δεδομένων Δείκτη Αυστηρότητας για το διάστημα 15/02/2020 έως 02/04/2021

Χώρα	Μέγεθος δείγματος	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Αυστρία	413	58.60	21.98	0.00	82.41
Βέλγιο	413	58.90	15.86	11.11	81.48
Βουλγαρία	413	47.73	14.46	8.33	73.15
Κροατία	413	47.52	21.02	13.89	96.30
Τσεχία	413	56.78	19.44	16.67	82.41
Δανία	413	54.74	14.94	0.00	72.22
Εσθονία	413	43.24	17.61	0.00	77.78
Φινλανδία	413	44.55	12.61	13.89	67.59
Γαλλία	413	62.04	17.65	5.56	87.96
Γερμανία	413	63.70	16.47	11.11	85.19
Ελλάδα	413	65.93	20.08	0.00	88.89
Ουγγαρία	413	59.52	18.49	0.00	79.63
Ιρλανδία	413	68.63	22.70	5.56	90.74
Ιταλία	413	70.07	15.63	19.44	93.52
Λετονία	413	50.30	15.07	2.78	69.44
Λιθουανία	413	52.38	22.81	0.00	87.04
Λουξεμβούργο	413	51.85	19.74	0.00	80.56
Ολλανδία	413	61.03	19.73	0.00	82.41
Νορβηγία	413	51.88	17.76	11.11	79.63
Πολωνία	413	58.18	22.07	5.56	83.33
Πορτογαλία	413	66.57	17.23	11.11	87.96
Ρουμανία	413	60.17	19.75	5.56	87.04
Σλοβακία	413	55.93	20.84	2.78	87.04
Ισπανία	413	65.19	16.15	11.11	85.19
Σουηδία	413	57.90	16.36	0.00	69.44
Ελβετία	413	50.88	15.70	0.00	73.15

Πίνακας 4.12: Περιγραφική Στατιστική δεδομένων νέων Κρουσμάτων COVID-19 ανά εκατομμύριο πληθυσμού για το διάστημα 15/02/2020 έως 02/04/2021

Χώρα	Μέγεθος δείγματος	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Αυστρία	413	148.60	192.93	0.00	1064.35
Βέλγιο	413	186.48	287.75	0.00	2064.00
Βουλγαρία	413	122.08	182.14	0.00	744.92
Κροατία	413	163.03	253.22	0.00	1125.38
Τσεχία	413	349.52	444.56	-206.74	1659.64
Δανία	413	97.26	134.63	-345.46	778.29
Εσθονία	413	212.10	311.44	0.00	1474.51
Φινλανδία	413	34.38	37.73	-0.90	155.76
Γαλλία	413	170.63	223.50	-676.12	1556.78
Γερμανία	413	83.30	106.04	0.00	585.36
Ελλάδα	413	62.78	84.33	0.00	414.66
Ουγγαρία	413	168.13	249.32	0.00	1166.11
Ιρλανδία	413	116.31	209.19	0.00	1666.13
Ιταλία	413	145.33	165.88	-2.45	676.49
Λετονία	413	132.98	188.20	0.00	986.64
Λιθουανία	413	193.78	307.92	0.00	1463.47
Λουξεμβούργο	413	240.23	452.44	-2153.44	3142.29
Ολλανδία	413	184.94	194.16	0.00	762.89
Νορβηγία	413	44.07	49.80	0.00	309.89
Πολωνία	413	152.75	213.36	0.00	931.47
Πορτογαλία	413	198.19	295.31	-15.79	1611.50
Ρουμανία	413	121.42	130.48	0.00	533.80
Σλοβακία	413	161.38	210.54	0.00	1156.67
Ισπανία	413	170.45	288.65	-1590.15	2006.68
Σουηδία	413	194.96	409.67	0.00	3216.57
Ελβετία	413	169.36	317.61	0.00	2533.45

Πίνακας 4.13: Περιγραφική Στατιστική δεδομένων νέων Θανάτων COVID-19 ανά εκατομμύριο πληθυσμού για το διάστημα 15/02/2020 έως 02/04/2021

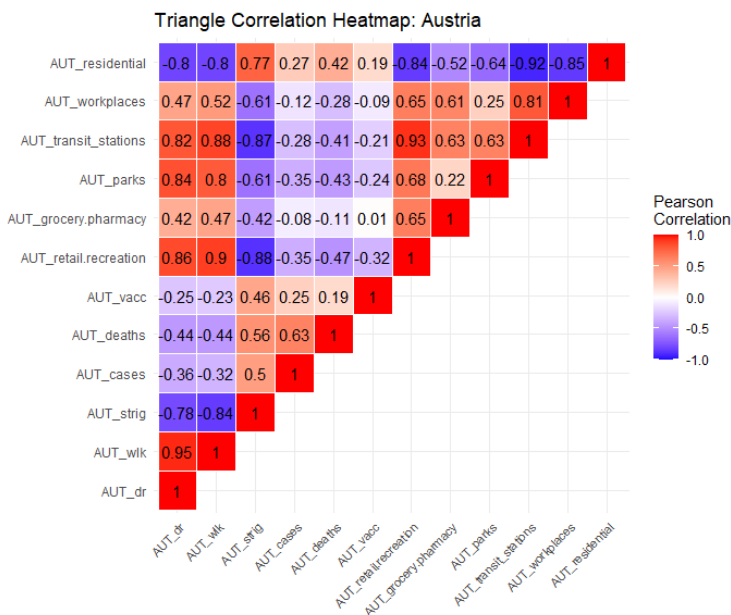
Χώρα	Μέγεθος δείγματος	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Αυστρία	413	2.53	3.67	-0.11	24.21
Βέλγιο	413	4.82	6.57	-10.10	42.80
Βουλγαρία	413	4.68	6.87	0.00	31.81
Κροατία	413	3.54	5.12	0.00	22.41
Τσεχία	413	6.05	7.36	-0.28	27.55
Δανία	413	1.01	1.50	-1.04	10.36
Εσθονία	413	1.95	2.91	-4.52	12.82
Φινλανδία	413	0.37	0.73	-0.36	7.76
Γαλλία	413	3.43	4.10	-3.18	21.10
Γερμανία	413	2.22	3.35	-0.37	20.70
Ελλάδα	413	1.91	2.70	0.00	11.61
Ουγγαρία	413	5.33	6.95	0.00	31.26
Ιρλανδία	413	2.31	4.11	-1.01	44.55
Ιταλία	413	4.42	4.18	-0.51	16.42
Λετονία	413	2.47	4.06	0.00	23.33
Λιθουανία	413	3.20	4.91	0.00	22.41
Λουξεμβούργο	413	2.90	5.65	-3.20	46.33
Ολλανδία	413	2.36	2.56	-1.05	13.66
Νορβηγία	413	0.30	0.63	0.00	4.98
Πολωνία	413	3.47	4.77	0.00	17.81
Πορτογαλία	413	4.03	6.07	0.00	29.72
Ρουμανία	413	3.00	2.64	0.00	11.07
Σλοβακία	413	4.38	6.90	0.00	37.37
Ισπανία	413	3.91	5.73	-41.02	34.71
Σουηδία	413	3.24	6.43	-22.97	46.93
Ελβετία	413	2.91	4.42	-12.25	19.76

4.5. Συσχέτιση Μεταβλητών

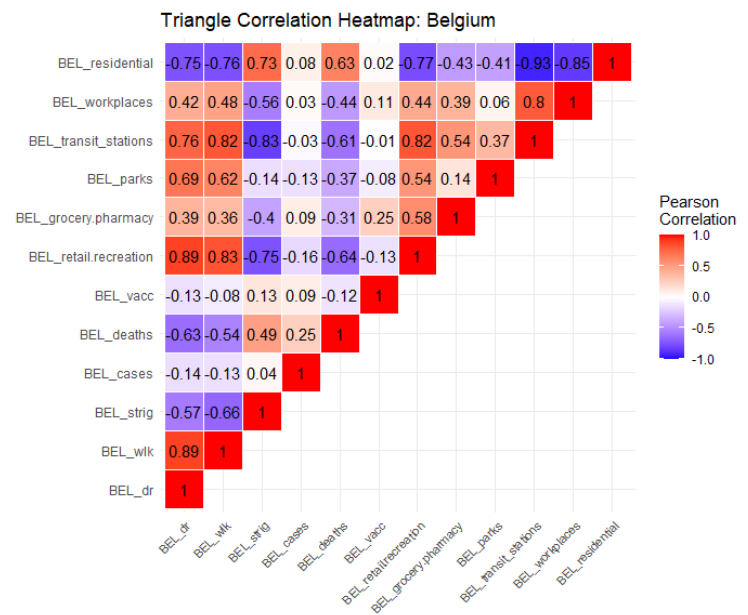
Χρησιμοποιώντας τα αρχεία δεδομένων των χωρών, εξετάστηκε η **συσχέτιση των μεταβλητών** (correlation), η οποία αποτελεί κρίσιμο παράγοντα επιλογής των ανεξάρτητων μεταβλητών που θα εισαχθούν στο μοντέλο κάθε χώρας, ώστε να «εξηγήσουν» τις εξαρτημένες. Πιο συγκεκριμένα, είναι επιθυμητή η κατά το δυνατόν μικρότερη συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Επιγραμματικά, εάν συμβολίσουμε με r το συντελεστή συσχέτισης Pearson, ο οποίος λαμβάνει τιμές στο διάστημα $[-1,1]$, η σχέση των ανεξάρτητων μεταβλητών χαρακτηρίζεται ως:

- μηδενική, για $0.00 < r < 0.20$
- μικρή, για $0.21 < r < 0.40$
- μέτρια, για $0.41 < r < 0.60$
- δυνατή, για $0.61 < r < 0.80$
- εξαιρετικά δυνατή, για $r > 0.81$

Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζεται η συσχέτιση των μεταβλητών κάθε χώρας σε μορφή τριγωνικών χαρτών θερμότητας, όπου το πιο θερμό χρώμα συμβολίζει τη μεγαλύτερη τιμή του μεγέθους.

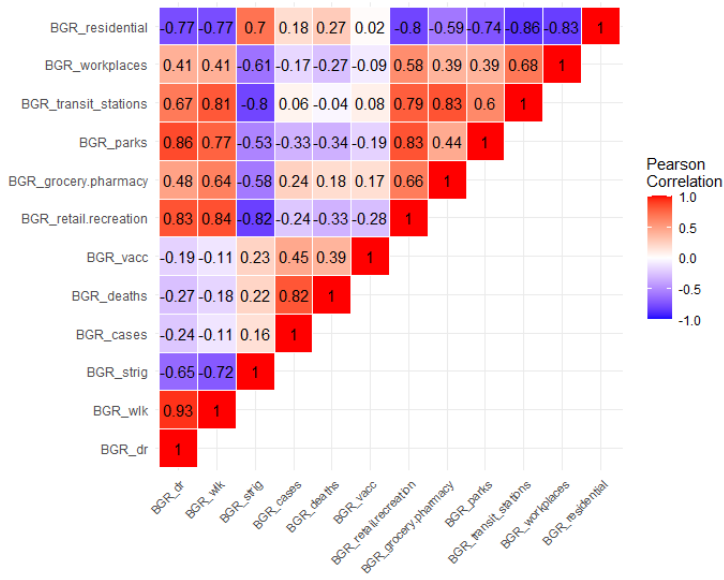


Γράφημα 4.1: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Αυστρίας



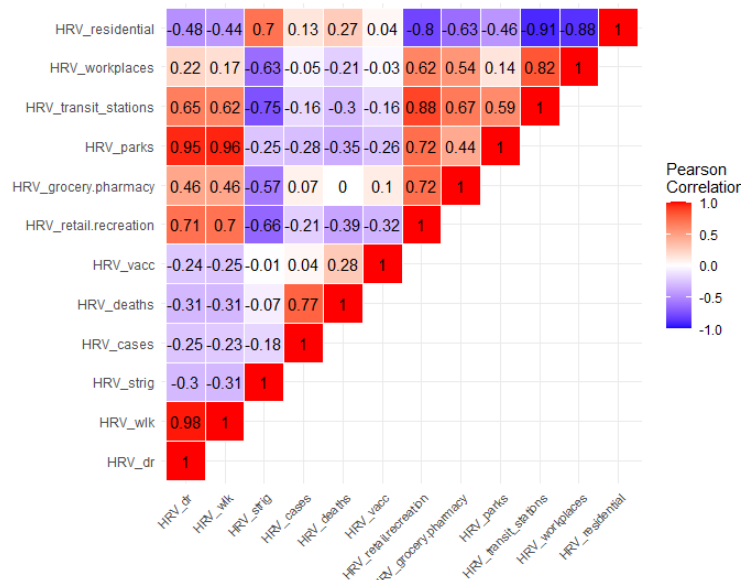
Γράφημα 4.2: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα του Βελγίου

Triangle Correlation Heatmap: Bulgaria



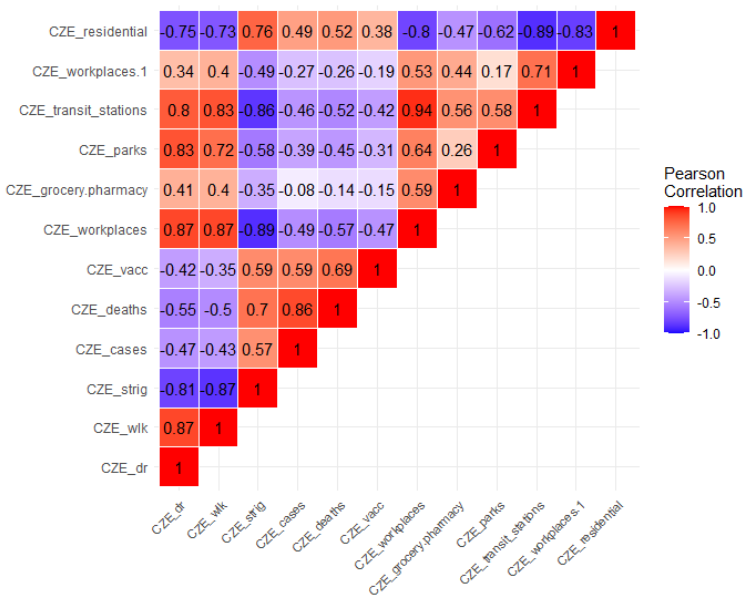
Γράφημα 4.3: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Βουλγαρίας

Triangle Correlation Heatmap: Croatia



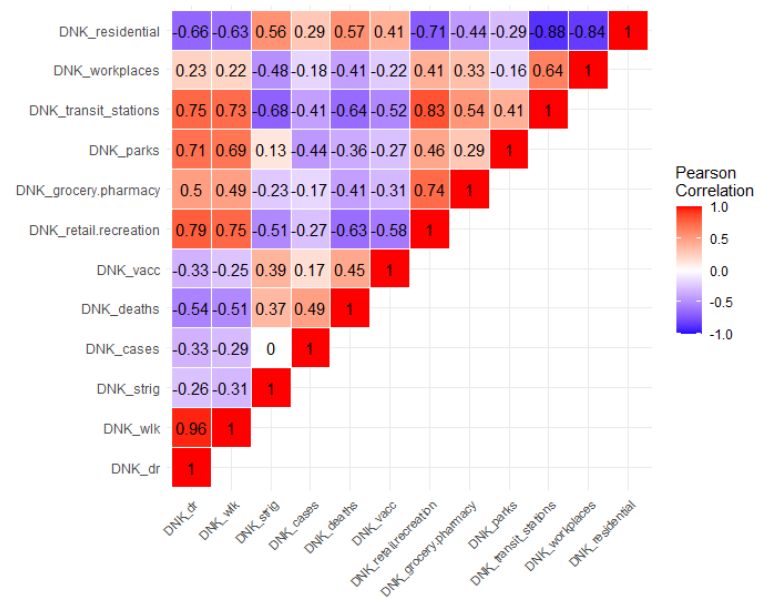
Γράφημα 4.4: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Κροατίας

Triangle Correlation Heatmap: Czechia



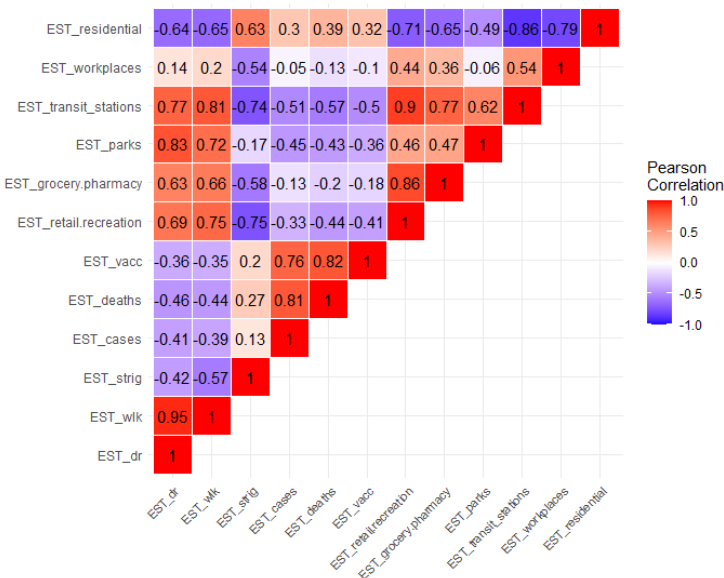
Γράφημα 4.5: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Τσεχίας

Triangle Correlation Heatmap: Denmark



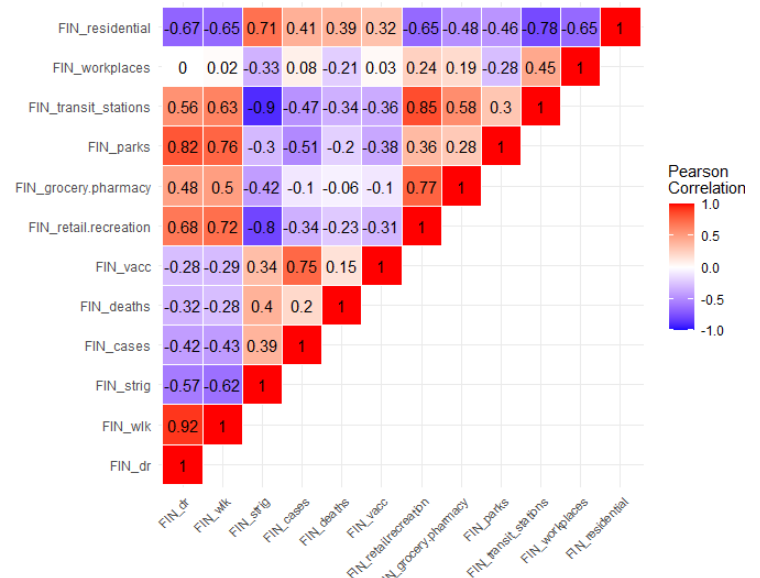
Γράφημα 4.6: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Δανίας

Triangle Correlation Heatmap: Estonia



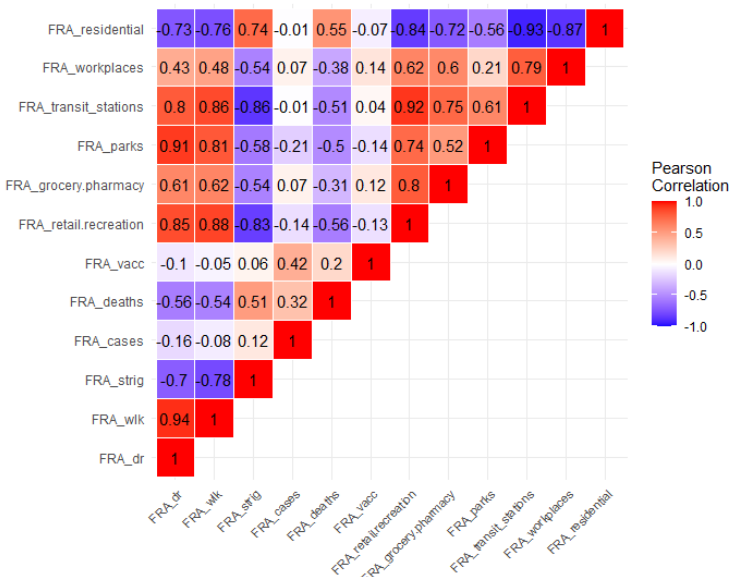
Γράφημα 4.7: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Εσθονίας

Triangle Correlation Heatmap: Finland



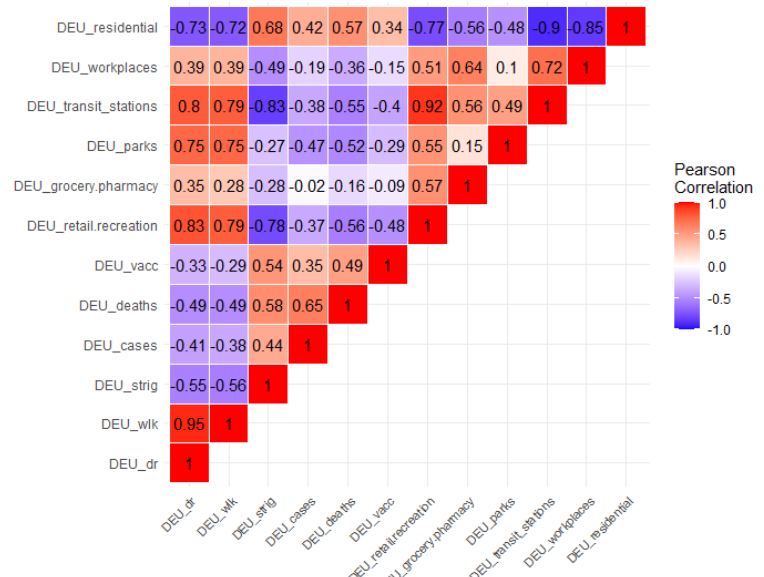
Γράφημα 4.8: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Φινλανδίας

Triangle Correlation Heatmap: France



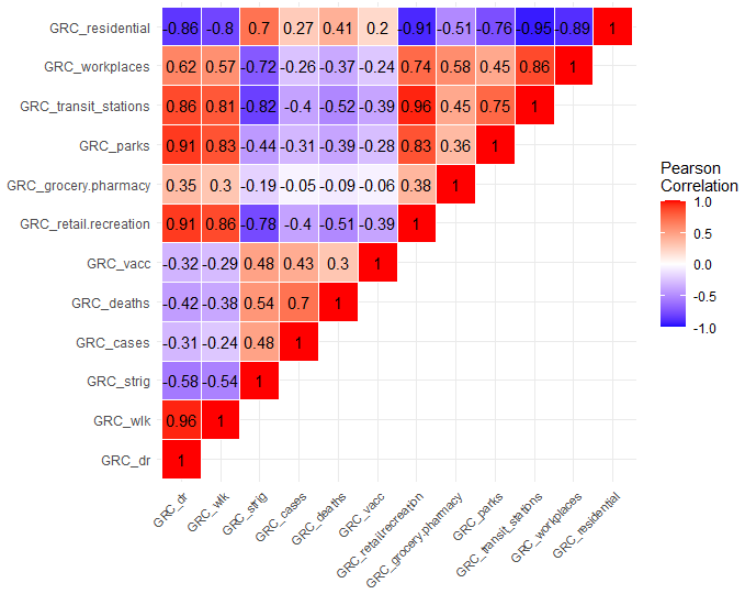
Γράφημα 4.9: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Γαλλίας

Triangle Correlation Heatmap: Germany



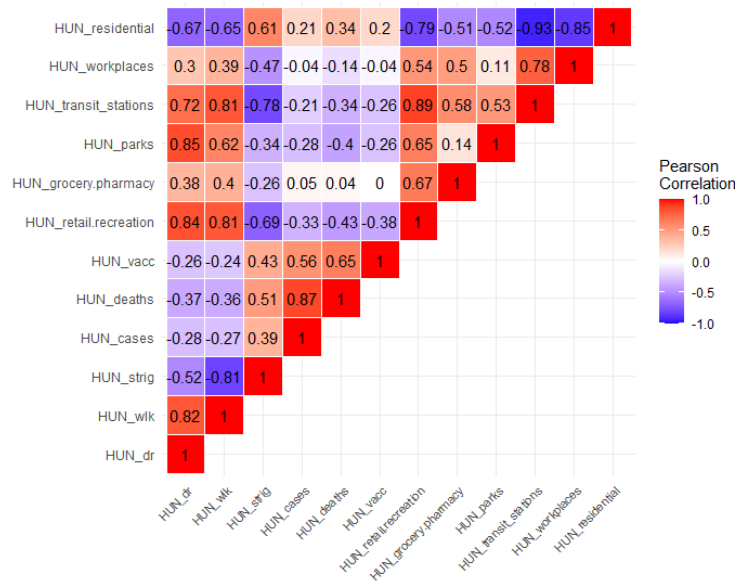
Γράφημα 4.10: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Γερμανίας

Triangle Correlation Heatmap: Greece



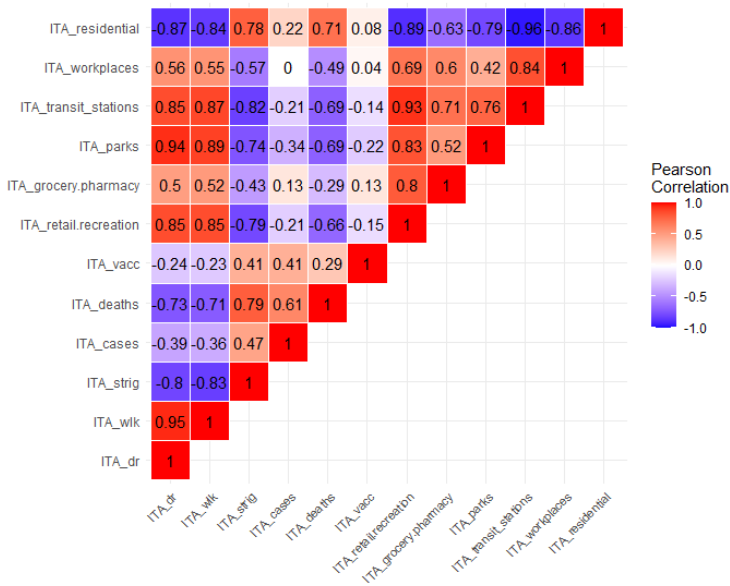
Γράφημα 4.11: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Ελλάδας

Triangle Correlation Heatmap: Hungary



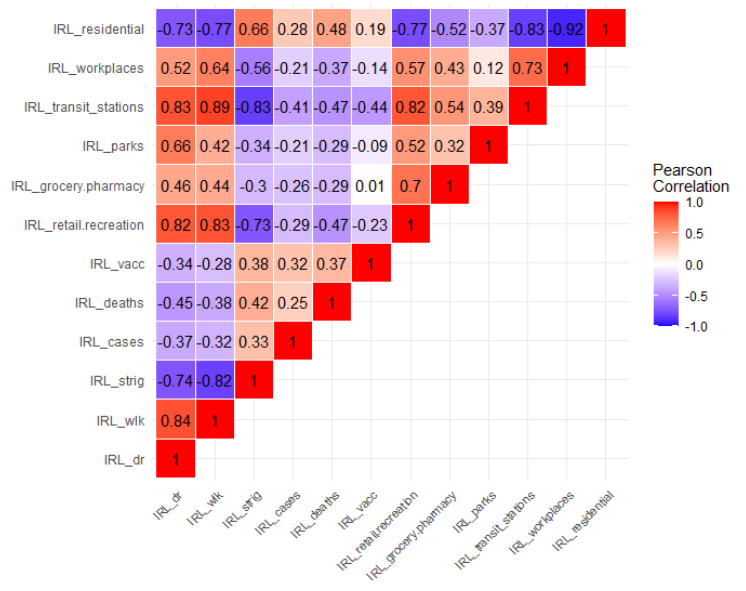
Γράφημα 4.12: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Ουγγαρίας

Triangle Correlation Heatmap: Italy

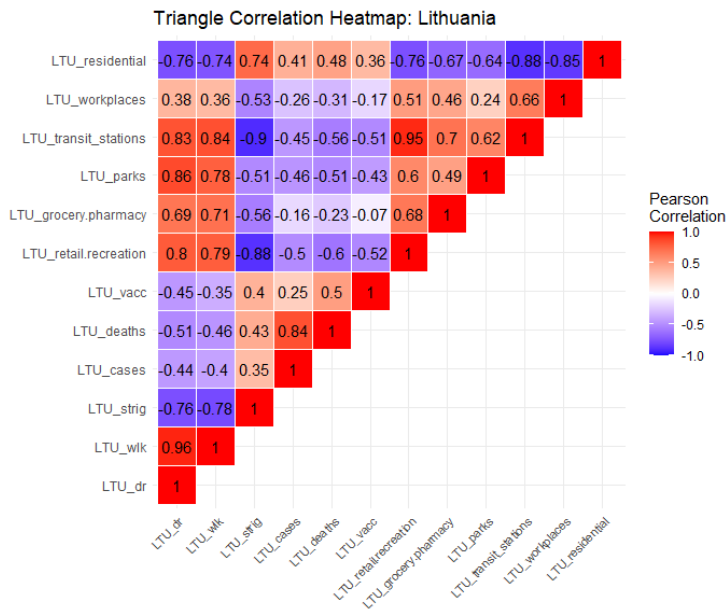


Γράφημα 4.13: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Ιταλίας

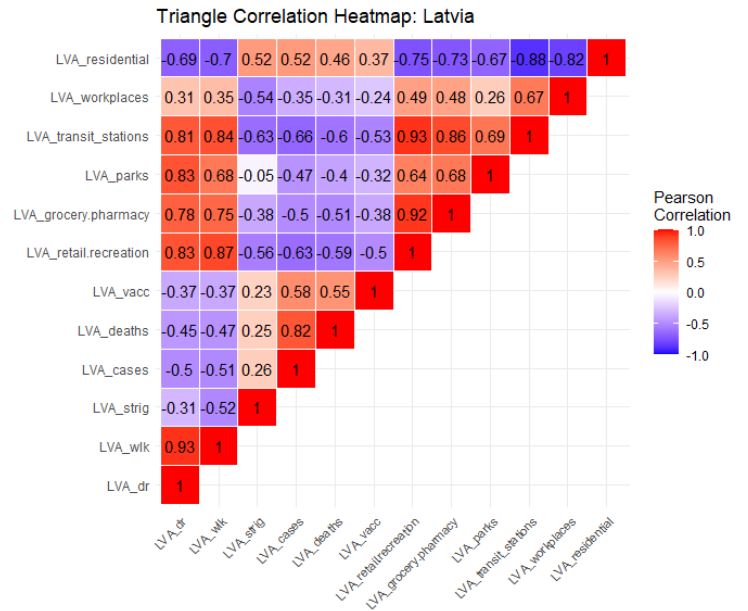
Triangle Correlation Heatmap: Ireland



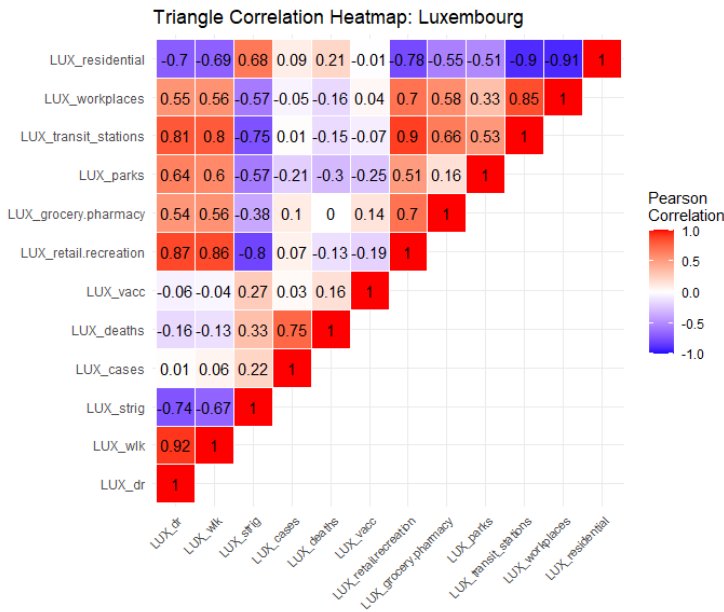
Γράφημα 4.14: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Ιρλανδίας



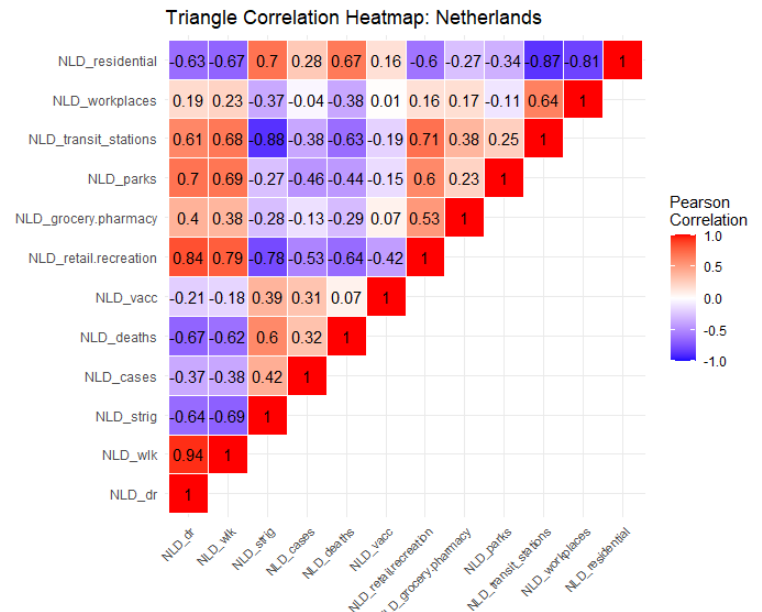
Γράφημα 4.15: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Λιθουανίας



Γράφημα 4.16: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Λετονίας

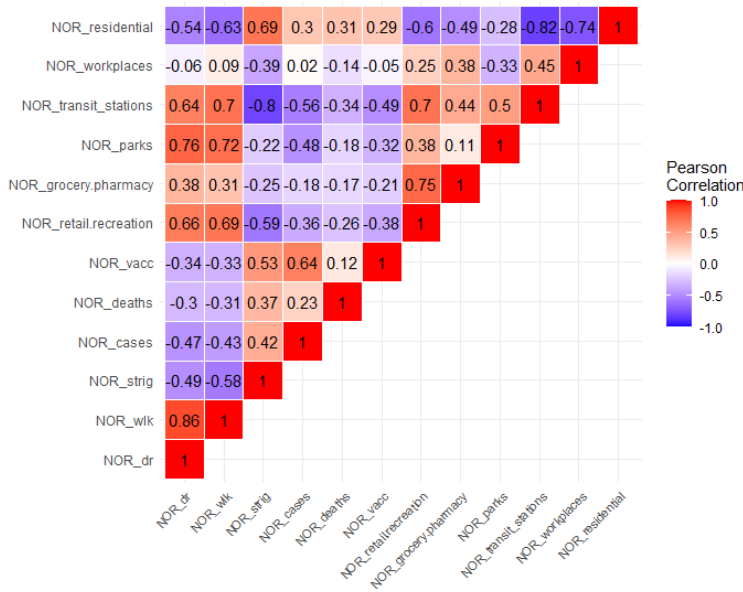


Γράφημα 4.17: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα του Λουξεμβούργου



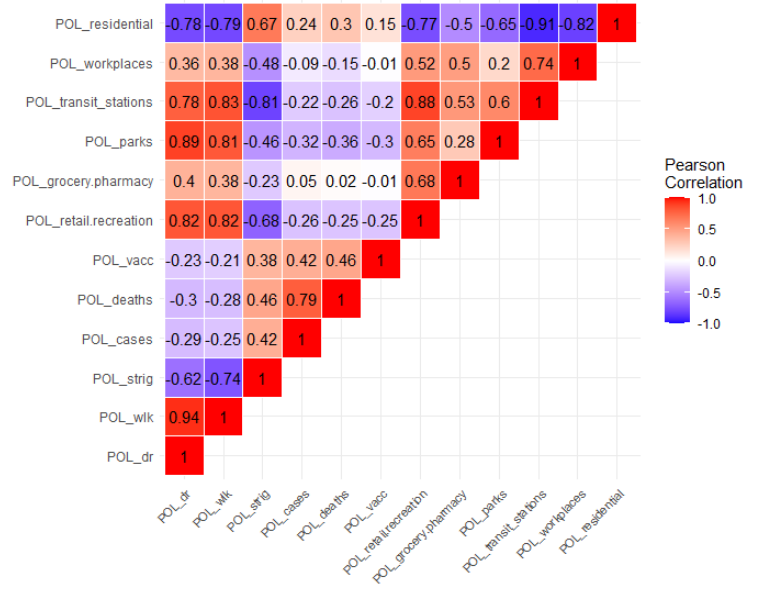
Γράφημα 4.18: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Ολλανδίας

Triangle Correlation Heatmap: Norway



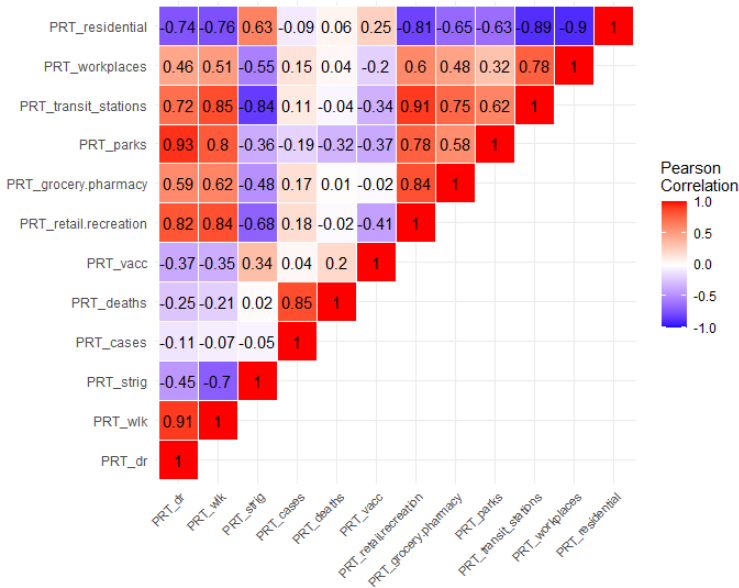
Γράφημα 4.19: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Νορβηγίας

Triangle Correlation Heatmap: Poland



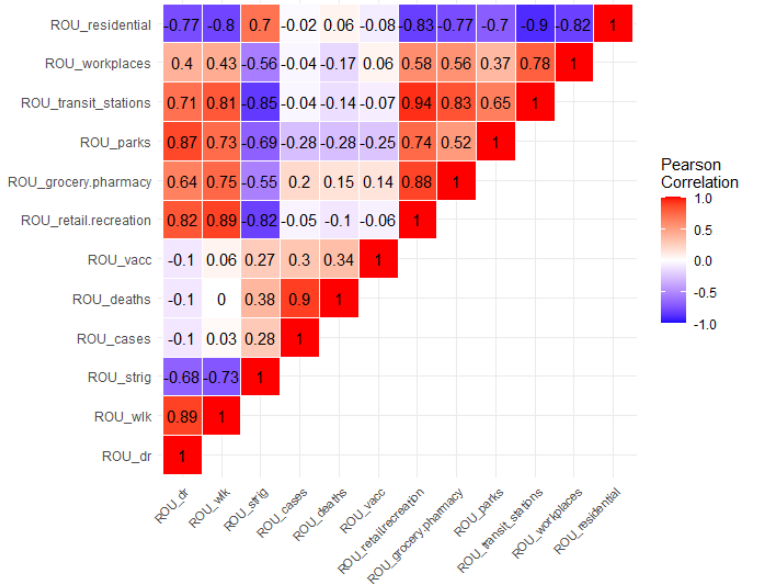
Γράφημα 4.20: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Πολωνίας

Triangle Correlation Heatmap: Portugal

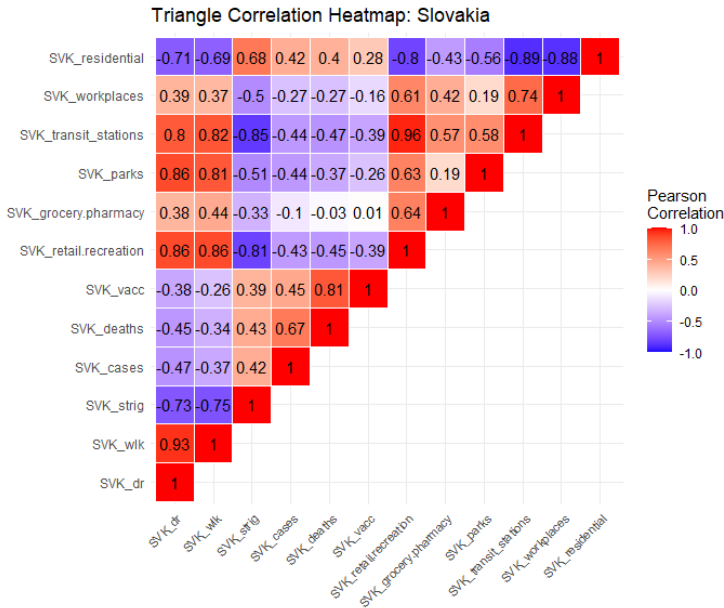


Γράφημα 4.21: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Πορτογαλίας

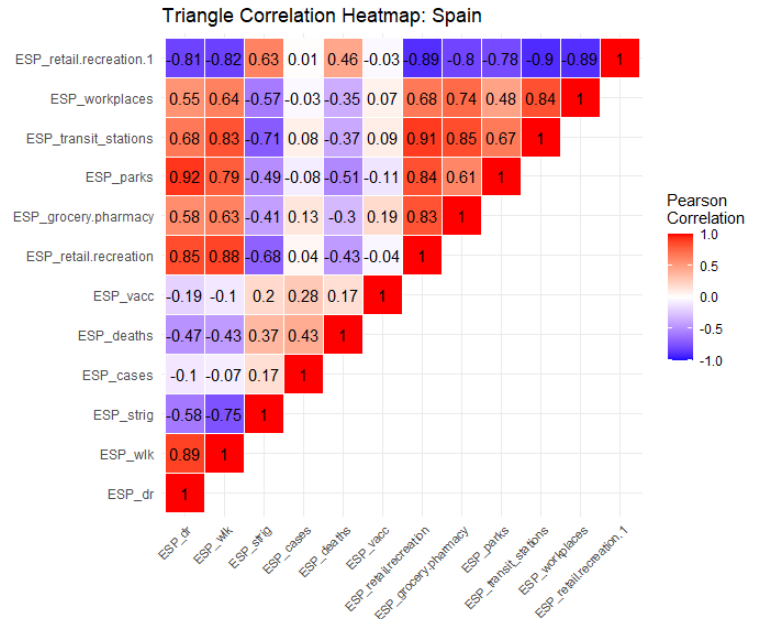
Triangle Correlation Heatmap: Romania



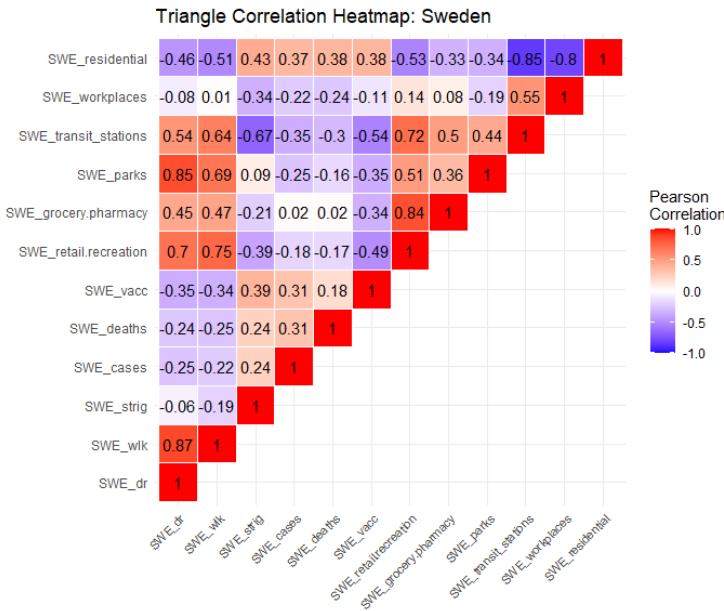
Γράφημα 4.22: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Ρουμανίας



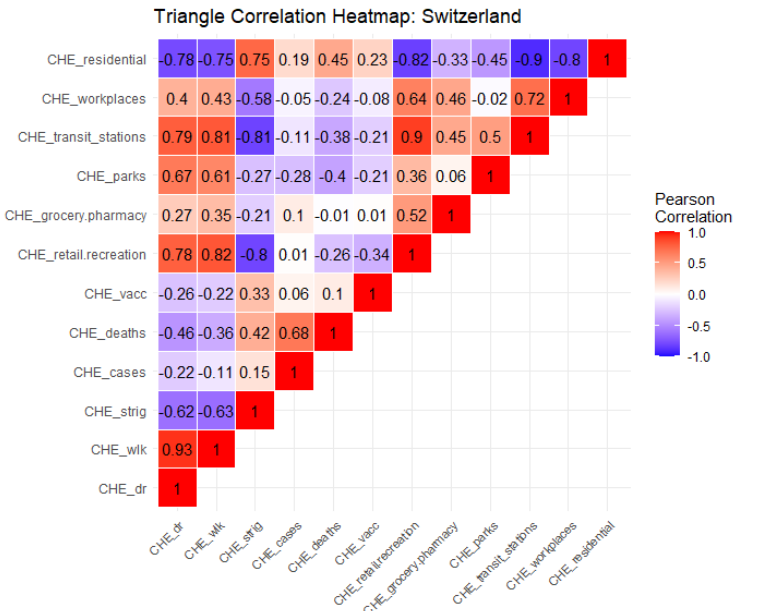
Γράφημα 4.23: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Σλοβακίας



Γράφημα 4.24: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Ισπανίας



Γράφημα 4.25: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Σουηδίας



Γράφημα 4.26: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης μεγεθών με θερμότητα χρώματος για τα δεδομένα της Ελβετίας

5. Εφαρμογή Μεθοδολογίας – Αποτελέσματα

5.1. Εισαγωγή

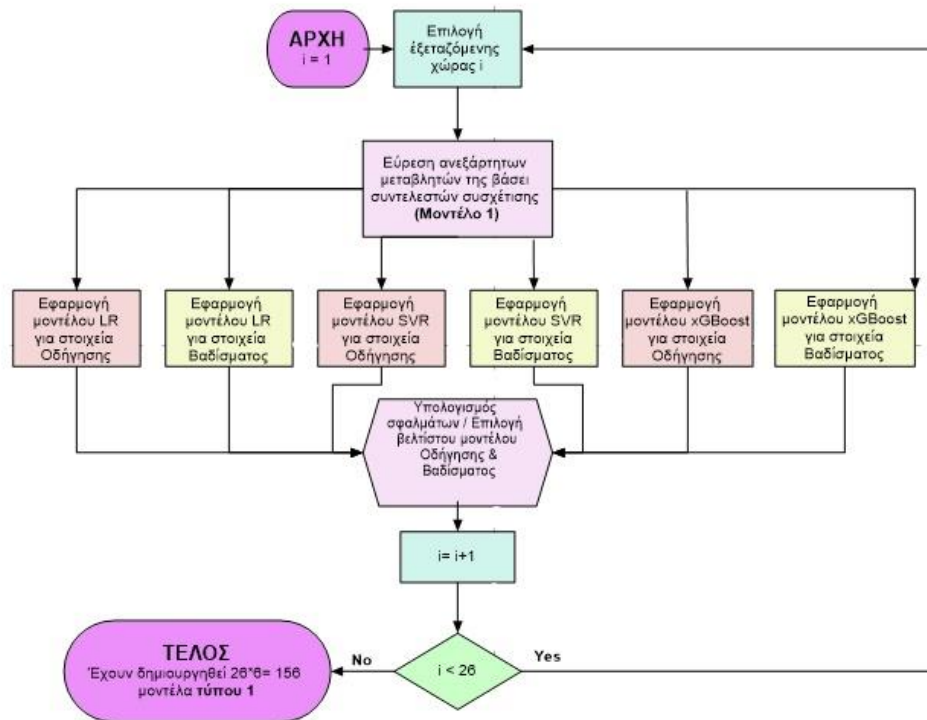
Τα στάδια της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, της επεξήγησης του θεωρητικού υποβάθρου και της περιγραφής της διαδικασίας συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων, διαδέχθηκε η αναζήτηση και επιλογή της πλέον κατάλληλης μεθοδολογίας για την ανάλυσή μας. Στο παρόν κεφάλαιο, πραγματοποιείται αναλυτική παρουσίαση των βημάτων που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της επιλεγείσας μεθοδολογίας και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης.

Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3, η μέθοδος που επιλέχθηκε για την ανάλυση των στατιστικών στοιχείων της εργασίας είναι η ανάπτυξη κατάλληλων μοντέλων τα οποία, με αξιοποίηση της μεθόδου της **μηχανικής εκμάθησης**, από ιστορικές σχέσεις και τάσεις στα δεδομένα (πειραματικά δεδομένα) θα είναι σε θέση να οδηγήσουν σε προβλέψεις. Πιο συγκεκριμένα, θα αναπτυχθούν μοντέλα **Γραμμικής Παλινδρόμησης, Παλινδρόμησης Διανυσμάτων Υποστήριξης και Παλινδρόμησης xGBoost**, τα οποία θα αξιολογηθούν βάσει των προαναφερθέντων (κεφάλαιο 3) κριτηρίων ελέγχου και αποδοχής, ώστε να επιλεγεί αυτό που αντιπροσωπεύει και περιγράφει βέλτιστα τα στοιχεία κινητικότητας της κάθε χώρας.

Εκτός του **Μοντέλου 1**, που θα αναπτυχθεί με χρήση κατά το δυνατόν περισσότερων ανεξαρτήτων μεταβλητών βάσει των συντελεστών συσχέτισής τους, και θα είναι **διαφορετικό για κάθε χώρα**, θα πραγματοποιηθεί δοκιμή ανάπτυξης ενός **Μοντέλου 2** που θα αξιοποιεί τις ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές και θα είναι **κοινό για όλες τις χώρες**. Επιπλέον, με κριτήριο την αυστηρότητα των περιοριστικών μέτρων C1 και C6, θα πραγματοποιηθεί **ομαδοποίηση** των χωρών και στη συνέχεια θα εφαρμοσθεί το Μοντέλο 1 τόσο για τις **δημιουργηθείσες ομάδες**, όσο και για τις **συνολικές μέσες τιμές όλων των χωρών**.

Στο Γράφημα 5.1 παρουσιάζεται το Διάγραμμα ροής της διαδικασίας εφαρμογής των μοντέλων τύπου 1, από την οποία προκύπτουν συνολικά 156 μοντέλα ($26 \text{ χώρες} * 2 \text{ μεταβλητές} * 3 \text{ μοντέλα παλινδρόμησης}$). Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθείται για εφαρμογή του μοντέλου τύπου 1 στις ομάδες και στα συνολικά μέσα στοιχεία, από τα οποία θα προκύψουν 24 μοντέλα ($4*2*3$). Κατά την εφαρμογή του μοντέλου τύπου 2, διαφέρει μόνο το 3^ο βήμα, δηλαδή αυτό της επιλογής ανεξάρτητων μεταβλητών, αφού επιλέγονται εκ των προτέρων και είναι κοινές για όλες τις χώρες.

Υπογραμμίζεται πως η ανάπτυξη της μεθοδολογίας πραγματοποιήθηκε μέσω κατάλληλου κώδικα στο προγραμματιστικό περιβάλλον της **RStudio**.



Γράφημα 5.1: Διάγραμμα ροής διαδικασίας εφαρμογής 1^{ου} μοντέλου

5.2. Εφαρμογή Μεθοδολογίας

Για την εκτενέστερη κατανόηση των εννοιών και των στόχων της παρούσας μελέτης, είναι χρήσιμο να αποσαφηνιστούν πλήρως οι επιλεγείσες Εξαρτημένες και Ανεξάρτητες μεταβλητές (ενότητα 3.2). Ως **εξαρτημένες μεταβλητές** έχουν ορισθεί η **Οδήγηση** (Driving) και το **Βάδισμα** (Walking), δεδομένα για τις οποίες προέκυψαν με αξιοποίηση της διαδικτυακής βάσης δεδομένων κινητικότητας της Apple (ενότητα 4.2.1). Ως **ανεξάρτητες μεταβλητές**, χρησιμοποιήθηκαν οι εξής:

- **Δείκτης Αυστηρότητας** (Strigency Index)
- **Νέα κρούσματα/εκατομμύριο πληθυσμού** (New Cases/million)
- **Νέοι θάνατοι/εκατομμύριο πληθυσμού** (New Deaths/million)
- **Πολιτικές Εμβολιασμού** (Vaccination Policy)
- Μετακινήσεις από και προς **Λιανική & Αναψυχή** (Retail & Recreation)
- Μετακινήσεις από και προς **Παντοπωλεία & Φαρμακεία** (Grocery & Pharmacy)
- Μετακινήσεις από και προς **Πάρκα** (Parks)
- Μετακινήσεις από και προς **Σταθμούς Διέλευσης** (Transit Stations)
- Μετακινήσεις από και προς **Χώρους Εργασίας** (Workplaces)
- Μετακινήσεις από και προς **Κατοικίες** (Residential)

Απαραίτητο βήμα που προηγείται της διαδικασίας ανάπτυξης των στατιστικών μοντέλων, αποτελεί η εξέταση της συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 4.5, επιδιώκεται η μέγιστη δυνατή συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών και η ει δυνατόν μηδενική συσχέτιση μεταξύ ανεξάρτητων μεταβλητών. Πρακτικά, όταν η απόλυτη τιμή του δείκτη συσχέτισης κατά Pearson r είναι μικρότερη ή ίση του 0.5~0.6, οι μεταβλητές θεωρείται ότι έχουν μικρή συσχέτιση.

Με γνώμονα, λοιπόν, το δείκτη συσχέτισης κατά Pearson και βάσει των τριγωνικών χαρτών συσχέτισης μεγεθών για τα δεδομένα των χωρών, που παρουσιάστηκαν αναλυτικά στην ενότητα 4.5 (Γραφήματα 4.1 – 4.26), επιλέγεται για κάθε χώρα ο κατά το δυνατόν μεγαλύτερος αριθμός ανεξαρτήτων μεταβλητών που μπορούν να εισαχθούν στα μοντέλα (τύπου 1), ώστε να προβλέψουν τις εξαρτημένες. Οι επιλεγθείσες αυτές ανεξάρτητες μεταβλητές κάθε χώρας, επισημαίνονται τον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1: Επιλεγθείσες ανεξάρτητες μεταβλητές για κάθε χώρα

Χώρα	Επιλεγθείσες Ανεξάρτητες μεταβλητές									
	Κωδικός	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Αυστρία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Βέλγιο	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Βουλγαρία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Κροατία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Τσехία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Δανία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Εσθονία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Φινλανδία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Γαλλία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Γερμανία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Ελλάδα	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Ουγγαρία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Ιρλανδία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Ιταλία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Λετονία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Λιθουανία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Λουξεμβούργο	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Ολλανδία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Νορβηγία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Πολωνία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Πορτογαλία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Ρουμανία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Σλοβακία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Ισπανία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Σουηδία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential
Ελβετία	strig.index	cases	deaths	vaccination	retail.recreation	grocery.pharmacy	parks	transit_stations	workplaces	residential

Με γνώμονα τον Πίνακα 5.1, ακολούθησε η ανάπτυξη των στατιστικών μοντέλων, εισάγοντας στα μοντέλα κάθε χώρας τις επισημασμένες μεταβλητές: cases, vaccination, grocery.pharmacy και parks για την Αυστρία, cases, deaths, vaccination, grocery.pharmacy, parks και workplaces για το Βέλγιο, και ούτω καθεξής.

Αναλυτικότερα, μετά την εισαγωγή των στοιχείων στο προγραμματιστικό περιβάλλον RStudio και τη δημιουργία πινάκων δεδομένων που περιελάμβαναν τις μεταβλητές κάθε χώρας μελέτης, για κάθε χώρα πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός των δεδομένων σε «δεδομένα εκπαίδευσης» (train data), τα οποία ορίστηκαν ως το 75% των συνολικών δεδομένων, και σε «δεδομένα δοκιμής» (test data) το εναπομείναν ποσοστό των δεδομένων, ήτοι 25%. Εν συνεχεία, με αξιοποίηση ειδικών εντολών του προγράμματος, αναπτύχθηκαν τα ζητούμενα μοντέλα βασισμένα στα «δεδομένα εκπαίδευσης». Έπειτα, με χρήση των μοντέλων που αναπτύχθηκαν, πραγματοποιήθηκαν προβλέψεις για την Οδήγηση και το Βάδισμα και εξήχθησαν συγκριτικοί πίνακες των πραγματικών δεδομένων (Observations (test data)) με τις προβλέψεις των μοντέλων (predictions). Στον Πίνακα 5.2 επεξηγούνται οι ονομασίες και οι συμβολισμοί των μοντέλων και στον Πίνακα 5.3 παρατίθεται απόσπασμα του συγκριτικού πίνακα παρατηρήσεων και προβλέψεων για τα στοιχεία Οδήγησης της Αυστρίας.

Πίνακας 5.2: Ονομασίες και Συμβολισμοί μοντέλων

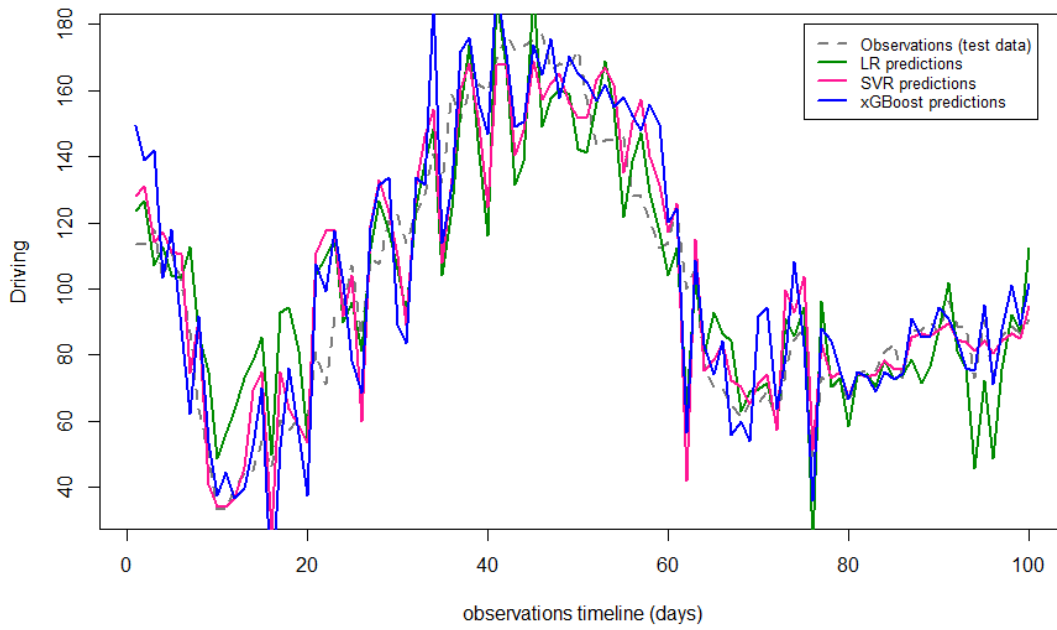
Όνομα μοντέλου (ελληνικά)	Όνομα μοντέλου (αγγλικά)	Συμβολισμός μοντέλου
Γραμμική Παλινδρόμηση	Linear Regression	LR
Παλινδρόμηση Διανυσμάτων Υποστήριξης	Support Vector Regression	SVR
Παλινδρόμηση XGBoost	XGBoost Regression	xGBoost

Πίνακας 5.3: Απόσπασμα συγκριτικού πίνακα παρατηρήσεων και προβλέψεων για τα στοιχεία Οδήγησης της Αυστρίας

	Observations (test data)	LR_predictions	SVR_predictions	xGBoost_predictions
2020-02-17	113.56	123.49	127.93	149.33
2020-02-18	113.49	126.44	130.86	138.88
2020-02-19	117.98	107.09	114.15	141.83
2020-03-02	103.21	112.78	117.07	103.30
2020-03-05	111.25	104.06	111.36	118.02
2020-03-09	102.15	103.40	110.64	87.69
2020-03-13	86.98	112.67	74.38	62.02
2020-03-14	64.33	86.14	90.99	91.66
2020-03-15	49.07	75.08	40.76	53.58
2020-03-23	33.29	48.87	34.13	37.53
2020-03-24	33.44	56.11	34.23	44.70
2020-04-01	39.62	63.39	36.73	36.75
2020-04-06	44.15	72.93	45.91	39.70
2020-04-10	45.09	78.21	69.44	52.63
2020-04-17	54.07	85.51	74.97	69.89
2020-04-19	45.82	49.78	26.76	7.01
2020-04-22	60.21	92.96	74.94	52.23
2020-04-26	57.18	94.38	63.83	76.03
2020-04-27	60.96	81.19	58.36	56.30
2020-05-01	61.20	54.84	53.58	37.65
2020-05-07	80.89	104.46	110.88	107.32
2020-05-09	71.17	109.62	117.47	99.11
2020-05-18	91.52	114.90	117.86	117.54
2020-05-26	94.31	89.89	91.74	101.82
2020-05-29	107.06	95.99	104.21	78.20
2020-05-31	85.66	81.13	60.01	68.41
2020-06-03	109.53	112.09	119.21	118.33
2020-06-06	107.45	126.70	132.82	131.45

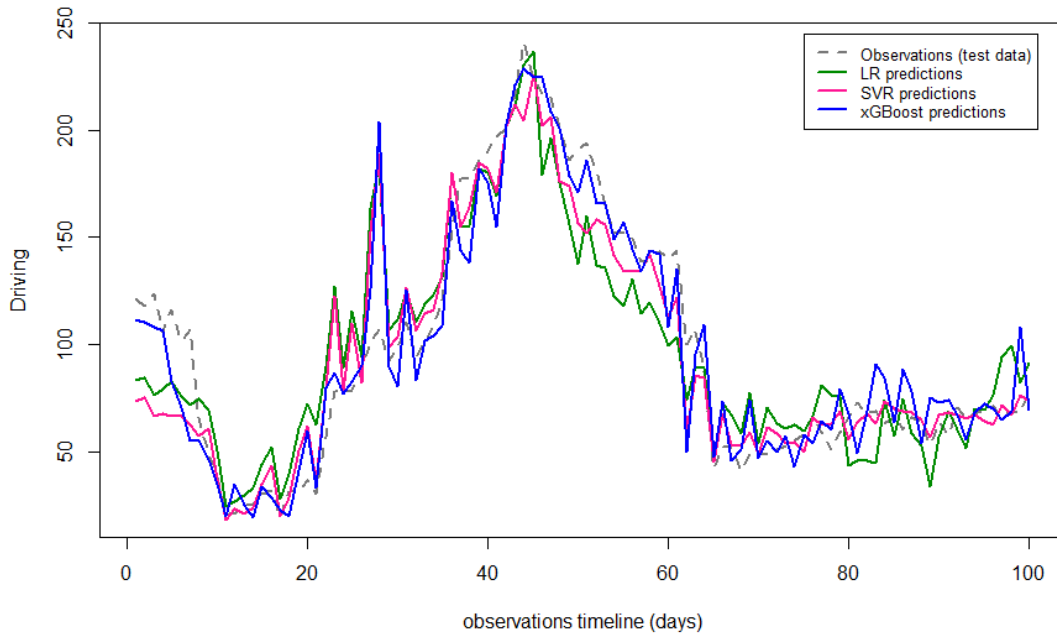
Επιπλέον, αποσκοπώντας στην βαθύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων, προβήκαμε σε οπτικοποίηση αυτών με τη βοήθεια συγκριτικών γραφημάτων των παρατηρήσεων και των προβλέψεων που προκύπτουν από τα 3 μοντέλα. Τα συγκριτικά γραφήματα παρατηρήσεων – προβλέψεων για τα στοιχεία οδήγησης της Αυστρίας και της Ελλάδας και για τα στοιχεία βαδίσματος της Γερμανίας και της Ιταλίας παρουσιάζονται στα Γραφήματα 5.2 – 5.5, ενώ τα διαγράμματα των στοιχείων όλων των χωρών επισυνάπτονται στο παράρτημα του παρόντος τεύχους.

Austria- Driving predictions VS observations

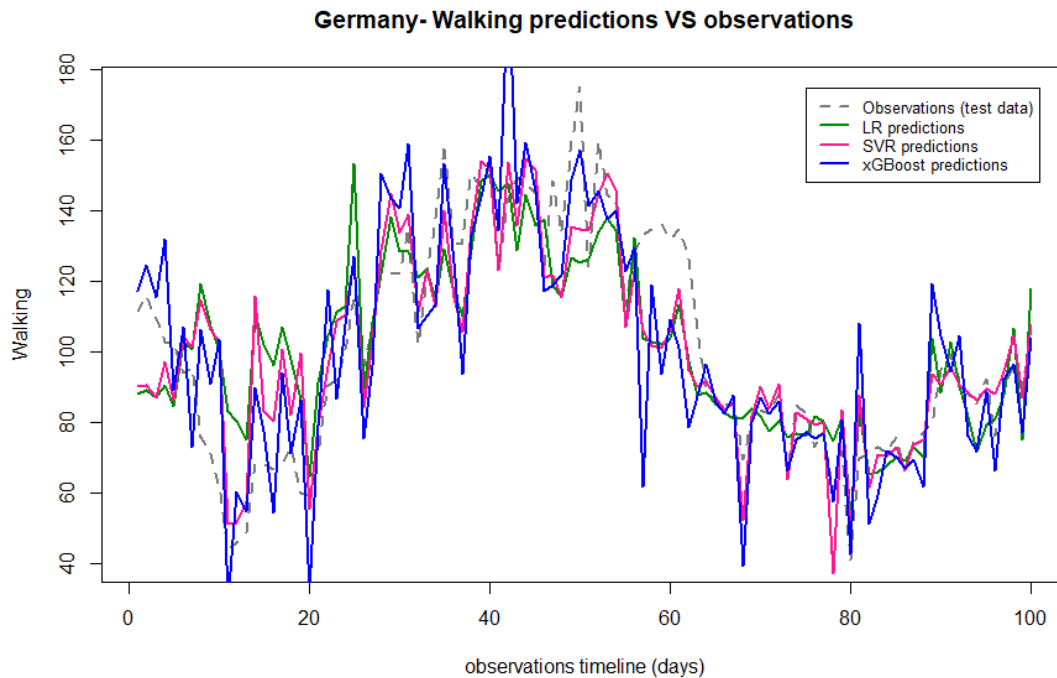


Γράφημα 5.2: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Αυστρίας

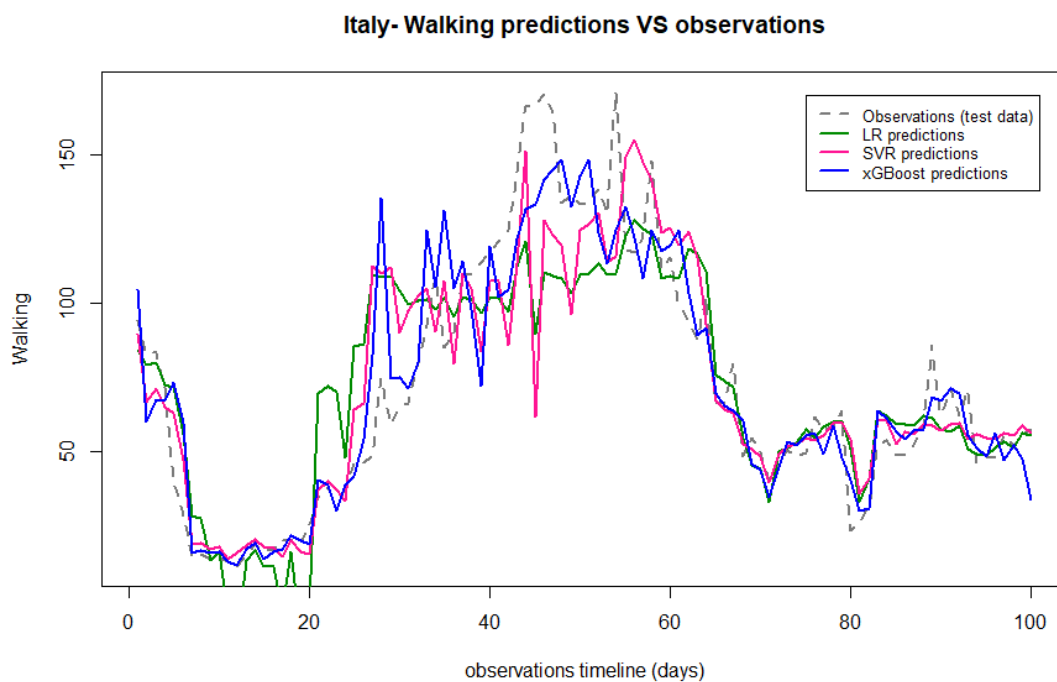
Greece- Driving predictions VS observations



Γράφημα 5.3: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ελλάδας



Γράφημα 5.4: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Γερμανίας

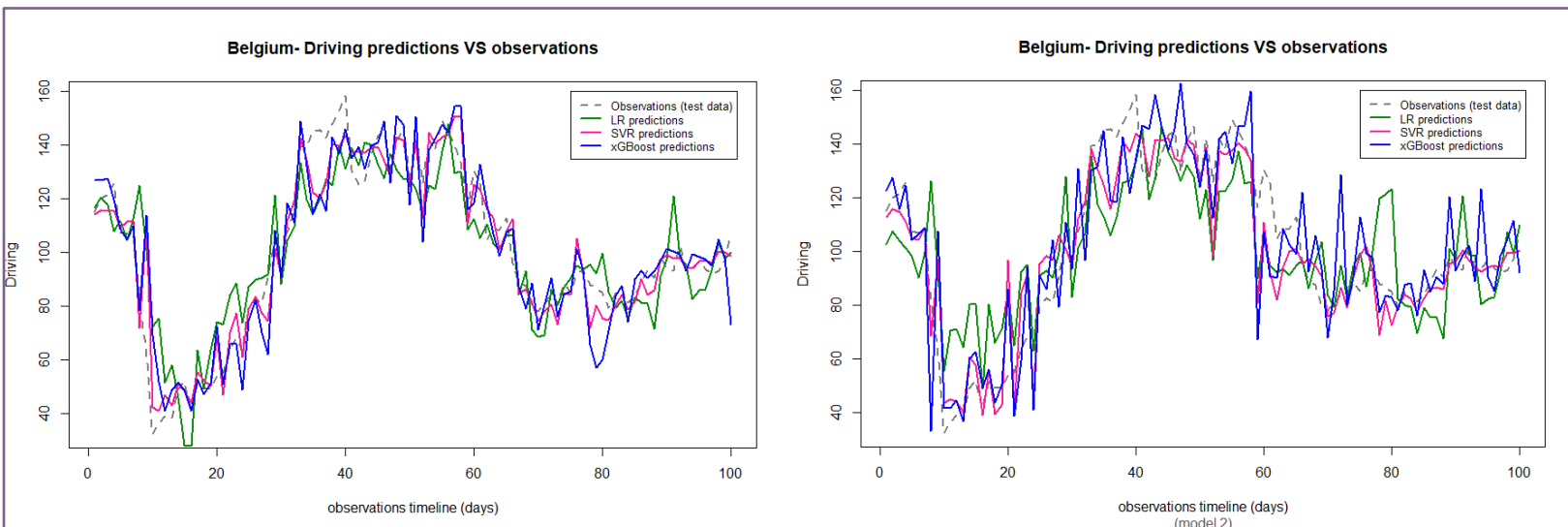


Γράφημα 5.5: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ιταλίας

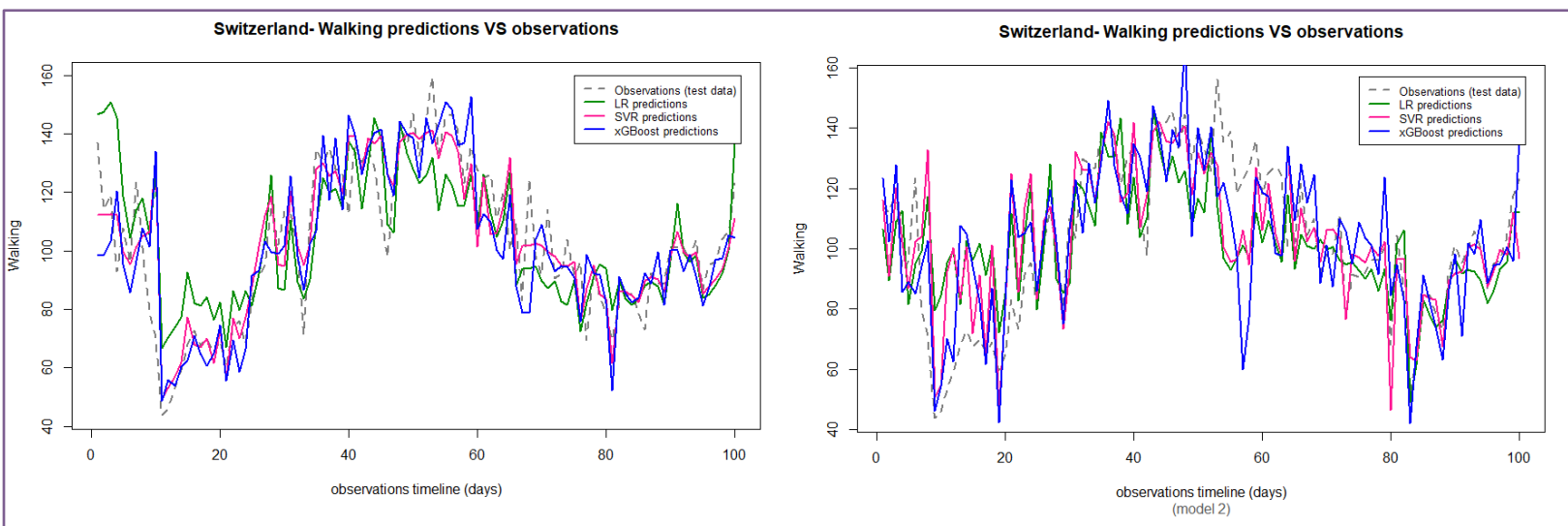
Βάσει του Πίνακα 5.1, προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι εξαρτημένες μεταβλητές της πλειοψηφίας των κρατών μπορούν να εξηγηθούν με χρήση των ανεξαρτήτων μεταβλητών: *cases*, *vaccination*, *grocery*, *pharmacy* και *parks*. Έτσι, πραγματοποιήθηκε προσπάθεια ανάπτυξης **ενός κοινού**

μοντέλου (τύπου 2) **για όλες τις προς μελέτη χώρες**, εισάγοντας ως ανεξάρτητες μεταβλητές τα Νέα κρούσματα/εκατομμύριο πληθυσμού, τις Πολιτικές Εμβολιασμού, τις Μετακινήσεις από και προς Παντοπωλεία & Φαρμακεία και Πάρκα.

Παρακάτω (Γραφήματα 5.6 – 5.7), παρατίθενται τα διαγράμματα του 1^{ου} μοντέλου (χρήση κατά το δυνατόν περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών) και του 2^{ου} μοντέλου (χρήση των ανεξαρτήτων μεταβλητών: cases, vaccination, grocery.pharmacy και parks) για τα στοιχεία οδήγησης του Βελγίου και βαδίσματος της Ελβετίας, με σκοπό την οπτικοποίηση της σύγκρισης της αποτελεσματικότητάς τους.



Γράφημα 5.6: Παρατηρήσεις - προβλέψεις με το 1^ο μοντέλο (αριστερά) και με το 2^ο μοντέλο (δεξιά) στοιχείων οδήγησης του Βελγίου



Γράφημα 5.7: Παρατηρήσεις - προβλέψεις με το 1^ο μοντέλο (αριστερά) και με το 2^ο μοντέλο (δεξιά) στοιχείων βαδίσματος της Ελβετίας

Εν συνεχεία, ακολουθήσε η **ομαδοποίηση των χωρών** με χρήση του αλγορίθμου k-μέσων (**k-means clustering**) και με βάση την εφαρμογή των περιοριστικών μέτρων:

- C1: Κλείσιμο σχολείων και πανεπιστημίων
- C6: Υποχρεωτική κατ' οίκον παραμονή

Αναλυτικότερα, με βάση τον Πίνακα 4.8, παράχθηκε πίνακας αρχείου Microsoft Excel δυαδικής μορφής, όπου την τιμή 0 πήραν όλες οι ημερομηνίες μη ισχύος μέτρων ή ισχύος απλής σύστασης, και την τιμή 1 όλες οι ημερομηνίες υποχρεωτικής ισχύος του εκάστοτε μέτρου. Απόσπασμα του πίνακα αυτού παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.4.

Πίνακας 5.4: Απόσπασμα δυαδικού πίνακα ισχύος μέτρων C1 και C6

Date	AUT: C1	AUT: C6	BEL: C1	BEL: C6	BGR: C1	BGR: C6	HRV: C1	HRV: C6	CZE: C1	CZE: C6
15-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29-02-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-03-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-03-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-03-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-03-20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
06-03-20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
07-03-20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
08-03-20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
09-03-20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10-03-20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
11-03-20	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
12-03-20	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
13-03-20	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
14-03-20	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
15-03-20	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1
16-03-20	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
17-03-20	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
18-03-20	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
19-03-20	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
20-03-20	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
21-03-20	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
22-03-20	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
23-03-20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24-03-20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25-03-20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Έπειτα, ο πίνακας αυτός εισήχθη στο προγραμματιστικό περιβάλλον RStudio και με χρήση βασικών εντολών του προγράμματος, πραγματοποιήθηκε υπολογισμός της διάρκειας ισχύος σε ημέρες καθενός εκ των δύο μέτρων, σε κάθε χώρα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 5.5.

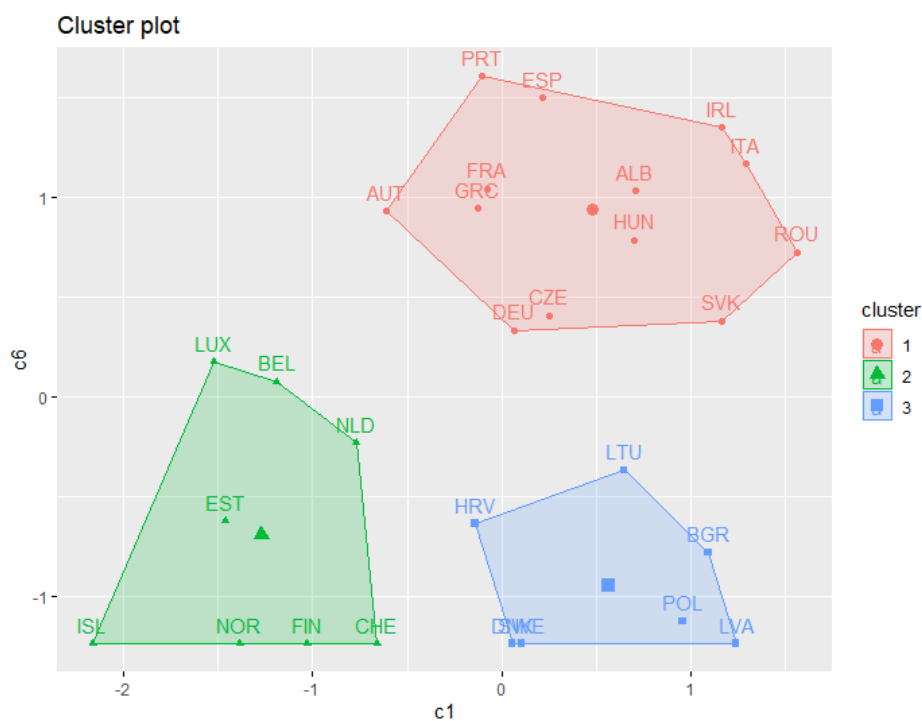
Πίνακας 5.5: Διάρκεια ισχύος μέτρων C1 και C6 σε κάθε χώρα (ημέρες)

	AUT	BEL	BGR	HRV	CZE	DNK	EST	FIN	FRA	DEU	GRC	HUN	IRL	ITA	LVA	LTU	LUX	NLD	NOR	POL	PRT	ROU	SVK	ESP	SWE	CHE
C1 duration	175	128	313	213	245	229	106	141	218	230	214	281	319	329	325	277	101	162	112	302	216	351	319	242	233	171
C6 duration	177	107	37	49	134	0	50	0	186	128	178	165	211	196	0	71	115	82	0	9	232	160	132	223	0	0

Ακολούθησε ο εντοπισμός του βέλτιστου αριθμού συστάδων με χρήση του εργαλείου factoextra (Elbow Method) της RStudio, ήτοι **3 συστάδες** και πραγματοποιήθηκε η ομαδοποίηση με χρήση του εργαλείου cluster. Στον Πίνακα 5.6 και στο Γράφημα 5.8 παρουσιάζονται οι ομάδες που δημιουργήθηκαν.

Πίνακας 5.6: Ομάδες χωρών που προέκυψαν από την ομαδοποίηση με βάση τη διάρκεια ισχύος μέτρων C1 και C6

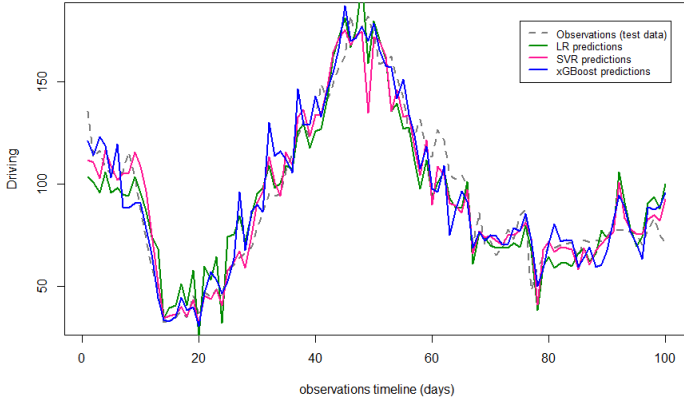
Ομάδα 1η - Χώρες με μεγάλη διάρκεια ισχύος περιοριστικών μέτρων											
Αυστρία	Τσεχία	Γαλλία	Γερμανία	Ελλάδα	Ουγγαρία	Ιρλανδία	Ιταλία	Πορτογαλία	Ρουμανία	Σλοβακία	Ισπανία
AUT	CZE	FRA	DEU	GRC	HUN	IRL	ITA	PRT	ROU	SVK	ESP
Ομάδα 2η - Χώρες με μικρή διάρκεια ισχύος περιοριστικών μέτρων											
	Βέλγιο	Εσθονία	Φινλανδία	Λουξεμβούργος	Ολλανδία	Νορβηγία	Ελβετία				
	BEL	EST	FIN	LUX	NLD	NOR	CHE				
Ομάδα 3η - Χώρες με μέτρια διάρκεια ισχύος περιοριστικών μέτρων											
	Βουλγαρία	Κροατία	Δανία	Λετονία	Λιθουανία	Πολωνία	Σουηδία				
	BGR	HRV	DNK	LVA	LTU	POL	SWE				



Γράφημα 5.8: Ομαδοποίηση των χωρών ανάλογα με τη διάρκεια ισχύος μέτρων C1 και C6

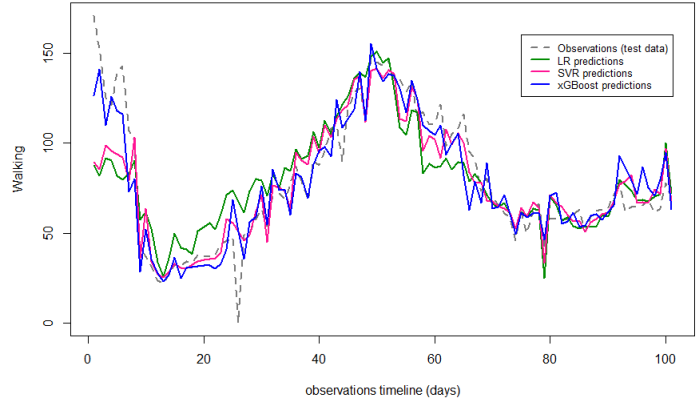
Επόμενο βήμα αποτέλεσε η εφαρμογή των μοντέλων τύπου 1 (δηλαδή με χρήση των ανεξαρτήτων μεταβλητών που επιτρέπουν οι συντελεστές συσχέτισης να εισαχθούν στο μοντέλο) για πρόβλεψη στοιχείων καθεμίας από τις 3 ομάδες που προέκυψαν, αλλά και συνολικών μέσων τιμών, όλων των χωρών. Τα αποτελέσματα οπτικοποιούνται μέσω των Γραφημάτων 5.9 – 5.16.

Cluster 1- Driving predictions VS observations



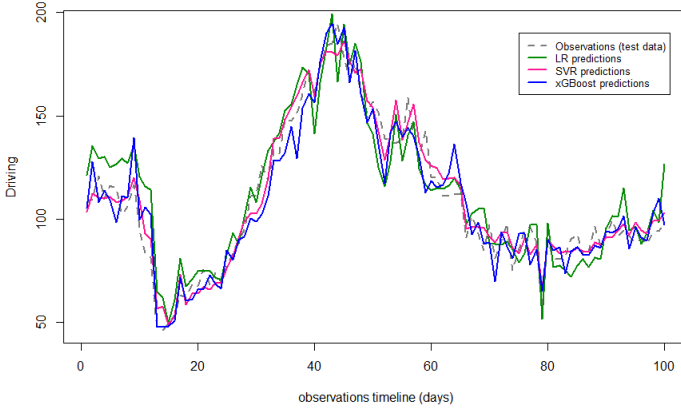
Γράφημα 5.9: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης 1ης ομάδας

Cluster 1- Walking predictions VS observations



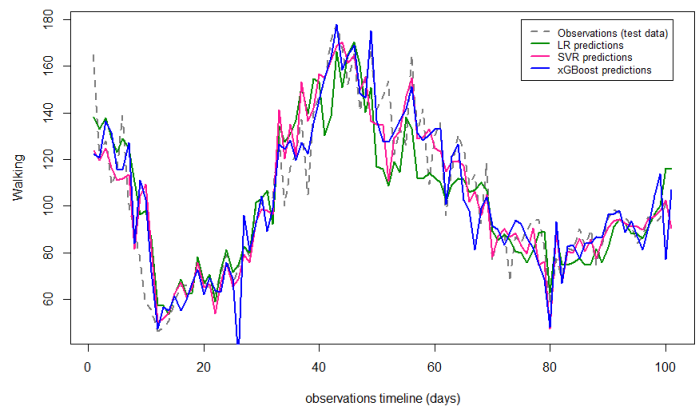
Γράφημα 5.10: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος 1ης ομάδας

Cluster 2- Driving predictions VS observations



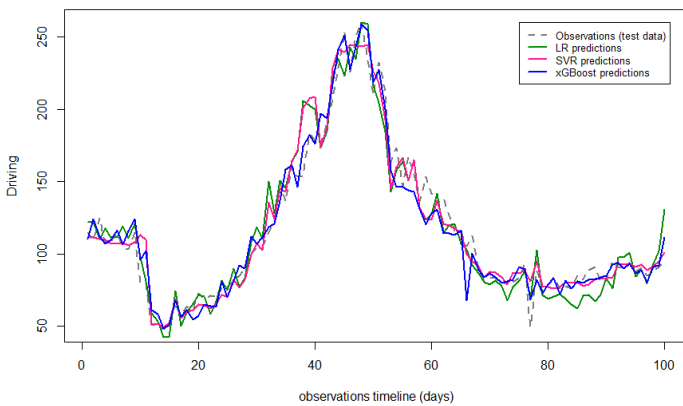
Γράφημα 5.11: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης 2ης ομάδας

Cluster 2- Walking predictions VS observations



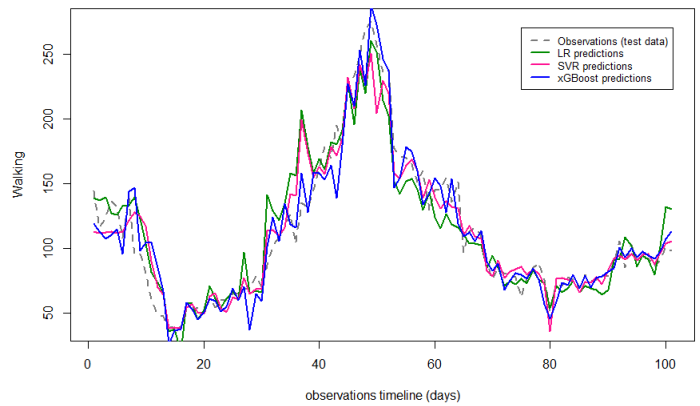
Γράφημα 5.12: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος 2ης ομάδας

Cluster 3- Driving predictions VS observations



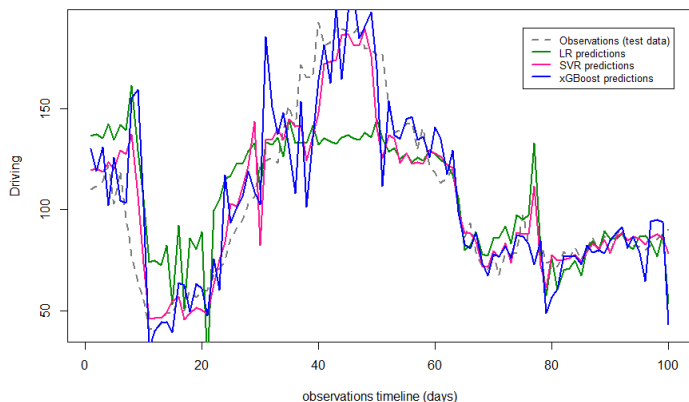
Γράφημα 5.13: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης 3ης ομάδας

Cluster 3- Walking predictions VS observations



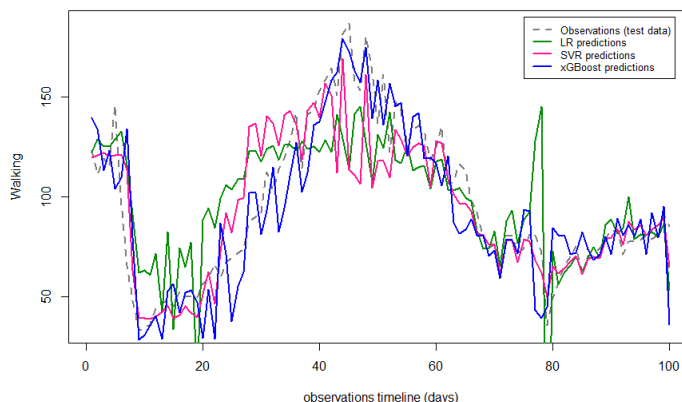
Γράφημα 5.14: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος 3ης ομάδας

Mean overall- Driving predictions VS observations



Γράφημα 5.15: Παρατηρήσεις - προβλέψεις μέσω συνολικών στοιχείων οδήγησης όλων των χωρών

Mean overall- Walking predictions VS observations



Γράφημα 5.16: Παρατηρήσεις - προβλέψεις μέσω συνολικών στοιχείων βαδίσματος όλων των χωρών

5.3. Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

Την εφαρμογή μεθοδολογίας διαδέχθηκε η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, μέσω της εφαρμογής των κριτηρίων αποδοχής των μοντέλων, τα οποία περιγράφηκαν εκτενώς στην Ενότητα 3.4. Πιο συγκεκριμένα, με χρήση εξειδικευμένων εντολών του προγράμματος, υπολογίσθηκαν τόσο τα σφάλματα, όσο και ο συντελεστής προσδιορισμού για τα μοντέλα τύπου 1 (χρήση κατά το δυνατόν περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών) και τύπου 2 (χρήση των ανεξαρτήτων μεταβλητών: cases, vaccination, grocery, pharmacy και parks) και βάσει αυτών, προσδιορίσθηκε το μοντέλο παλινδρόμησης (LR, SVR ή xGBoost) που περιγράφει βέλτιστα τις εξαρτημένες μεταβλητές. Στους Πίνακες 5.8 – 5.13 παρατίθενται αποσπάσματα των αποτελεσμάτων και επισημαίνονται τα μοντέλα που κρίθηκαν βέλτιστα, ενώ ολόκληροι οι πίνακες επισυνάπτονται στο Παράρτημα του παρόντος τεύχους.

Πίνακας 5.7: Απόσπασμα αρχείου σφαλμάτων των χωρών για τα στοιχεία Οδήγησης – Μοντέλο 1^ο

Driving (model 1)	error type	AUT	BEL	BGR	HRV	CZE	DNK	EST	FIN	FRA	DEU	GRC	HUN	IRL	ITA
LR	RMSE	18.22	14.51	21.12	36.27	20.28	19.53	29.49	13.65	16.05	19.21	24.78	14.74	21.50	32.25
	MAE	14.54	11.19	16.55	25.09	15.22	15.42	22.06	10.32	11.83	14.40	20.42	12.14	17.79	23.95
	MAPE	17.35%	13.94%	18.88%	22.35%	17.36%	13.93%	19.28%	8.30%	14.10%	17.09%	25.90%	12.91%	26.63%	31.10%
	R ²	0.78	0.79	0.79	0.93	0.77	0.66	0.75	0.87	0.86	0.62	0.81	0.84	0.68	0.62
SVR	RMSE	15.58	9.21	15.82	30.68	17.50	13.22	21.35	9.24	12.01	18.14	20.96	9.71	14.22	21.71
	MAE	11.35	6.50	10.52	16.19	11.06	8.81	15.23	7.25	8.29	12.00	14.29	7.10	10.18	15.77
	MAPE	11.97%	7.19%	11.43%	10.94%	12.10%	7.88%	12.81%	5.75%	10.15%	13.51%	15.89%	7.18%	14.22%	17.72%
	R ²	0.84	0.91	0.89	0.95	0.83	0.85	0.87	0.94	0.92	0.67	0.86	0.92	0.87	0.81
xGBoost	RMSE	17.26	12.51	17.43	27.42	16.10	13.53	28.96	13.29	13.37	20.23	18.79	12.66	14.60	16.40
	MAE	13.41	8.54	10.73	15.69	11.30	9.29	20.30	10.18	8.94	14.74	12.30	9.14	10.13	10.97
	MAPE	14.67%	9.96%	10.56%	10.35%	12.39%	8.39%	16.11%	8.58%	11.06%	16.21%	15.78%	9.51%	14.12%	12.66%
	R ²	0.84	0.84	0.86	0.96	0.85	0.84	0.78	0.90	0.90	0.65	0.89	0.88	0.85	0.89

Πίνακας 5.8: Απόσπασμα αρχείου σφαλμάτων των χωρών για τα στοιχεία Βαδίσματος – Μοντέλο 1^ο

Walking (model 1)	error type	AUT	BEL	BGR	HRV	CZE	DNK	EST	FIN	FRA	DEU	GRC	HUN	IRL	ITA
LR	RMSE	18.36	19.98	22.22	40.49	23.62	19.19	34.77	14.90	15.08	19.54	38.08	14.04	20.22	23.27
	MAE	14.25	15.04	18.02	28.44	17.09	14.65	24.14	9.97	11.56	15.34	29.92	11.25	13.31	16.78
	MAPE	20.04%	16.23%	22.01%	26.00%	27.93%	14.07%	20.48%	9.70%	20.58%	17.23%	33.81%	18.19%	24.17%	31.97%
	R ²	0.70	0.62	0.75	0.95	0.56	0.63	0.66	0.73	0.77	0.60	0.61	0.82	0.62	0.70
SVR	RMSE	14.99	16.62	18.88	35.90	19.38	11.43	26.93	8.74	9.95	16.46	26.72	11.39	15.78	21.45
	MAE	10.58	11.24	12.43	21.74	12.42	8.61	19.98	7.01	6.76	11.96	18.78	7.54	9.42	13.96
	MAPE	12.84%	11.42%	13.26%	13.74%	19.44%	7.44%	16.98%	7.07%	11.54%	12.81%	19.85%	11.79%	16.69%	20.33%
	R ²	0.80	0.74	0.82	0.96	0.69	0.87	0.80	0.90	0.90	0.72	0.81	0.88	0.78	0.74
xGBoost	RMSE	14.41	18.77	13.94	40.51	13.61	14.30	29.11	10.24	11.86	19.48	23.39	15.27	15.55	16.22
	MAE	10.75	12.99	10.87	23.01	9.89	11.01	21.68	6.82	7.92	14.11	16.59	10.33	9.26	11.07
	MAPE	15.33%	13.16%	12.06%	15.81%	16.11%	10.33%	18.54%	6.94%	14.23%	14.87%	18.94%	14.49%	14.67%	15.83%
	R ²	0.83	0.69	0.91	0.95	0.85	0.81	0.77	0.87	0.86	0.66	0.86	0.78	0.77	0.85

Πίνακας 5.9: Απόσπασμα αρχείου σφαλμάτων των χωρών για τα στοιχεία Οδήγησης – Μοντέλο 2^ο

Driving (model 2)	error type	AUT	BEL	BGR	HRV	CZE	DNK	EST	FIN	FRA	DEU	GRC	HUN	IRL	ITA
LR	RMSE	18.22	19.02	20.92	36.87	20.25	21.73	29.75	16.87	18.43	19.21	24.78	15.24	24.63	18.44
	MAE	14.54	15.80	16.67	25.95	15.26	16.68	23.02	13.25	13.72	14.40	20.42	12.47	20.94	13.05
	MAPE	17.35%	18.99%	19.37%	23.53%	17.85%	15.86%	20.11%	11.39%	17.60%	17.09%	25.90%	13.67%	31.35%	16.42%
	R ²	0.78	0.63	0.80	0.92	0.76	0.58	0.74	0.81	0.82	0.62	0.81	0.82	0.58	0.87
SVR	RMSE	15.58	12.48	17.03	34.89	16.55	20.25	20.44	12.60	11.35	18.14	20.96	10.17	17.12	15.81
	MAE	11.35	8.96	11.52	19.76	10.56	13.46	14.81	9.76	8.17	12.00	14.29	7.33	12.56	10.20
	MAPE	11.97%	10.32%	12.01%	14.78%	11.59%	12.91%	11.74%	7.98%	9.80%	13.51%	15.89%	7.22%	16.72%	12.77%
	R ²	0.84	0.84	0.87	0.94	0.85	0.64	0.88	0.90	0.93	0.67	0.86	0.92	0.81	0.90
xGBoost	RMSE	17.26	16.70	17.24	31.87	17.53	20.08	30.36	17.75	12.49	20.23	18.79	14.50	17.13	16.27
	MAE	13.41	12.07	12.46	18.77	12.31	14.36	20.33	13.61	8.94	14.74	12.30	10.39	12.50	10.34
	MAPE	14.67%	13.20%	13.07%	14.02%	13.34%	12.66%	16.09%	11.28%	11.67%	16.21%	15.78%	10.54%	16.26%	13.82%
	R ²	0.84	0.73	0.86	0.95	0.83	0.66	0.75	0.81	0.92	0.65	0.89	0.85	0.80	0.90

Πίνακας 5.10: Απόσπασμα αρχείου σφαλμάτων των χωρών για τα στοιχεία Βαδίσματος – Μοντέλο 2^ο

Walking (model 2)	error type	AUT	BEL	BGR	HRV	CZE	DNK	EST	FIN	FRA	DEU	GRC	HUN	IRL	ITA
LR	RMSE	18.36	24.73	22.15	42.61	23.84	21.20	40.32	17.24	17.72	19.54	38.08	24.70	26.14	17.08
	MAE	14.25	20.17	17.96	30.64	16.39	16.73	30.13	12.72	14.24	15.34	29.92	16.68	17.87	13.31
	MAPE	20.04%	21.34%	21.90%	27.78%	26.88%	16.57%	25.18%	12.95%	28.18%	17.23%	33.81%	27.95%	33.72%	24.73%
	R ²	0.70	0.42	0.76	0.95	0.54	0.54	0.55	0.62	0.69	0.60	0.61	0.44	0.36	0.84
SVR	RMSE	14.99	22.44	19.32	64.22	22.22	18.07	32.58	10.11	10.96	16.46	26.72	22.00	23.84	17.31
	MAE	10.58	15.81	12.98	27.88	13.57	13.36	21.64	8.00	7.87	11.96	18.78	12.94	12.88	10.13
	MAPE	12.84%	15.02%	13.78%	17.89%	19.86%	12.67%	15.83%	8.00%	12.38%	12.81%	19.85%	19.63%	19.39%	14.86%
	R ²	0.80	0.54	0.81	0.89	0.60	0.66	0.71	0.87	0.88	0.72	0.81	0.55	0.48	0.83
xGBoost	RMSE	14.41	24.04	17.38	41.57	14.76	22.55	30.26	15.32	12.05	19.48	23.39	17.15	19.08	16.31
	MAE	10.75	18.21	12.96	25.27	10.17	16.77	20.97	10.81	8.96	14.11	16.59	11.38	10.28	10.94
	MAPE	15.33%	18.17%	13.60%	18.95%	16.13%	16.08%	16.58%	10.53%	13.89%	14.87%	18.94%	19.31%	16.26%	17.79%
	R ²	0.83	0.55	0.86	0.95	0.82	0.51	0.75	0.72	0.87	0.66	0.86	0.75	0.66	0.85

Πίνακας 5.11: Σφάλματα ομάδων και μέσων συνολικών στοιχείων Οδήγησης

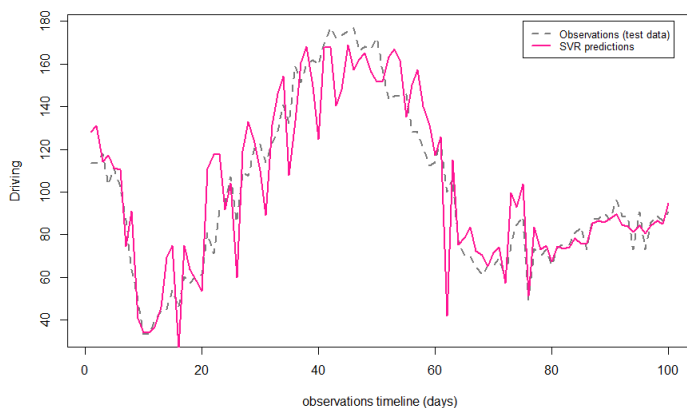
Driving (model 1)	error type	Mean overall	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
LR	RMSE	28.02	13.37	13.08	14.13
	MAE	21.36	11.00	10.42	10.84
	MAPE	22.88%	13.40%	10.19%	9.91%
	R ²	0.54	0.88	0.87	0.93
SVR	RMSE	16.35	11.48	7.28	12.16
	MAE	10.82	8.07	5.91	8.35
	MAPE	10.67%	8.72%	5.83%	7.28%
	R ²	0.84	0.91	0.96	0.95
xGBoost	RMSE	21.74	12.07	10.04	10.54
	MAE	13.67	9.04	7.62	7.27
	MAPE	14.22%	10.38%	7.20%	6.77%
	R ²	0.74	0.90	0.91	0.96

Πίνακας 5.12: Σφάλματα ομάδων και μέσων συνολικών στοιχείων Βαδίσματος

Walking (model 1)	error type	Mean overall	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
LR	RMSE	26.79	21.21	15.04	20.31
	MAE	19.82	14.88	11.61	15.09
	MAPE	26.07%	15.02%	11.30%	14.40%
	R ²	0.52	0.65	0.78	0.86
SVR	RMSE	19.14	16.97	12.77	16.75
	MAE	12.85	10.36	8.53	11.50
	MAPE	13.60%	10.14%	8.70%	10.61%
	R ²	0.75	0.78	0.84	0.91
xGBoost	RMSE	18.54	13.12	13.71	16.02
	MAE	13.75	9.36	9.97	11.27
	MAPE	16.33%	9.82%	10.49%	11.35%
	R ²	0.78	0.87	0.82	0.91

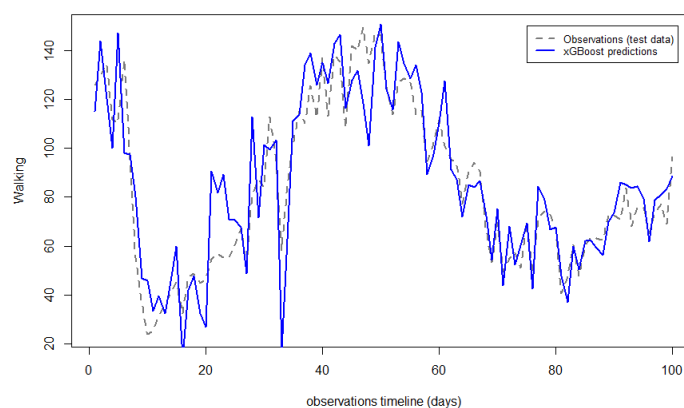
Επιπλέον, σχηματίστηκαν γραφήματα που αντικατοπτρίζουν τις προβλέψεις των βέλτιστων μοντέλων συγκριτικά με τα παρατηρηθέντα στοιχεία. Παρακάτω (Γραφήματα 5.17 – 5.76) παρατίθενται αναλυτικά τα γραφήματα αυτά για το μοντέλο τύπου 1 και μερικά ενδεικτικά (Γραφήματα 5.77 – 5.80) για το μοντέλο τύπου 2.

Austria- Driving predictions VS observations: Best fitted model

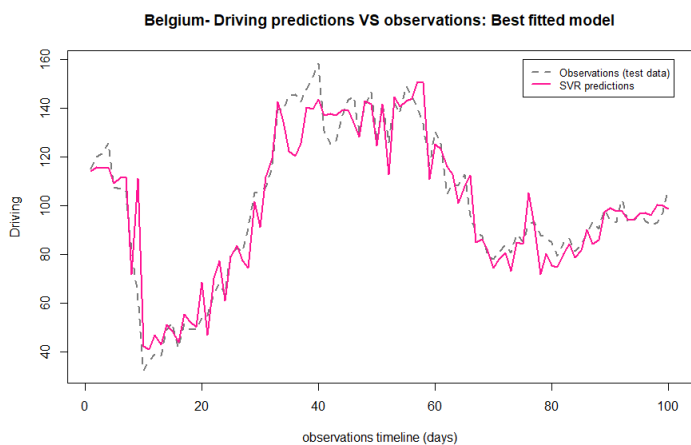


Γράφημα 5.17: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Αυστρίας: Βέλτιστο μοντέλο

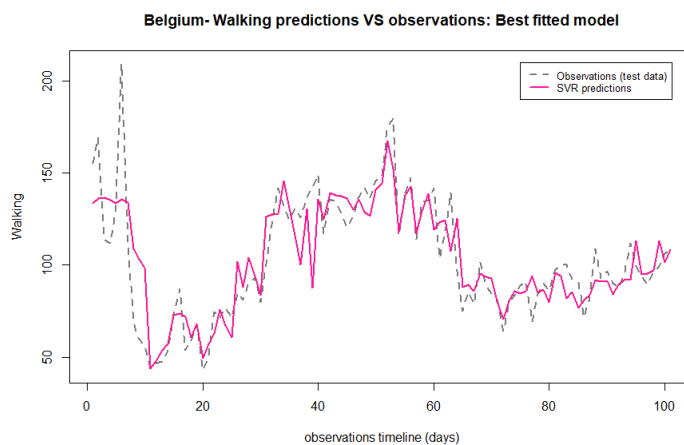
Austria- Walking predictions VS observations: Best fitted model



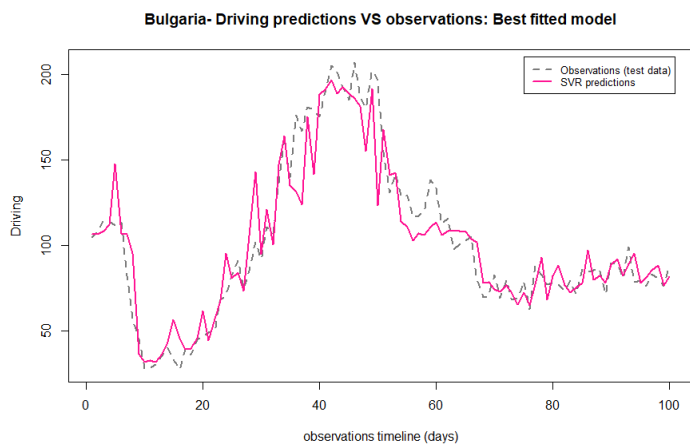
Γράφημα 5.18: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Αυστρίας: Βέλτιστο μοντέλο



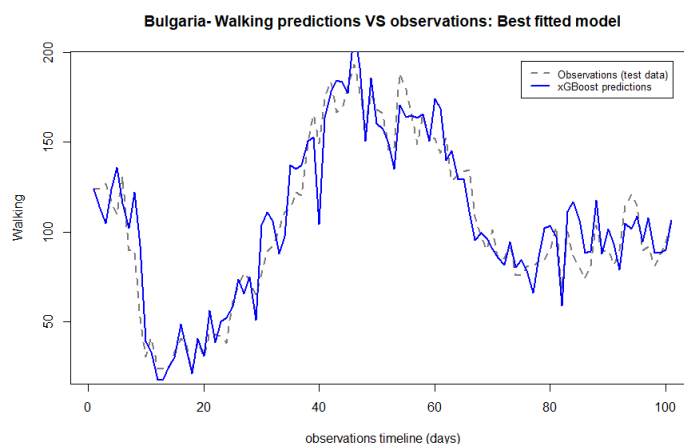
Γράφημα 5.19: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης του Βελγίου: Βέλτιστο μοντέλο



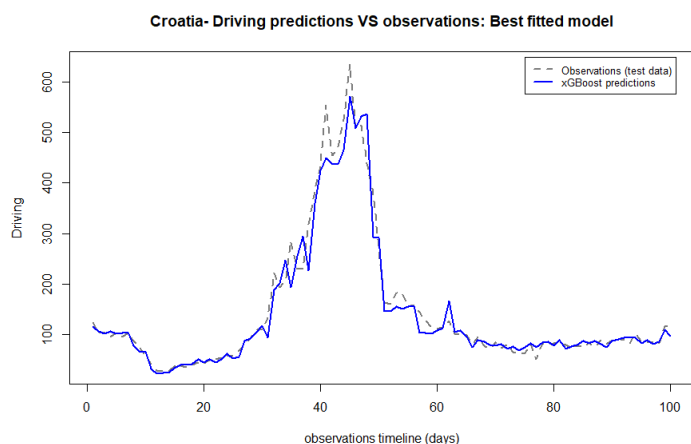
Γράφημα 5.20: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος του Βελγίου: Βέλτιστο μοντέλο



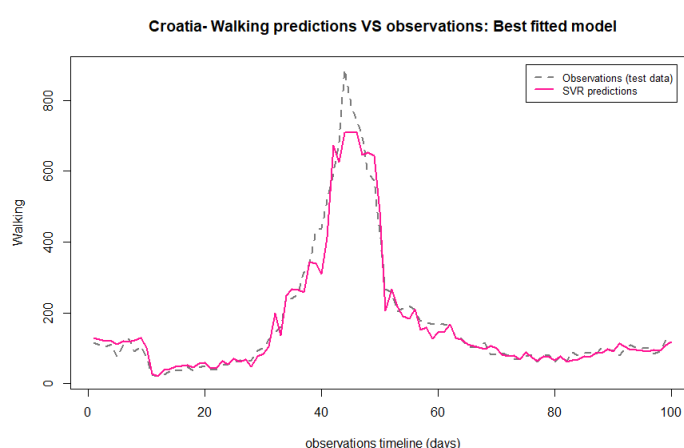
Γράφημα 5.21: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Βουλγαρίας: Βέλτιστο μοντέλο



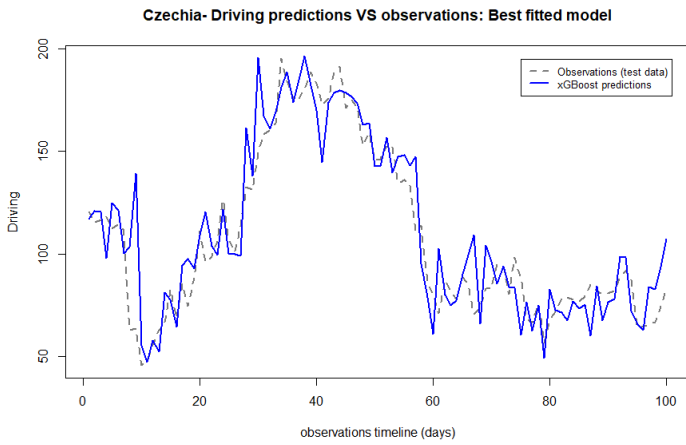
Γράφημα 5.22: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Βουλγαρίας: Βέλτιστο μοντέλο



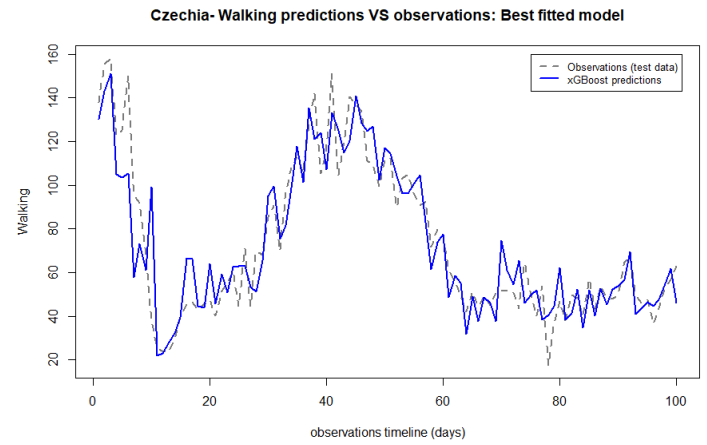
Γράφημα 5.23: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Κροατίας: Βέλτιστο μοντέλο



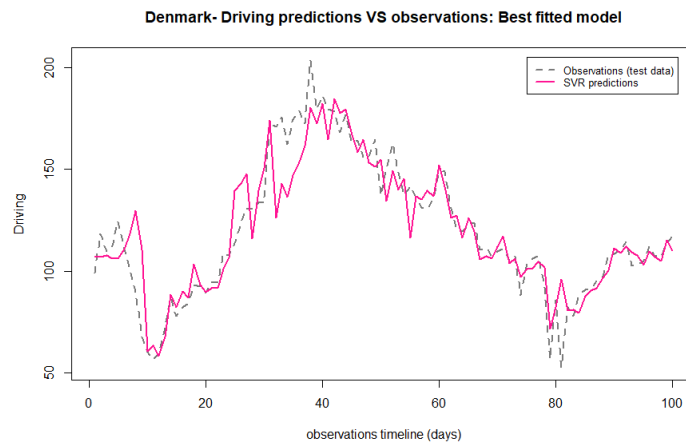
Γράφημα 5.24: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Κροατίας: Βέλτιστο μοντέλο



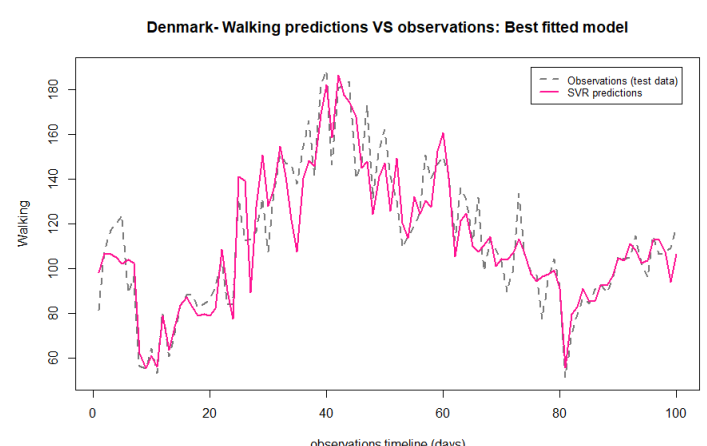
Γράφημα 5.25: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Τσεχίας: Βέλτιστο μοντέλο



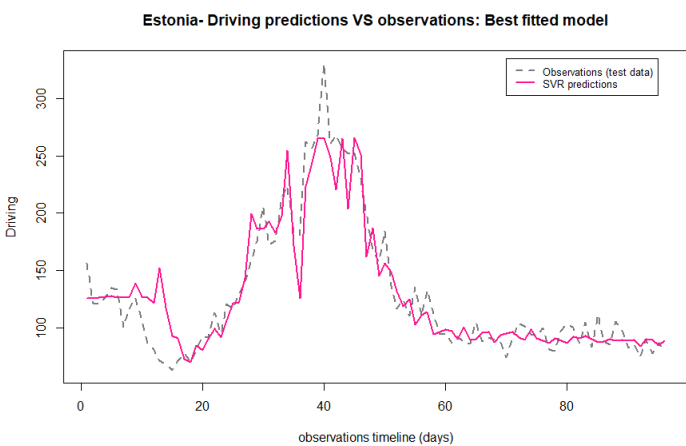
Γράφημα 5.26: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Τσεχίας: Βέλτιστο μοντέλο



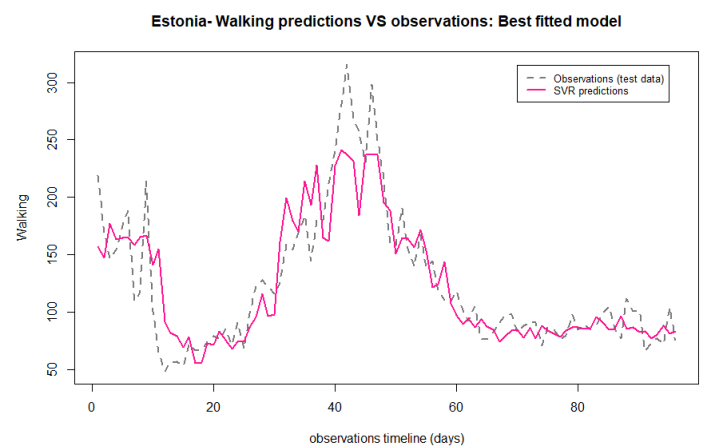
Γράφημα 5.27: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Δανίας: Βέλτιστο μοντέλο



Γράφημα 5.28: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Δανίας: Βέλτιστο μοντέλο

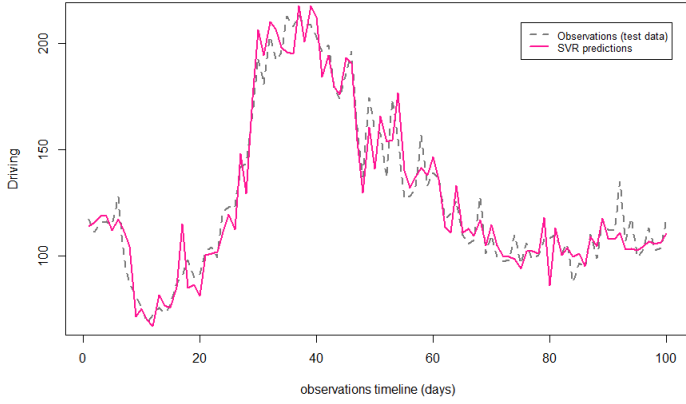


Γράφημα 5.29: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Εσθονίας: Βέλτιστο μοντέλο



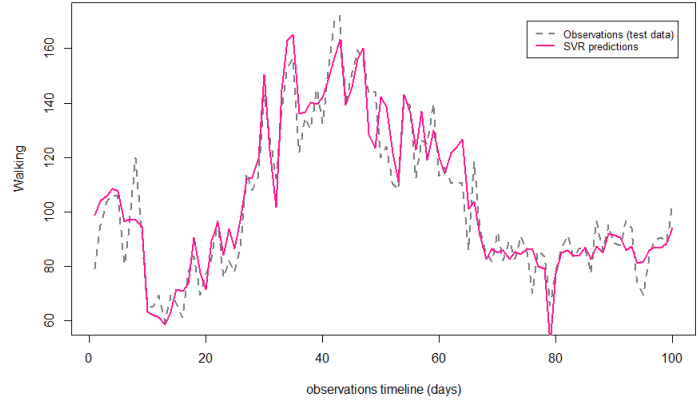
Γράφημα 5.30: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Εσθονίας: Βέλτιστο μοντέλο

Finland- Driving predictions VS observations: Best fitted model



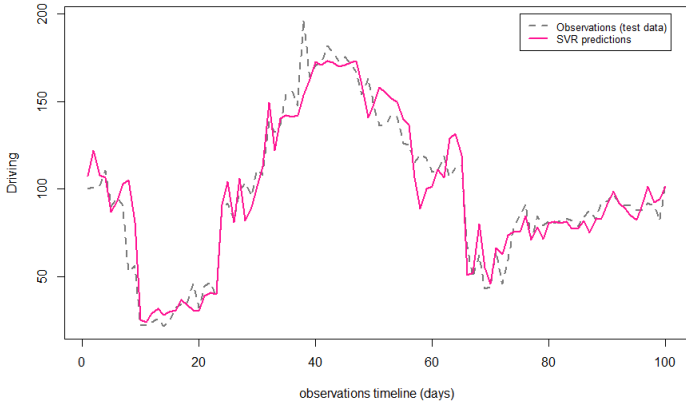
Γράφημα 5.31: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Φινλανδίας: Βέλτιστο μοντέλο

Finland- Walking predictions VS observations: Best fitted model



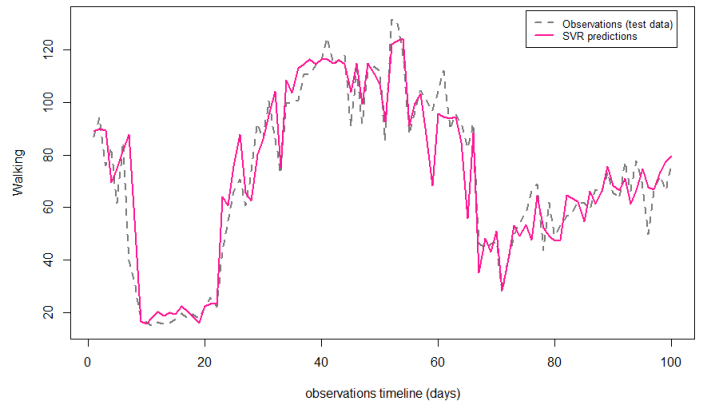
Γράφημα 5.32: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Φινλανδίας: Βέλτιστο μοντέλο

France- Driving predictions VS observations: Best fitted model



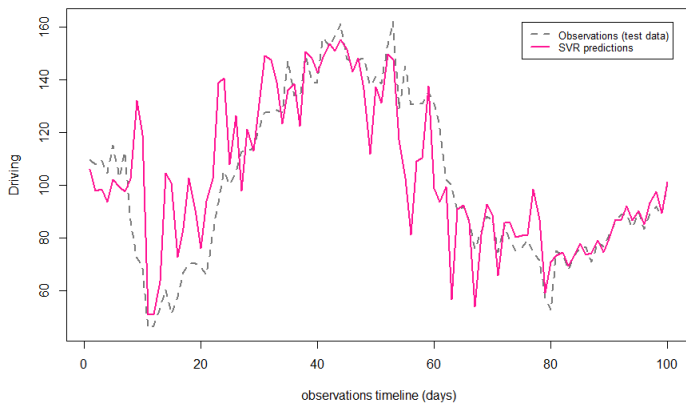
Γράφημα 5.33: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Γαλλίας: Βέλτιστο μοντέλο

France- Walking predictions VS observations: Best fitted model



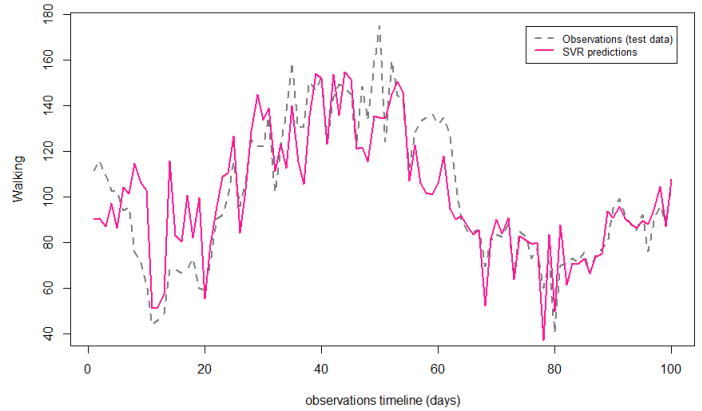
Γράφημα 5.34: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Γαλλίας: Βέλτιστο μοντέλο

Germany- Driving predictions VS observations: Best fitted model

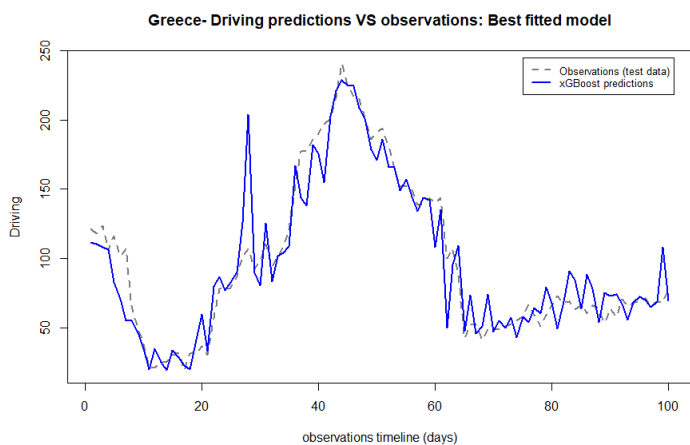


Γράφημα 5.35: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Γερμανίας: Βέλτιστο μοντέλο

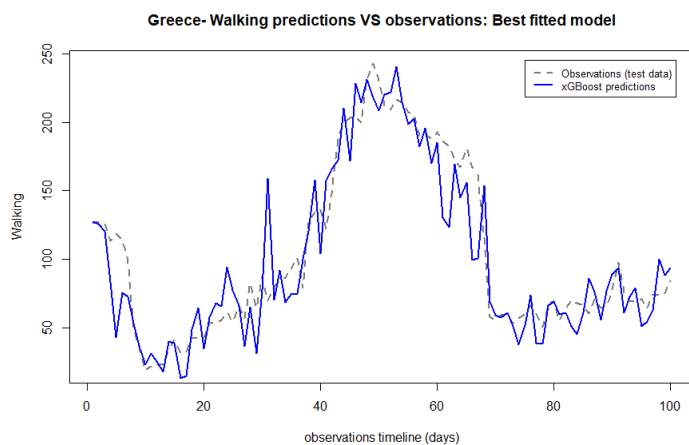
Germany- Walking predictions VS observations: Best fitted model



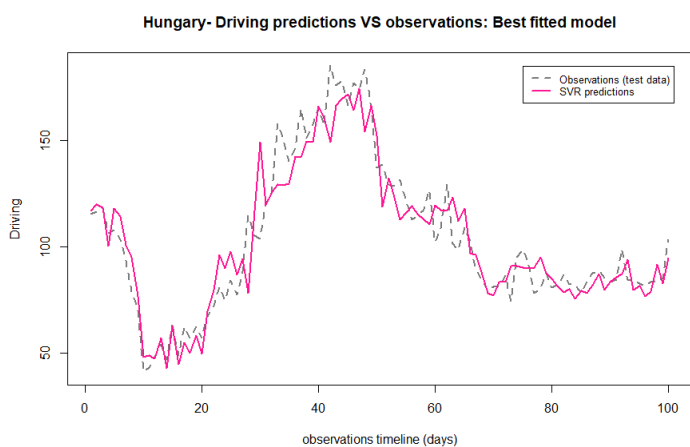
Γράφημα 5.36: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Γερμανίας: Βέλτιστο μοντέλο



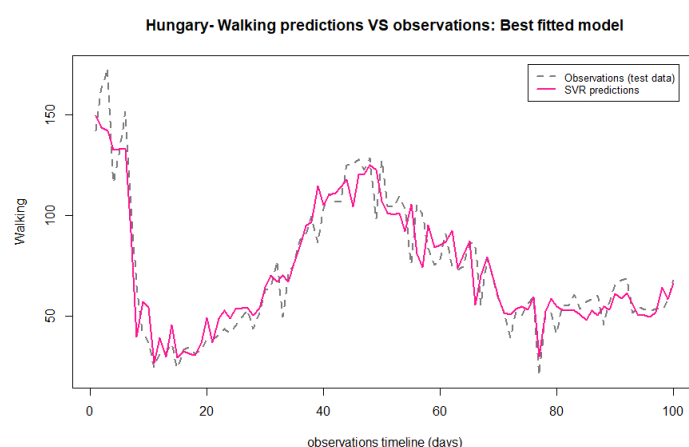
Γράφημα 5.37: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ελλάδας: Βέλτιστο μοντέλο



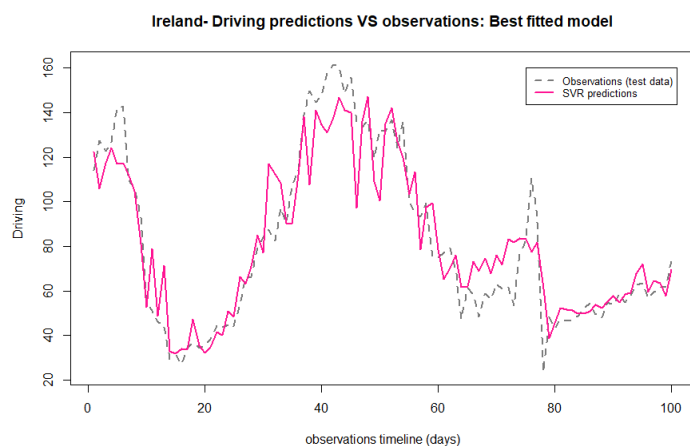
Γράφημα 5.38: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ελλάδας: Βέλτιστο μοντέλο



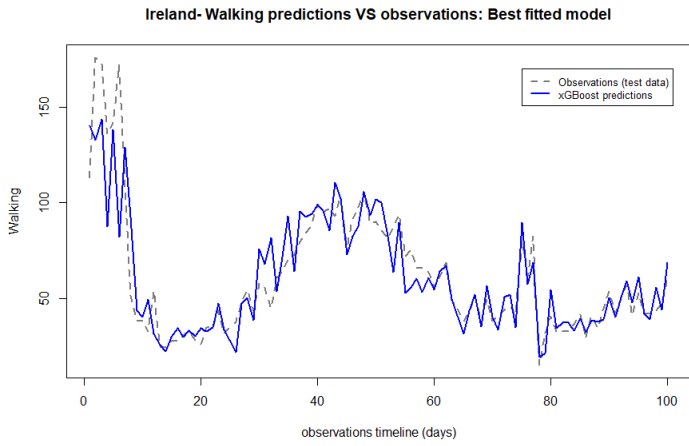
Γράφημα 5.39: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ουγγαρίας: Βέλτιστο μοντέλο



Γράφημα 5.40: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ουγγαρίας: Βέλτιστο μοντέλο

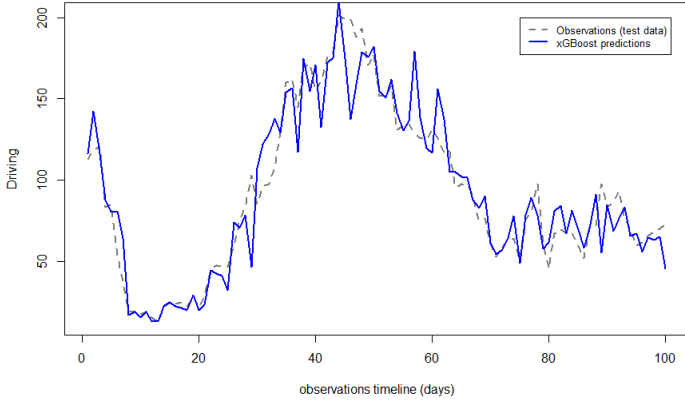


Γράφημα 5.41: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ιρλανδίας: Βέλτιστο μοντέλο



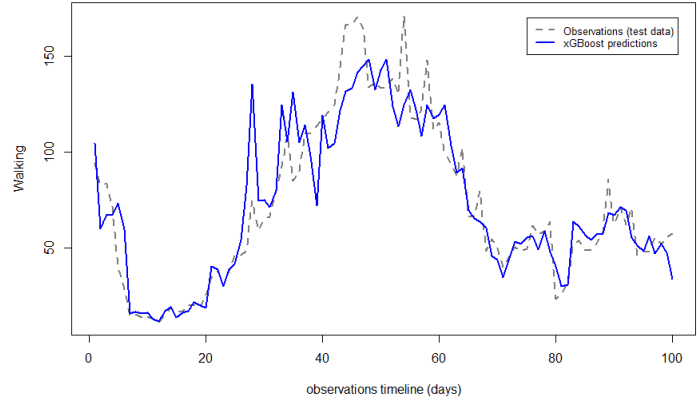
Γράφημα 5.42: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ιρλανδίας: Βέλτιστο μοντέλο

Italy- Driving predictions VS observations: Best fitted model



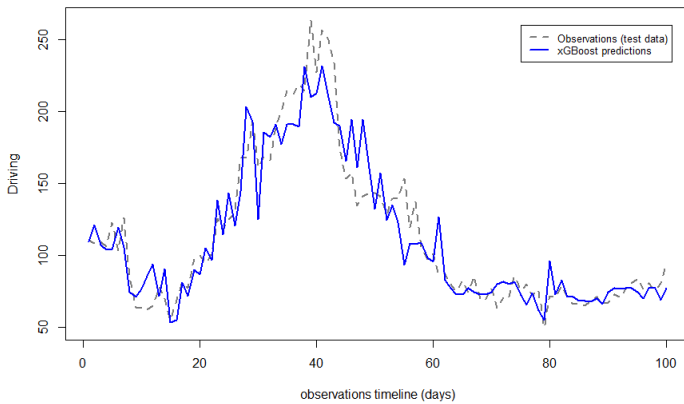
Γράφημα 5.43: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ιταλίας: Βέλτιστο μοντέλο

Italy- Walking predictions VS observations: Best fitted model



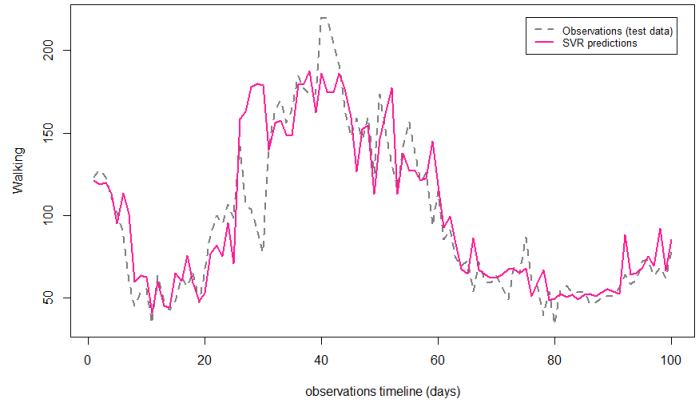
Γράφημα 5.44: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ιταλίας: Βέλτιστο μοντέλο

Latvia- Driving predictions VS observations: Best fitted model



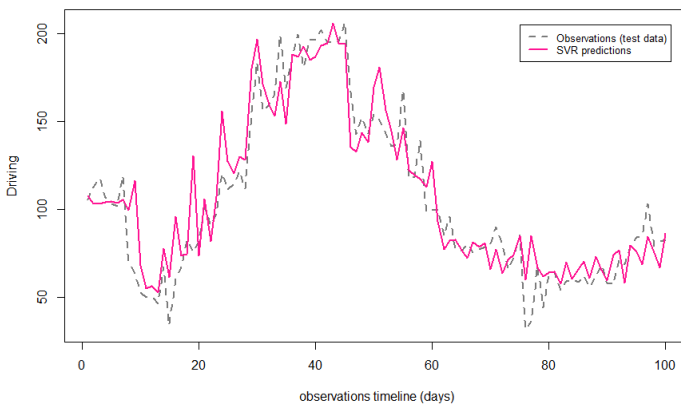
Γράφημα 5.45: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Λετονίας: Βέλτιστο μοντέλο

Latvia- Walking predictions VS observations: Best fitted model



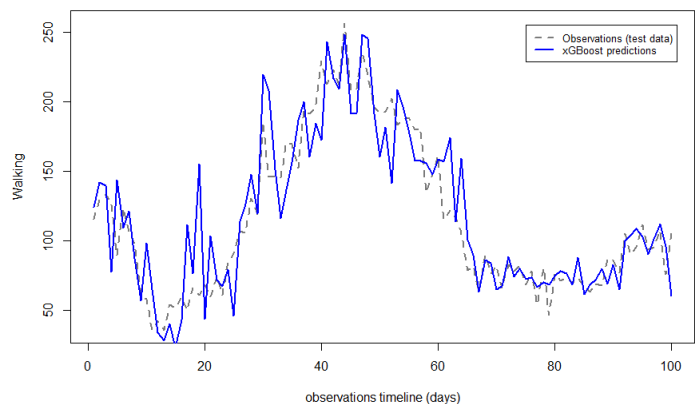
Γράφημα 5.46: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Λετονίας: Βέλτιστο μοντέλο

Lithuania- Driving predictions VS observations: Best fitted model

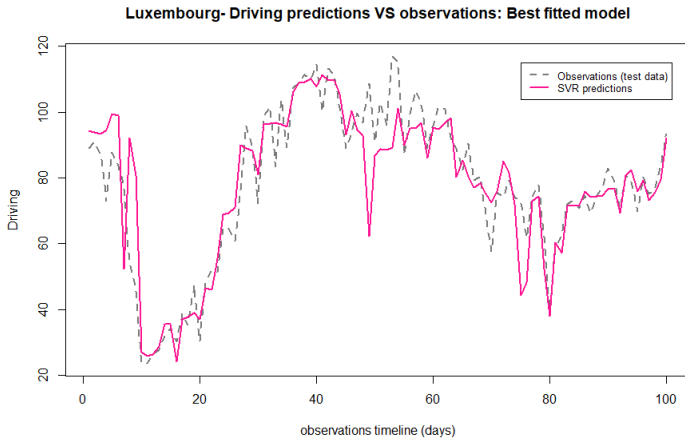


Γράφημα 5.47: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Λιθουανίας: Βέλτιστο μοντέλο

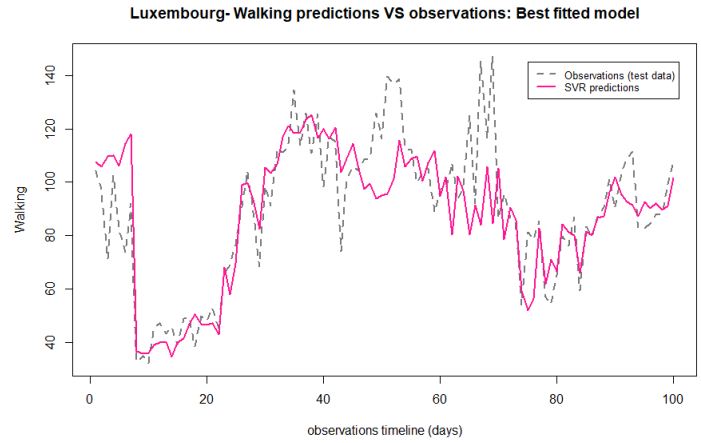
Lithuania- Walking predictions VS observations: Best fitted model



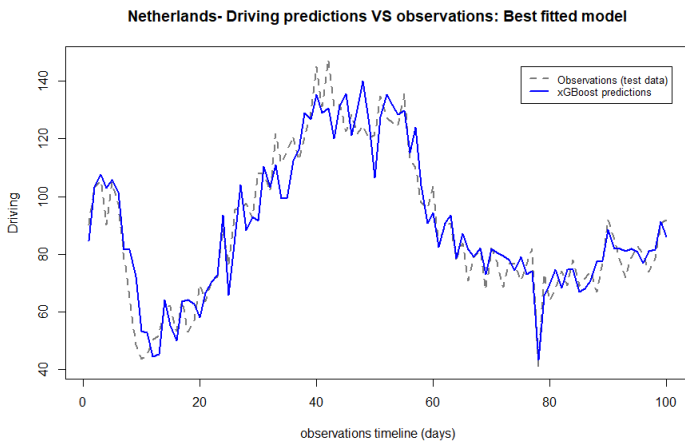
Γράφημα 5.48: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Λιθουανίας: Βέλτιστο μοντέλο



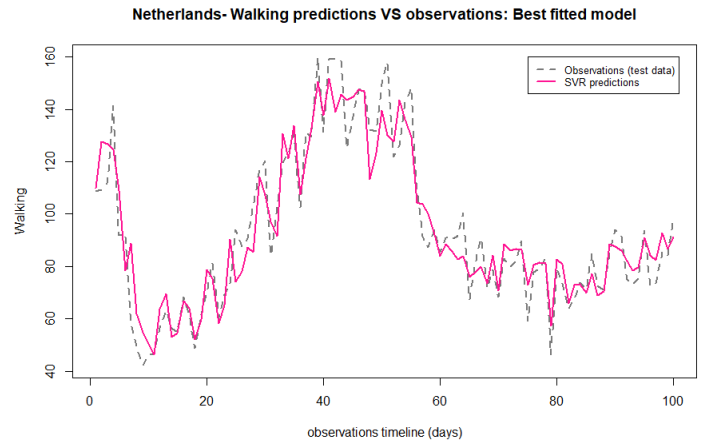
Γράφημα 5.49: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης του Λουξεμβούργου: Βέλτιστο μοντέλο



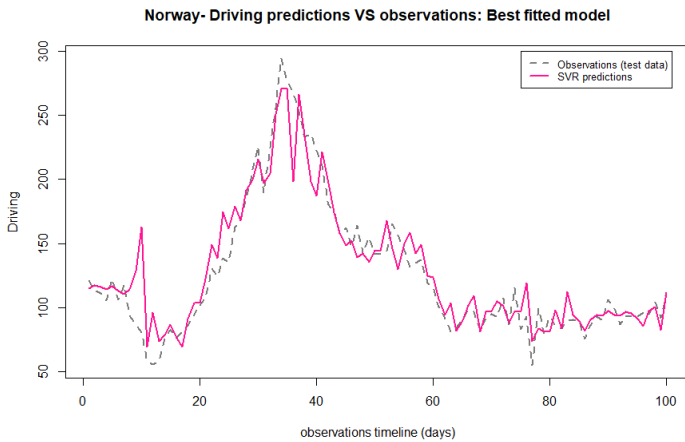
Γράφημα 5.50: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος του Λουξεμβούργου: Βέλτιστο μοντέλο



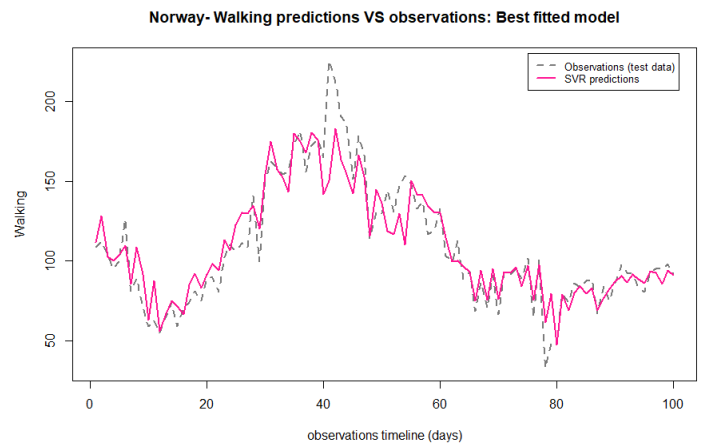
Γράφημα 5.51: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ολλανδίας: Βέλτιστο μοντέλο



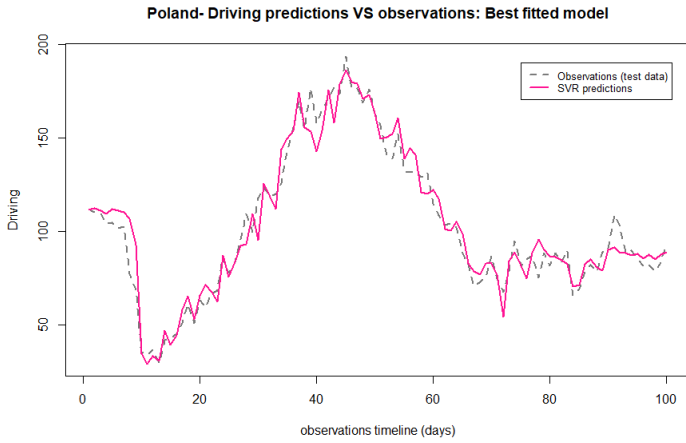
Γράφημα 5.52: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ολλανδίας: Βέλτιστο μοντέλο



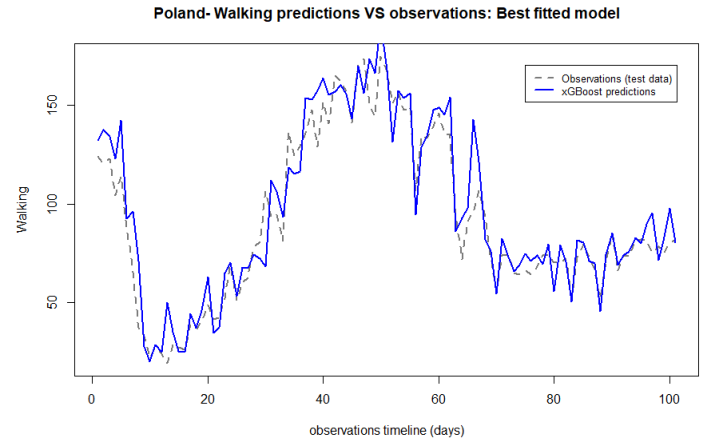
Γράφημα 5.53: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Νορβηγίας: Βέλτιστο μοντέλο



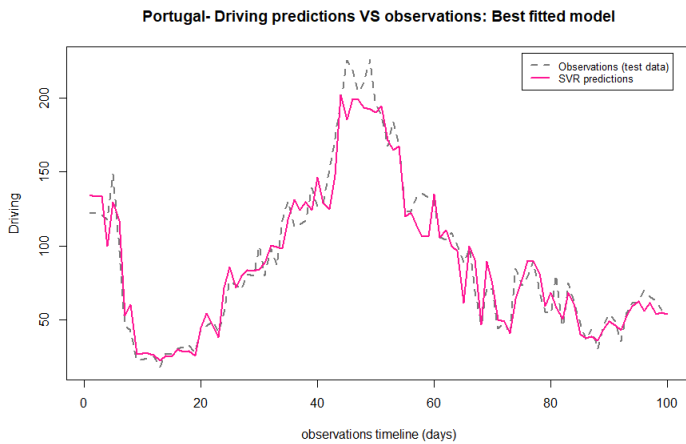
Γράφημα 5.54: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Νορβηγίας: Βέλτιστο μοντέλο



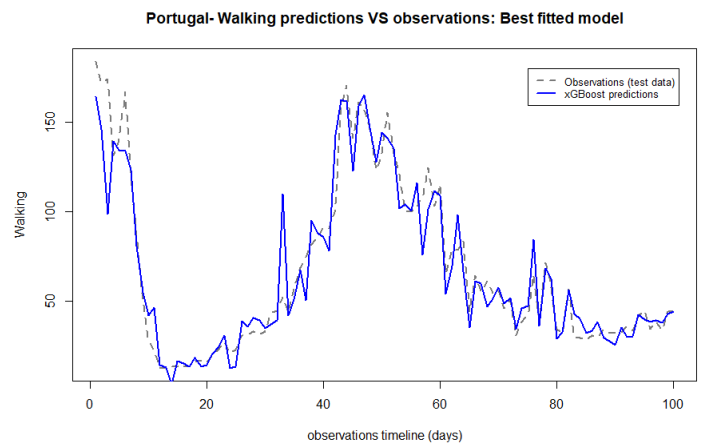
Γράφημα 5.55: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Πολωνίας: Βέλτιστο μοντέλο



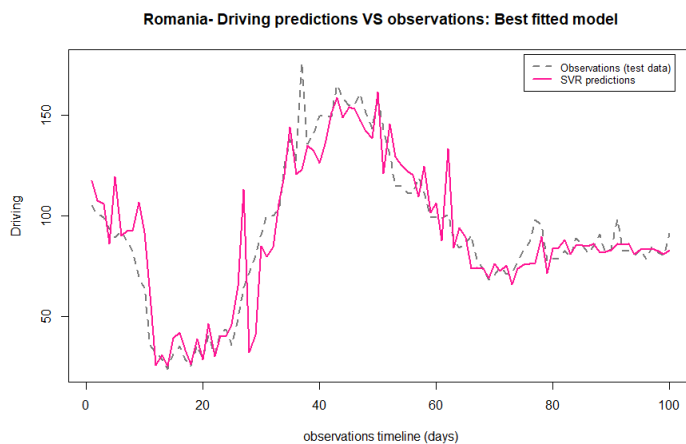
Γράφημα 5.56: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Πολωνίας: Βέλτιστο μοντέλο



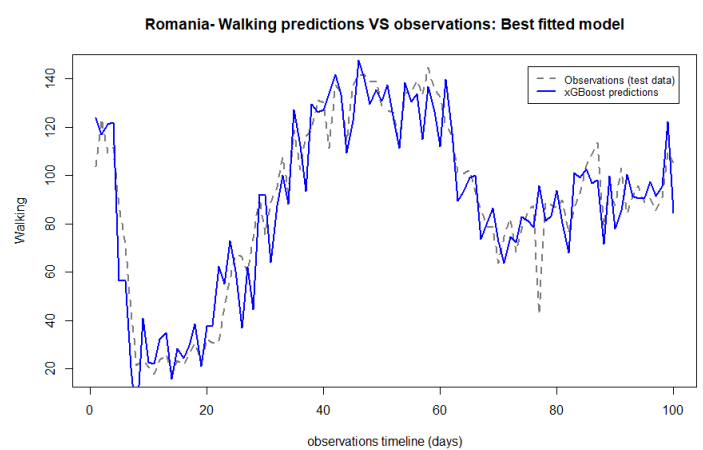
Γράφημα 5.57: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Πορτογαλίας: Βέλτιστο μοντέλο



Γράφημα 5.58: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Πορτογαλίας: Βέλτιστο μοντέλο

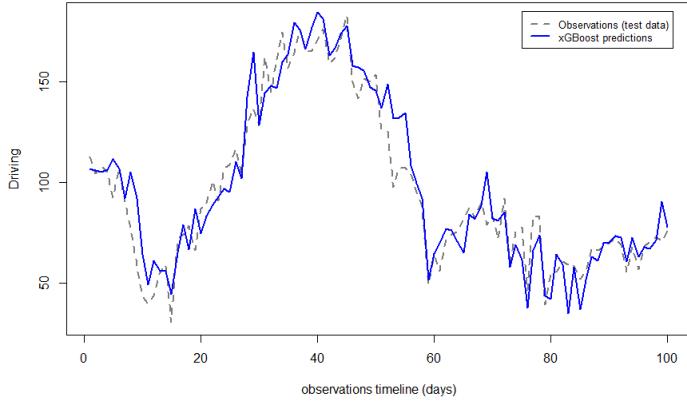


Γράφημα 5.59: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ρουμανίας: Βέλτιστο μοντέλο



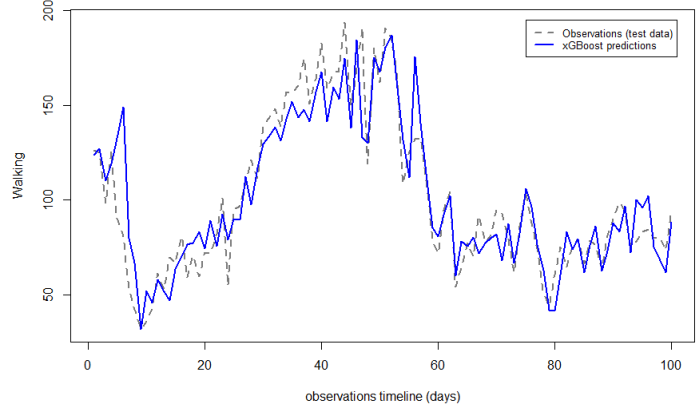
Γράφημα 5.60: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ρουμανίας: Βέλτιστο μοντέλο

Slovakia- Driving predictions VS observations: Best fitted model



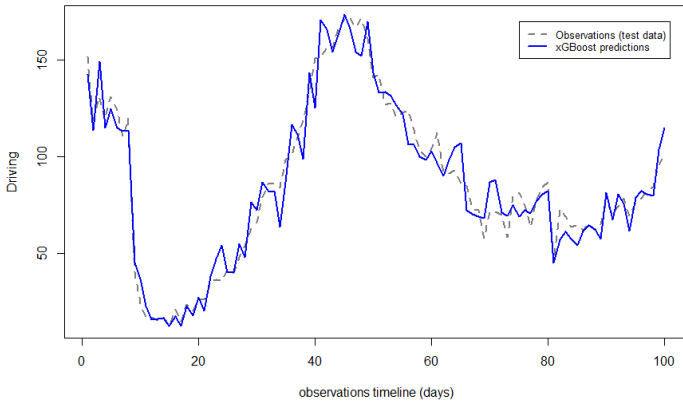
Γράφημα 5.61: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Σλοβακίας: Βέλτιστο μοντέλο

Slovakia- Walking predictions VS observations: Best fitted model



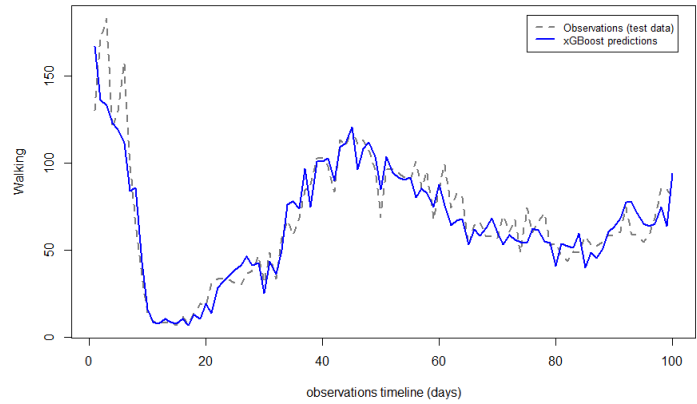
Γράφημα 5.62: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Σλοβακίας: Βέλτιστο μοντέλο

Spain- Driving predictions VS observations: Best fitted model



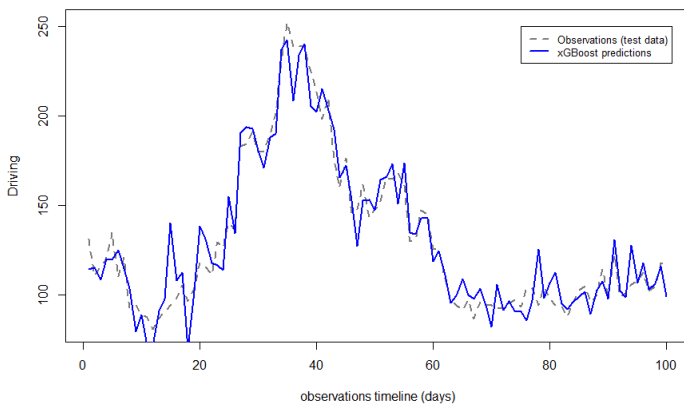
Γράφημα 5.63: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ισπανίας: Βέλτιστο μοντέλο

Spain- Walking predictions VS observations: Best fitted model



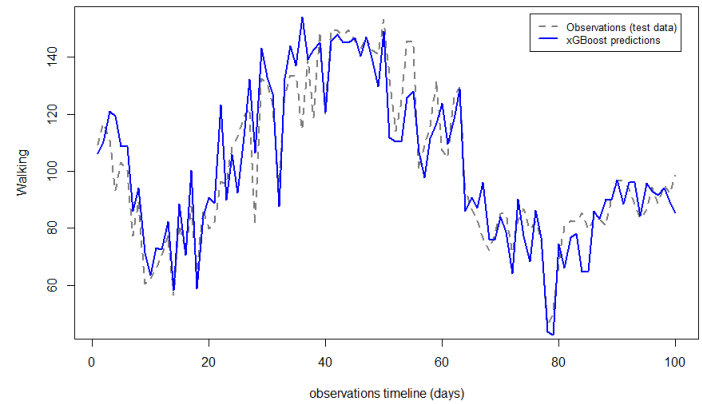
Γράφημα 5.64: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ισπανίας: Βέλτιστο μοντέλο

Sweden- Driving predictions VS observations: Best fitted model



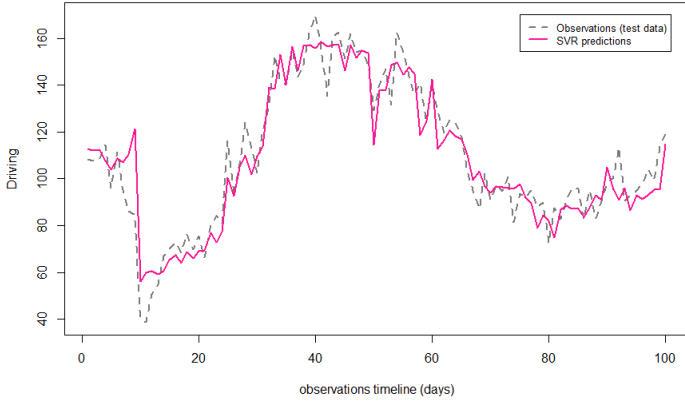
Γράφημα 5.65: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Σουηδίας: Βέλτιστο μοντέλο

Sweden- Walking predictions VS observations: Best fitted model



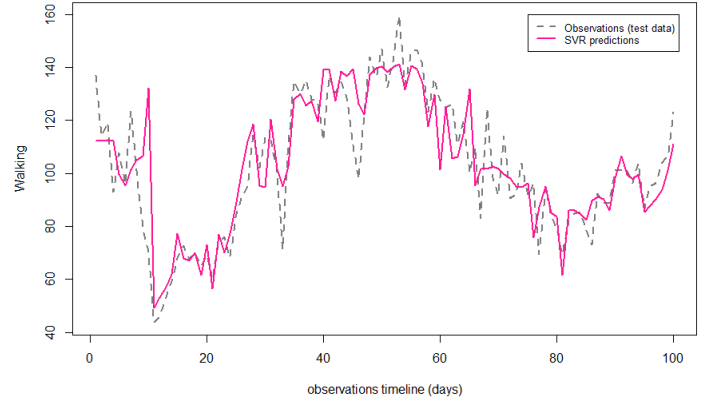
Γράφημα 5.66: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Σουηδίας: Βέλτιστο μοντέλο

Switzerland- Driving predictions VS observations: Best fitted model



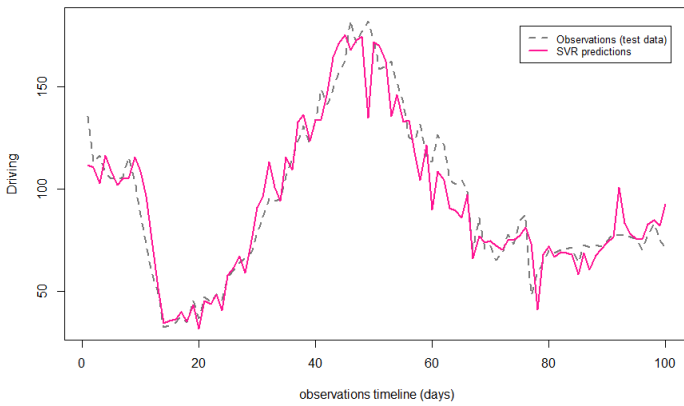
Γράφημα 5.67: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ελβετίας: Βέλτιστο μοντέλο

Switzerland- Walking predictions VS observations: Best fitted model



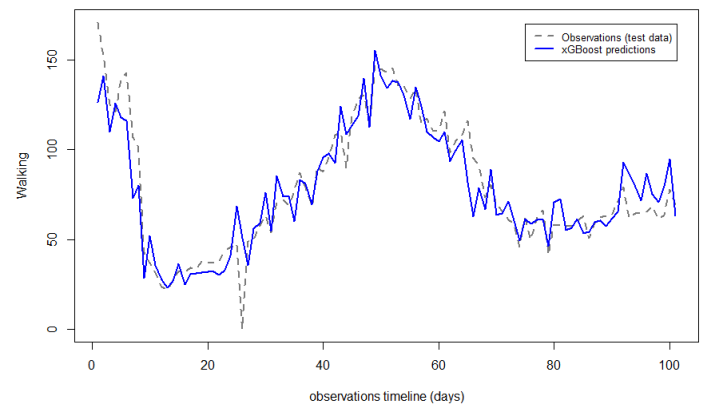
Γράφημα 5.68: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ελβετίας: Βέλτιστο μοντέλο

Cluster 1- Driving predictions VS observations: Best fitted model



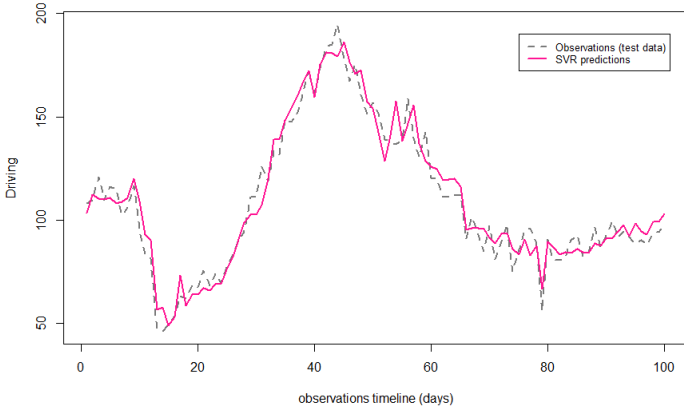
Γράφημα 5.69: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης 1ης Ομάδας χωρών: Βέλτιστο μοντέλο

Cluster 1- Walking predictions VS observations: Best fitted model



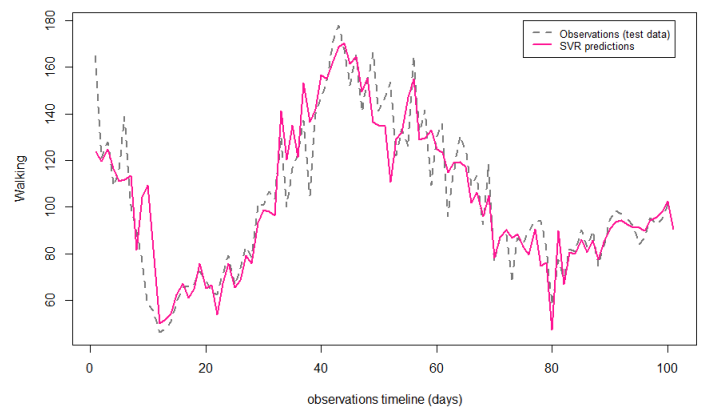
Γράφημα 5.70: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος 1ης Ομάδας χωρών: Βέλτιστο μοντέλο

Cluster 2- Driving predictions VS observations: Best fitted model



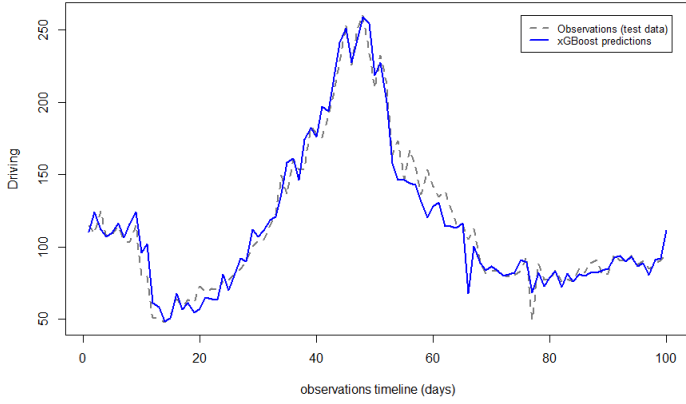
Γράφημα 5.71: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης 2ης Ομάδας χωρών: Βέλτιστο μοντέλο

Cluster 2- Walking predictions VS observations: Best fitted model



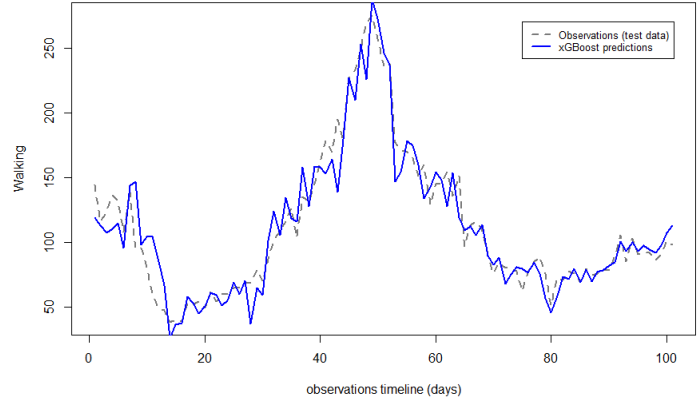
Γράφημα 5.72: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος 2ης Ομάδας χωρών: Βέλτιστο μοντέλο

Cluster 3- Driving predictions VS observations: Best fitted model



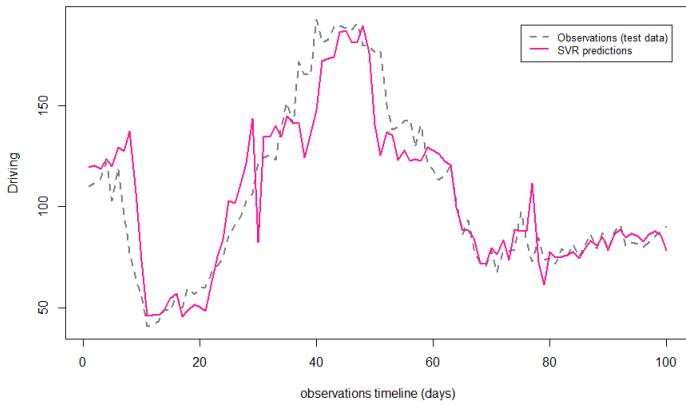
Γράφημα 5.73: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης 3ης Ομάδας χωρών: Βέλτιστο μοντέλο

Cluster 3- Walking predictions VS observations: Best fitted model



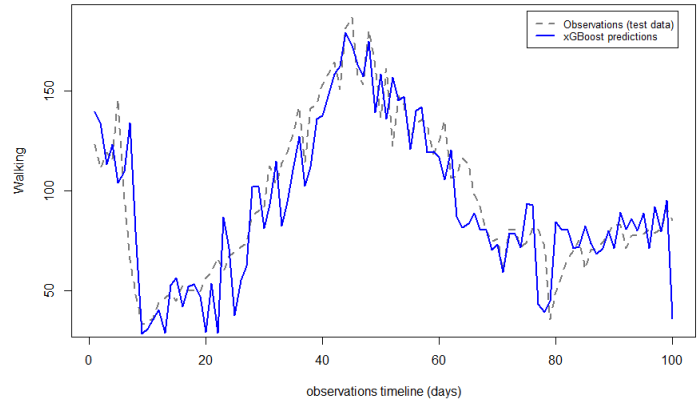
Γράφημα 5.74: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος 3ης Ομάδας χωρών: Βέλτιστο μοντέλο

Mean overall- Driving predictions VS observations: Best fitted model



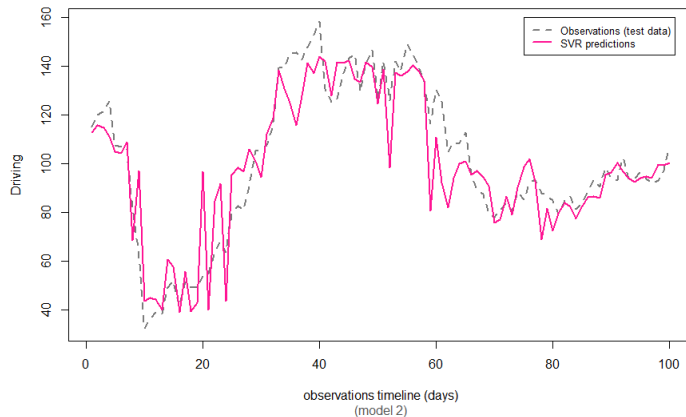
Γράφημα 5.75: Παρατηρήσεις - προβλέψεις μέσω συνολικών στοιχείων οδήγησης χωρών: Βέλτιστο μοντέλο

Mean overall- Walking predictions VS observations: Best fitted model



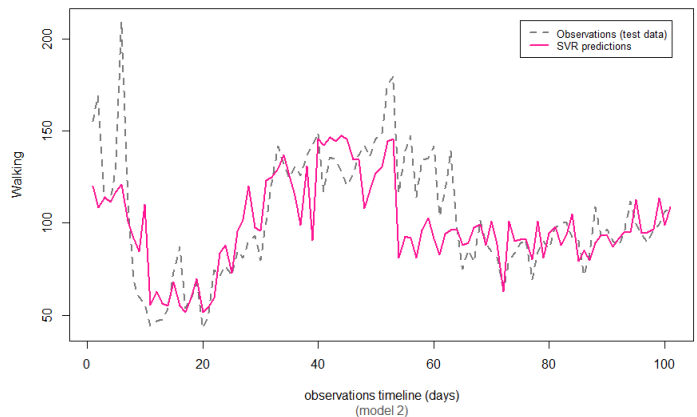
Γράφημα 5.76: Παρατηρήσεις - προβλέψεις μέσω συνολικών στοιχείων βαδίσματος χωρών: Βέλτιστο μοντέλο

Belgium- Driving predictions VS observations: Best fitted model

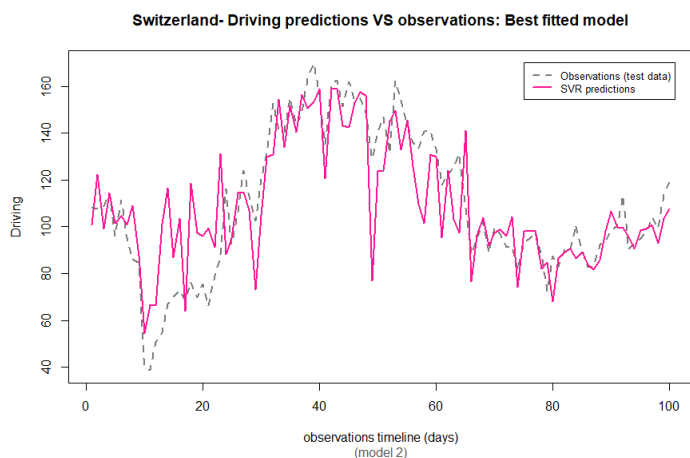


Γράφημα 5.77: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης του Βελγίου: Βέλτιστο μοντέλο (τύπου 2)

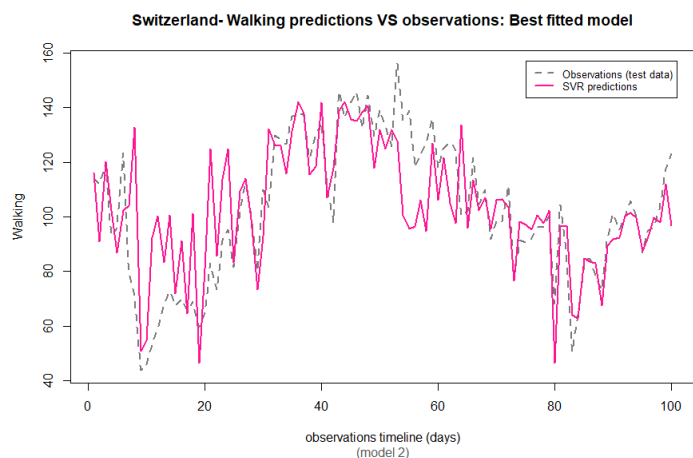
Belgium- Walking predictions VS observations: Best fitted model



Γράφημα 5.78: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος του Βελγίου: Βέλτιστο μοντέλο (τύπου 2)



Γράφημα 5.79: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ελβετίας: Βέλτιστο μοντέλο (τύπου 2)



Γράφημα 5.80: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ελβετίας: Βέλτιστο μοντέλο (τύπου 2)

Τέλος, λαμβάνοντας τα βέλτιστα μοντέλα τύπου 1 και τύπου 2 κάθε χώρας, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των μέσων απόλυτων ποσοστιαίων σφαλμάτων τους (MAPE), ώστε να ληφθούν συμπεράσματα σχετικά με την αξιοπιστία του κοινού για όλες τις χώρες μοντέλου (τύπου 2). Τα αποτελέσματα παρατίθενται στον Πίνακα 5.13.

Πίνακας 5.13: Σύγκριση MAPE μοντέλων τύπου 2 με MAPE μοντέλων τύπου 1

	Χώρα	Οδήγηση	Βάδισμα
(model's 2 MAPE) - (models's 1 MAPE)	AUT	0.00%	-2.48%
	BEL	3.13%	3.61%
	BGR	0.58%	1.54%
	HRV	3.67%	5.20%
	CZE	-0.80%	0.02%
	DNK	5.03%	5.23%
	EST	-1.08%	-0.40%
	FIN	2.23%	0.94%
	FRA	-0.35%	0.84%
	DEU	0.00%	0.00%
	GRC	0.00%	0.00%
	HUN	0.04%	7.52%
	IRL	2.04%	1.60%
	ITA	0.11%	1.96%
	LVA	-0.45%	6.94%
	LTU	-2.71%	-4.09%
	LUX	5.06%	1.93%
	NLD	4.77%	4.72%
	NOR	6.73%	5.73%
	POL	0.89%	2.92%
PRT	1.28%	-0.14%	
ROU	-1.12%	-4.71%	
SVK	0.51%	-1.64%	
ESP	2.80%	2.08%	
SWE	4.23%	4.12%	
CHE	9.79%	10.90%	

Συνοψίζοντας, παρατηρείται ότι για την πλειοψηφία των χωρών **το μοντέλο τύπου 1 δίνει καλύτερα αποτελέσματα** (μικρότερα σφάλματα προβλέψεων) από το μοντέλο τύπου 2, γεγονός που αναμενόταν, εφόσον το πρώτο είναι προσαρμοσμένο στα μοναδικά δεδομένα κάθε χώρας.

Επιπλέον, βάσει των γραφημάτων των βέλτιστων μοντέλων και των πινάκων 5.7 – 5.10, προκύπτει ότι το μοντέλο Γραμμικής Παλινδρόμησης (LR) δεν παρέχει συνεπή αποτελέσματα προβλέψεων, ενώ **η μέθοδος Παλινδρόμησης Διανυσμάτων Υποστήριξης (SVR) αποτελεί τη βέλτιστη μέθοδο πρόβλεψης της Οδήγησης** για την πλειοψηφία των εξεταζόμενων χωρών.

Επίσης, η **Παλινδρόμηση xGBoost ανταποκρίνεται ισάξια** με την Παλινδρόμηση Διανυσμάτων Υποστήριξης (SVR) για την πρόβλεψη του Βαδίσματος.

Επιπρόσθετα, παρατηρείτε ότι τα μοντέλα πρόβλεψης στοιχείων Οδήγησης και Βαδίσματος του Βελγίου, της Φινλανδίας, της Ολλανδίας και της Σουηδίας οδήγησαν σε πολύ καλά αποτελέσματα. Αυτό μπορεί ως ένα βαθμό να εξηγηθεί με τον αριθμό των ανεξάρτητων μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν στα μοντέλα των προαναφερθέντων χωρών, ο οποίος ισούταν με 6 ανεξάρτητες μεταβλητές για Βέλγιο, Φινλανδία και Ολλανδία και με 7 για τη Σουηδία. Επομένως, υπογραμμίζεται η **σημασία της αξιοποίησης κατά το δυνατόν περισσότερων στοιχείων, για την κατά το δυνατόν καλύτερη εκπαίδευση των μοντέλων.**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ως **στατιστικά σημαντικές ανεξάρτητες μεταβλητές** για τις περισσότερες χώρες προέκυψαν τα Νέα κρούσματα/εκατομμύριο πληθυσμού, οι Πολιτικές Εμβολιασμού, οι μετακινήσεις από και προς Παντοπωλεία, Φαρμακεία και Πάρκα. Εξίσου στατιστικά σημαντική με τις μετακινήσεις από και προς τα Πάρκα, προέκυψε η μεταβλητή του Δείκτη Αυστηρότητας. Τα αποτελέσματα αυτά συνάδουν με τα αναμενόμενα, αφού εκτοπίζουν ουσιαστικά από τα μοντέλα μεταβλητές που και με βάση τη λογική είναι υψηλά συσχετισμένες με τις επιλεχθείσες, όπως για παράδειγμα οι νέοι θάνατοι, που είναι ανάλογοι των νέων κρουσμάτων ή μετακινήσεις από και προς Λιανική & Αναψυχή, Σταθμούς Διέλευσης και Κατοικίες, που επηρεάζονται αντιστρόφως ανάλογα της αύξησης του Δείκτη Αυστηρότητας, δεδομένου ότι τα περισσότερα περιοριστικά μέτρα αφορούσαν στον περιορισμό των εν λόγω σκοπών μετακίνησης.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι στη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε, δεν βρέθηκαν παρόμοια αποτελέσματα, αφού κατά κύριο λόγο δόθηκε βαρύτητα στους περιορισμούς αυτούς καθ' αυτούς, και όχι στο συσχετισμό πλήθους ανεξαρτήτων μεταβλητών σε μοντέλα πρόβλεψης.

6. Συμπεράσματα

6.1. Σύνοψη Αποτελεσμάτων

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η **ανάλυση παραγόντων επιρροής της πανδημίας στην κινητικότητα στην Ευρώπη, με χρήση τεχνικών μηχανικής εκμάθησης**. Πιο συγκεκριμένα, διερευνήθηκαν παράγοντες που εξηγούν με το βέλτιστο δυνατό τρόπο τις μεταβολές στην κινητικότητα 26 Ευρωπαϊκών χωρών, για το διάστημα 15/02/2020 έως 02/04/2021.

Ως **εξαρτημένες μεταβλητές** λήφθηκαν η **Οδήγηση** και το **Βάδισμα**, δεδομένα για τις οποίες αντλήθηκαν από τη διαδικτυακή αναφορά τάσεων κινητικότητας της εταιρείας Apple, στην οποία καταγράφονται τα ημερήσια αιτήματα για διαδρομές οδήγησης και βαδίσματος. Ως **ανεξάρτητες μεταβλητές**, χρησιμοποιήθηκαν ο Δείκτης Αυστηρότητας, οι αριθμοί Νέων κρουσμάτων και θανάτων COVID-19 ανά εκατομμύριο πληθυσμού, οι Πολιτικές Εμβολιασμού και οι τάσεις κινητικότητας για Λιανική & Αναψυχή, Παντοπωλεία & Φαρμακεία, Πάρκα, Σταθμούς Διέλευσης, Χώρους Εργασίας και Κατοικίες. Τα δεδομένα που αφορούν στα μέτρα περιορισμού της εξάπλωσης της νόσου αντλήθηκαν από τη διαδικτυακή βάση δεδομένων του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης (OxCGRT), ενώ για τα δεδομένα που αφορούν σε καταγραφές κρουσμάτων και θανάτων αξιοποιήθηκε η διαδικτυακή βάση δεδομένων Our World in Data. Τέλος, τα δεδομένα κινητικότητας ανά προορισμό προέρχονται από τις Αναφορές Κινητικότητας της Κοινότητας της Google (Community Mobility Reports).

Επιλέχθηκαν δύο τύποι μοντέλων (τύπου 1 και τύπου 2), για τους οποίους αναπτύχθηκαν μοντέλα Γραμμικής Παλινδρόμησης, Παλινδρόμησης Διανυσμάτων Υποστήριξης και Παλινδρόμησης xGBoost με σκοπό την πρόβλεψη των κοινών και για τους δύο τύπους εξαρτημένων μεταβλητών: Οδήγηση και Βάδισμα. Η διαφορά των δύο μοντέλων έγκειται στις επιλεχθείσες ανεξάρτητες μεταβλητές, αφού το **Μοντέλο 1** αναπτύχθηκε με χρήση κατά το δυνατόν **περισσότερων ανεξαρτήτων μεταβλητών** βάσει των συντελεστών συσχέτισής τους και είναι διαφορετικό για κάθε χώρα, ενώ το **Μοντέλο 2** αποτελεί ένα μοντέλο **κοινό για όλες τις χώρες**, το οποίο αξιοποιεί τις ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ομαδοποίηση k-μέσων (k-means clustering) των προς μελέτη κρατών με κριτήριο την αυστηρότητα των περιοριστικών μέτρων C1 και C6 και στη συνέχεια εφαρμόσθηκε το Μοντέλο 1 τόσο για τις δημιουργηθείσες ομάδες, όσο και για τις συνολικές μέσες τιμές όλων των χωρών.

Στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζονται οι ομάδες χωρών που δημιουργήθηκαν από την ομαδοποίηση και στον Πίνακα 6.2 παρατίθενται οι ονομασίες, οι συμβολισμοί και η κωδικοποίηση των μεταβλητών. Τέλος, στους Πίνακες 6.3 – 6.5, παρουσιάζονται τα βέλτιστα μοντέλα τύπου 1 και τύπου 2 που αναπτύχθηκαν τόσο για κάθε χώρα, όσο και για τις ομάδες χωρών και για συνολικές μέσες τιμές όλων των χωρών, καθώς και το αντίστοιχο μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (MAPE) και ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) καθενός από τα μοντέλα.

Πίνακας 6.1: Ομάδες χωρών που προέκυψαν από την ομαδοποίηση με βάση τη διάρκεια ισχύος μέτρων C1 και C6

Ομάδα 1η - Χώρες με μεγάλη διάρκεια ισχύος περιοριστικών μέτρων						
Αυστρία	Τσεχία	Γαλλία	Γερμανία	Ελλάδα	Ουγγαρία	Ιρλανδία
AUT	CZE	FRA	DEU	GRC	HUN	IRL
	Ιταλία	Πορτογαλία	Ρουμανία	Σλοβακία	Ισπανία	
	ITA	PRT	ROU	SVK	ESP	
Ομάδα 2η - Χώρες με μικρή διάρκεια ισχύος περιοριστικών μέτρων						
Βέλγιο	Εσθονία	Φινλανδία	Λουξεμβούργο	Ολλανδία	Νορβηγία	Ελβετία
BEL	EST	FIN	LUX	NLD	NOR	CHE
Ομάδα 3η - Χώρες με μέτρια διάρκεια ισχύος περιοριστικών μέτρων						
Βουλγαρία	Κροατία	Δανία	Λετονία	Λιθουανία	Πολωνία	Σουηδία
BGR	HRV	DNK	LVA	LTU	POL	SWE

Πίνακας 6.2: Ονομασίες και Συμβολισμοί μεταβλητών, κωδικοί ανεξαρτήτων μεταβλητών

Όνομα μεταβλητής (ελληνικά)	Όνομα μεταβλητής (αγγλικά)	Συμβολισμός μεταβλητής	Κωδικός
Οδήγηση	Driving	dr	-
Βάδισμα	Walking	wlk	-
Δείκτης Αυστηρότητας	Strigency Index	strig	1
Νέα κρούσματα/εκατομμύριο πληθυσμού	New cases/million	cases	2
Νέοι θάνατοι/εκατομμύριο πληθυσμού	New deaths/million	deaths	3
Πολιτικές Εμβολιασμού	Vaccination Policy	vacc	4
Λιανική & Αναψυχή	Retail & Recreation	retail.recreation	5
Παντοπωλεία & Φαρμακεία	Grocery & Pharmacy	grocery.pharmacy	6
Πάρκα	Parks	parks	7
Σταθμοί Διέλευσης	Transit Stations	transit_stations	8
Χώροι Εργασίας	Workplaces	workplaces	9
Κατοικίες	Residential	residential	10

Πίνακας 6.3: Επισκόπηση βέλτιστων μοντέλων τύπου 1 για τις χώρες μελέτης

Χώρα	Κωδικοί επιλεγθεισών Ανεξαρτήτων μεταβλητών	Μοντέλο 1					
		Οδήγηση			Βάδισμα		
		Βέλτιστο μοντέλο	MAPE	R ²	Βέλτιστο μοντέλο	MAPE	R ²
Αυστρία	2, 4, 6, 7	SVR	11.97%	0.84	xGBoost	15.33%	0.83
Βέλγιο	2, 3, 4, 6, 7, 9	SVR	7.19%	0.91	SVR	11.42%	0.74
Βουλγαρία	2, 4, 6, 7, 9	SVR	11.43%	0.89	xGBoost	12.06%	0.91
Κροατία	1, 2, 4, 7	xGBoost	10.35%	0.96	SVR	13.74%	0.96
Τσεχία	2, 6, 7, 9	xGBoost	12.39%	0.85	xGBoost	16.11%	0.85
Δανία	1, 2, 4, 6, 7	SVR	7.88%	0.85	SVR	7.44%	0.87
Εσθονία	1, 3, 7	SVR	12.81%	0.87	SVR	16.98%	0.80
Φινλανδία	1, 3, 4, 6, 7, 9	SVR	5.75%	0.94	SVR	7.07%	0.90
Γαλλία	2, 3, 4, 7, 9	SVR	10.15%	0.92	SVR	11.54%	0.90
Γερμανία	2, 4, 6, 7	SVR	13.51%	0.67	SVR	12.81%	0.72
Ελλάδα	2, 4, 6, 7	xGBoost	15.78%	0.89	xGBoost	18.94%	0.86
Ουγγαρία	1, 2, 6, 7	SVR	7.18%	0.92	SVR	11.79%	0.88
Ιρλανδία	2, 3, 4, 6, 7, 9	SVR	14.22%	0.87	xGBoost	14.67%	0.77
Ιταλία	1, 2, 4, 6	xGBoost	12.66%	0.89	xGBoost	15.83%	0.85
Λετονία	1, 4, 7	xGBoost	11.21%	0.88	SVR	16.29%	0.79
Λιθουανία	2, 4, 7, 9	SVR	14.60%	0.88	xGBoost	18.86%	0.80
Λουξεμβούργο	1, 2, 4, 6	SVR	9.37%	0.80	SVR	12.37%	0.63
Ολλανδία	1, 2, 4, 6, 7, 9	xGBoost	7.24%	0.91	SVR	8.71%	0.89
Νορβηγία	1, 3, 6, 7, 9	SVR	10.45%	0.89	SVR	9.71%	0.87
Πολωνία	1, 2, 4, 6, 7	SVR	6.77%	0.95	xGBoost	12.41%	0.92
Πορτογαλία	1, 2, 4, 7	SVR	10.56%	0.95	xGBoost	15.63%	0.90
Ρουμανία	2, 4, 7	SVR	11.34%	0.85	xGBoost	15.49%	0.87
Σλοβακία	1, 2, 4, 6, 9	xGBoost	11.04%	0.92	xGBoost	12.91%	0.85
Ισπανία	1, 2, 4, 7	xGBoost	9.72%	0.95	xGBoost	13.51%	0.87
Σουηδία	1, 2, 3, 4, 6, 7, 9	xGBoost	7.28%	0.92	xGBoost	7.95%	0.85
Ελβετία	1, 2, 4, 7	SVR	7.91%	0.89	SVR	9.18%	0.75

Πίνακας 6.4: Επισκόπηση βέλτιστων μοντέλων τύπου 1 για τις ομάδες χωρών μελέτης και για όλες τις χώρες συνολικά

Μοντέλο 1							
Χώρες	Κωδικοί επιλεχθεισών Ανεξαρτήτων μεταβλητών	Οδήγηση			Βάδισμα		
		Βέλτιστο μοντέλο	MAPE	R ²	Βέλτιστο μοντέλο	MAPE	R ²
Όλες	2, 4, 6, 9	SVR	10.67%	0.84	xGBoost	16.33%	0.78
Ομάδα 1	2, 6, 7	SVR	8.72%	0.91	xGBoost	9.82%	0.87
Ομάδα 2	1, 2, 4, 6, 7	SVR	5.83%	0.96	SVR	8.70%	0.84
Ομάδα 3	1, 2, 4, 6, 7	xGBoost	6.77%	0.96	xGBoost	11.35%	0.91

Πίνακας 6.5: Επισκόπηση βέλτιστων μοντέλων τύπου 2 για τις χώρες μελέτης

Μοντέλο 2							
Χώρα	Κωδικοί επιλεχθεισών Ανεξαρτήτων μεταβλητών	Οδήγηση			Βάδισμα		
		Βέλτιστο μοντέλο	MAPE	R ²	Βέλτιστο μοντέλο	MAPE	R ²
Αυστρία	2, 4, 6, 7	SVR	11.97%	0.84	SVR	12.84%	0.80
Βέλγιο	2, 4, 6, 7	SVR	10.32%	0.84	SVR	15.02%	0.54
Βουλγαρία	2, 4, 6, 7	SVR	12.01%	0.87	xGBoost	13.60%	0.86
Κροατία	2, 4, 6, 7	xGBoost	14.02%	0.95	xGBoost	18.95%	0.95
Τσεχία	2, 4, 6, 7	SVR	11.59%	0.85	xGBoost	16.13%	0.82
Δανία	2, 4, 6, 7	SVR	12.91%	0.64	SVR	12.67%	0.66
Εσθονία	2, 4, 6, 7	SVR	11.74%	0.88	xGBoost	16.58%	0.75
Φινλανδία	2, 4, 6, 7	SVR	7.98%	0.90	SVR	8.00%	0.87
Γαλλία	2, 4, 6, 7	SVR	9.80%	0.93	SVR	12.38%	0.88
Γερμανία	2, 4, 6, 7	SVR	13.51%	0.67	SVR	12.81%	0.72
Ελλάδα	2, 4, 6, 7	xGBoost	15.78%	0.89	xGBoost	18.94%	0.86
Ουγγαρία	2, 4, 6, 7	SVR	7.22%	0.92	xGBoost	19.31%	0.75
Ιρλανδία	2, 4, 6, 7	xGBoost	16.26%	0.80	xGBoost	16.26%	0.66
Ιταλία	2, 4, 6, 7	SVR	12.77%	0.90	xGBoost	17.79%	0.85
Λετονία	2, 4, 6, 7	SVR	10.76%	0.87	SVR	23.23%	0.73
Λιθουανία	2, 4, 6, 7	SVR	11.89%	0.90	xGBoost	14.77%	0.85
Λουξεμβούργο	2, 4, 6, 7	SVR	14.43%	0.72	xGBoost	14.31%	0.71
Ολλανδία	2, 4, 6, 7	xGBoost	12.02%	0.75	xGBoost	13.44%	0.73
Νορβηγία	2, 4, 6, 7	xGBoost	17.18%	0.68	SVR	15.44%	0.74
Πολωνία	2, 4, 6, 7	SVR	7.66%	0.93	xGBoost	15.33%	0.86
Πορτογαλία	2, 4, 6, 7	SVR	11.83%	0.92	SVR	15.48%	0.85
Ρουμανία	2, 4, 6, 7	SVR	10.22%	0.89	xGBoost	10.77%	0.91
Σλοβακία	2, 4, 6, 7	SVR	11.55%	0.85	SVR	11.27%	0.85
Ισπανία	2, 4, 6, 7	xGBoost	12.52%	0.91	SVR	15.59%	0.71
Σουηδία	2, 4, 6, 7	SVR	11.51%	0.74	xGBoost	12.07%	0.63
Ελβετία	2, 4, 6, 7	SVR	17.70%	0.55	SVR	20.08%	0.32

6.2. Σύνοψη Συμπερασμάτων

Βάσει των αποτελεσμάτων που προέκυψαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας, διατυπώνεται μια σειρά συμπερασμάτων, τα οποία δίνουν απαντήσεις στα αρχικά ερωτήματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

- Στις περισσότερες περιπτώσεις ο αριθμός νέων θανάτων COVID-19 ανά εκατομμύριο πληθυσμού, παρουσιάζει μεγαλύτερη συσχέτιση με τις τάσεις μετακινήσεων από ότι ο αριθμός νέων κρουσμάτων COVID-19 ανά εκατομμύριο πληθυσμού. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι **η συμπεριφορά του πληθυσμού απέναντι στην πανδημία (και οι συνεπαγόμενοι θάνατοι) απεικονίζεται και προβλέπεται καλύτερα από τα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων** του πληθυσμού και όχι από τον αριθμό των κρουσμάτων.

- Οι τάσεις κινητικότητας του πληθυσμού κατά την πανδημία μπορούν να προβλεφθούν σε ικανοποιητικό βαθμό στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης με αξιοποίηση στοιχείων που αφορούν στον **αριθμό νέων κρουσμάτων** της πανδημίας ανά εκατομμύριο πληθυσμού, στις **πολιτικές εμβολιασμού**, στις τάσεις των μετακινήσεων από και προς **παντοπωλεία, φαρμακεία και πάρκα**.
- Τα μοντέλα πρόβλεψης στοιχείων Οδήγησης και Βαδίσματος του Βελγίου, της Φινλανδίας, της Ολλανδίας και της Σουηδίας οδήγησαν σε πολύ καλά αποτελέσματα. Αυτό μπορεί ενδεχομένως να εξηγηθεί από τον αριθμό των ανεξάρτητων μεταβλητών που εισήχθησαν στα μοντέλα των χωρών αυτών: 6 (BEL, FIN, NLD) και 7 (SWE). Επομένως, **τονίζεται η σημασία της αξιοποίησης κατά το δυνατόν περισσότερων στοιχείων για την καλύτερη μηχανική εκπαίδευση (ML) των μοντέλων**.
- Το **πλήθος** και το **είδος** των **μεταβλητών** που μπορούν να συμβάλλουν στη βέλτιστη πρόβλεψη της κινητικότητας κατά τη διάρκεια της πανδημίας, κατά την εισαγωγή τους στα μοντέλα μηχανικής εκμάθησης, παρουσιάζει μια **σχετική ετερογένεια** μεταξύ των Ευρωπαϊκών χωρών που μελετήθηκαν.
- Η μέθοδος **Παλινδρόμησης Διανυσμάτων Υποστήριξης (SVR)** αποτελεί τη **βέλτιστη μέθοδο πρόβλεψης της Οδήγησης** για την πλειοψηφία των εξεταζόμενων χωρών. Παράλληλα, η Παλινδρόμηση xGBoost ανταποκρίνεται ισάξια με την Παλινδρόμηση Διανυσμάτων Υποστήριξης (SVR) για την πρόβλεψη του Βαδίσματος. Το μοντέλο Γραμμικής Παλινδρόμησης (LR) δεν παρέχει συνεπή αποτελέσματα προβλέψεων για καμία εκ των εξαρτημένων μεταβλητών.
- Τα στοιχεία μετακινήσεων από και προς Λιανική & Αναψυχή, Σταθμούς Διέλευσης και Κατοικίες, δεν αξιοποιήθηκαν στα μοντέλα καμίας χώρας, διότι εμφάνισαν υψηλούς συντελεστές συσχέτισης με πολλές εκ των ανεξαρτήτων μεταβλητών, και ιδιαίτερα με το Δείκτη Αυστηρότητας. Το συμπέρασμα αυτό καταδεικνύει τις βασικές κατηγορίες μετακινήσεων που συσχετίζονται άμεσα με τη **συμμόρφωση των πολιτών** στα εκάστοτε κυβερνητικά μέτρα περιορισμού εξάπλωσης της νόσου.
- Οι προβλέψεις κινητικότητας της 1^{ης} ομάδας, δηλαδή των χωρών που εφάρμοσαν μέτρα κλεισίματος εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και κατ' οίκον περιορισμού, παρουσίασαν μεγαλύτερα σφάλματα (11.71% μ.ό. MAPE οδήγησης, 14.55% μ.ό. MAPE βαδίσματος) συγκριτικά με την αμέσως λιγότερο «αυστηρή» 3^η ομάδα (9.93% μ.ό. MAPE οδήγησης, μ.ό. 12.68% MAPE βαδίσματος). Οι προβλέψεις κινητικότητας των χωρών που ανήκαν στην πιο «χαλαρή» 2^η ομάδα, παρουσίασαν ακόμα μικρότερα σφάλματα: μ.ό. MAPE οδήγησης 8.68% και μ.ό. MAPE βαδίσματος 10.78%. Τα μεγαλύτερα σφάλματα υποδεικνύουν την εν μέρει χαμηλότερη δυνατότητα των ανεξαρτήτων μεταβλητών να προβλέψουν τις εξαρτημένες. Κατά συνέπεια συμπεραίνεται ότι ως ένα βαθμό **η μακροχρόνια ισχύς περιοριστικών μέτρων μπορεί να επιφέρει αντίθετα αποτελέσματα από τα επιδιωκόμενα**, δηλαδή μη συμμόρφωση του πληθυσμού σε αυτά, που μπορεί να εξηγηθεί με την πνευματική «εξάντληση» του πληθυσμού, που προκύπτει ως απόρροια της απομόνωσης και του εγκλεισμού.

6.3. Προτάσεις για Αξιοποίηση των Αποτελεσμάτων

- Αξιοποίηση των μοντέλων μηχανικής εκμάθησης για την **πρόβλεψη κινητικότητας οδηγών και πεζών** τόσο κατά την εξέλιξη της πανδημίας COVID-19, όσο και σε μελλοντικές κοινωνικές και υγειονομικές κρίσεις, με σκοπό τη **βελτιστοποίηση των μεθόδων πρόληψης και αντιμετώπισης**.
- Αξιοποίηση των μοντέλων από οργανισμούς συγκοινωνιών ως εργαλείο πρόβλεψης κινητικότητας, με στόχο τη **βελτιστοποίηση της οργάνωσης και του σχεδιασμού συγκοινωνιακών υποδομών** που να ανταποκρίνονται σε όλες τις **εξωγενείς συνθήκες** που ενδεχομένως προκύψουν.
- Αξιοποίηση των μοντέλων από τους αρμόδιους φορείς για την **αξιολόγηση του βαθμού τήρησης των περιοριστικών μέτρων**, όπως αυτός προσδιορίζεται από την εξέλιξη της κινητικότητας που προβλέπουν τα μοντέλα κάθε χώρας.
- **Ανάπτυξη εφαρμογής σε έξυπνα κινητά τηλέφωνα** η οποία, με δεδομένα εισόδου τα εφαρμοζόμενα μέτρα πρόληψης ή τους οποιουσδήποτε περιορισμούς (π.χ. κλειστοί δρόμοι λόγω έργων), θα είναι σε θέση να προβλέπει τα ποσοστά κινητικότητας, ώστε να αποκτάται εικόνα της κίνησης οδηγών και πεζών και να αποφεύγεται ο συνωστισμός και οι καθυστερήσεις.

6.4. Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Όπως διαπιστώθηκε κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, η πρωτοφανής υγειονομική κρίση που προκάλεσε ο COVID-19 έχει πυροδοτήσει μια σειρά ερευνών παγκοσμίως, σε διάφορα επιστημονικά πεδία. Στα πεδία σημαντικής επιρροής της πανδημίας συγκαταλέγεται και αυτό της κινητικότητας, αφού οι μετακινήσεις και οι μεταφορές επλήγησαν όσο ποτέ άλλοτε, δίνοντας έναυσμα σε μελετητές ανά τον κόσμο να ερευνήσουν τις αλλαγές αυτές. Παρ' όλα αυτά, εντοπίστηκαν επιμέρους ζητήματα τα οποία έχρηζαν περαιτέρω διερεύνησης, το βασικότερο εκ των οποίων αποτέλεσε η έλλειψη αναλύσεων και συγκρίσεων δεδομένων σε ικανοποιητικό χωρικό και χρονικό πλαίσιο.

Το βιβλιογραφικό αυτό κενό επεδίωξε να καλύψει η παρούσα μελέτη αξιοποιώντας μεθόδους μηχανικής εκμάθησης και αποσκοπώντας να αποτελέσει βάση για ακόμα περισσότερες συγκριτικές αναλύσεις. Παρακάτω, παρουσιάζονται **προτάσεις περαιτέρω έρευνας** οι οποίες θα μπορούσαν με τη σειρά τους να συμβάλλουν στη μεγαλύτερη εμπάθυνση και πληρέστερη κατανόηση, και συνεπώς στην αντιμετώπιση των προκύπτοντων ζητημάτων.

- **Διεύρυνση του χρονικού πλαισίου** μελέτης, ώστε να εξεταστούν όλες ενδεχομένως οι φάσεις της πανδημίας.
- **Διεύρυνση του γεωγραφικού πλαισίου** μελέτης, π.χ. σε πανευρωπαϊκό ή σε παγκόσμιο επίπεδο.

- Αξιοποίηση **περισσότερων δεδομένων ως ανεξάρτητες μεταβλητές** και διερεύνηση του βαθμού κατά τον οποίο αποτέλεσαν παράγοντες επιρροής της κινητικότητας κατά την πανδημία.
- **Ανάλυση παραγόντων επιρροής επιμέρους τύπων κινητικότητας**, ορίζοντάς τις ως εξαρτημένες μεταβλητές, όπως για παράδειγμα κινητικότητα για Παντοπωλεία & Φαρμακεία, για Λιανική & Αναψυχή, για Πάρκα κ.λπ.
- Εκτενής διερεύνηση των παραγόντων **επιρροής της κινητικότητας με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς** και του αντίκτυπου των μεταβολών στο οδικό δίκτυο.
- Αξιοποίηση των δεικτών του γεωγραφικού εύρους των περιοριστικών μέτρων από το Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης, ανάλυση της κινητικότητας ανά περιφέρεια και πόλη και **ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης για μικρότερες γεωγραφικές μονάδες**.

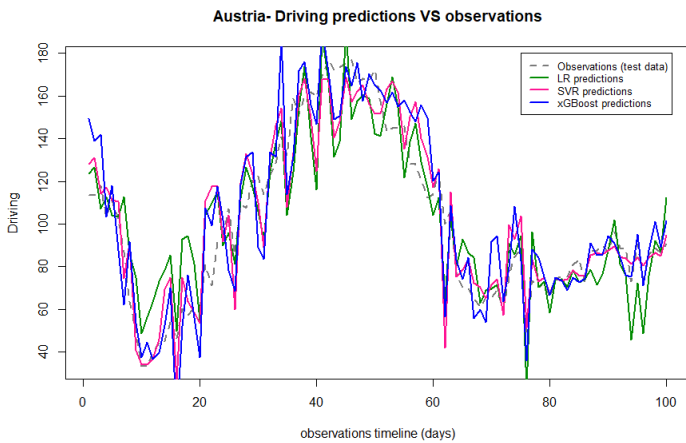
Βιβλιογραφία

1. NTUA Road Safety Observatory, NRSO, (2020). <https://www.nrso.ntua.gr/>
2. WHO – World Health Organization. <http://www.who.int/en>
3. Apple (2021). COVID-19 Mobility Trends Reports. www.covid19.apple.com/mobility
4. Google LLC. (2021). Google COVID-19 Community Mobility Reports. <https://www.google.com/covid19/mobility/>
5. Hale, T., Webster, S., Petherick, A., Phillips, T., Kira, B. (2020). Oxford COVID-19 Government Response Tracker. Blavatnik School of Government. <https://www.bsg.ox.ac.uk/covidtracker>
6. Oxford COVID-19 Government Response Tracker – OxCGRT. <https://www.bsg.ox.ac.uk/research/research-projects/covid-19-government-response-tracker>
7. Our World in Data (2021). <https://ourworldindata.org/coronavirus>
8. Chansung Kim, Seung Hoon Cheon, Keechoo Choi, Chang-Hyeon Joh, Hyuk-Jin Lee, (2017). Exposure to Fear: Changes in Travel Behavior During MERS Outbreak in Seoul. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12205-017-0821-5.pdf>
9. Mariangela Scorrano, Romeo Danielis, (2021). Active mobility in an Italian city: Mode choice determinants and attitudes before and during the Covid-19 emergency. Volume 86. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0739885921000032>
10. Adrian Glodeanu, Pedro Gullon, Usama Bilal, (2021). Social inequalities in mobility during and following the COVID-19 associated lockdown of the Madrid metropolitan area in Spain. Volume 70. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1353829221000769>
11. Giulia Pullano, Eugenio Valdano, Nicola Scarpa, Stefania Rubrichi, Vittoria Colizza, (2020). Evaluating the effect of demographic factors, socioeconomic factors, and risk aversion on mobility during the COVID-19 epidemic in France under lockdown: a population-based study. Volume 2, Pages e638-e649. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589750020302430>
12. Giovanni Bonaccorsi, Francesco Pieri, Matteo Cinelli, Andrea Flori, Alessandro Galeazzi, (2020). Economic and social consequences of human mobility restrictions under COVID-19. <https://www.pnas.org/content/117/27/15530>
13. Gonzalo E. Mena, Pamela P. Martinez, Ayesha S. Mahmud, Pablo A. Marquet, (2021). Socioeconomic status determines COVID-19 incidence and related mortality in Santiago, Chile. Volume 372. https://science.sciencemag.org/content/372/6545/eabg5298?utm_source=TrendMD&utm_medium=cpc&utm_campaign=TrendMD_1
14. O.I. Oyeniran, T. Chia, (2020). Fighting the Coronavirus disease (Covid-19) pandemic: Employing lessons from the Ebola virus disease response. Lutte contre la pandémie de maladie à coronavirus (Covid-19) : tirer les leçons de la réponse à la maladie du virus Ebola. Volume 15. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352552520300967>
15. Silvia Mendolia, Olena Stavrionova, Oleg Yerokhin, (2021). Determinants of the community mobility during the COVID-19 epidemic: The role of government regulations and information. Volume 184, Pages 199-231. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167268121000366>

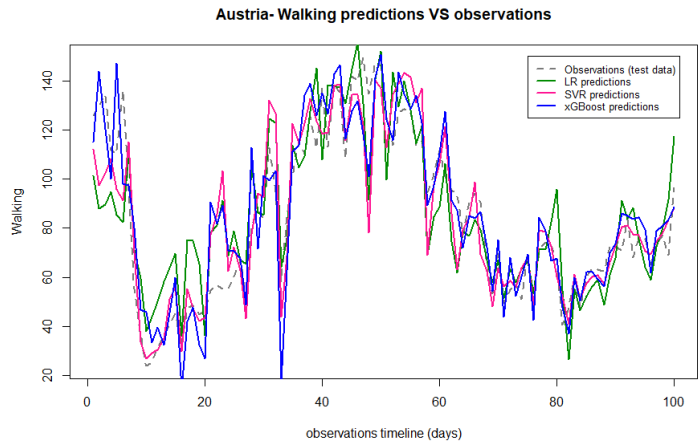
16. Georgios M. Hadjidemetriou, Manu Sasidharan, Georgia Kouyialis, Ajith K. Parlikad, (2020). The impact of government measures and human mobility trend on COVID-19 related deaths in the UK. Volume 6.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590198220300786#bb0025>
17. Vishal Mahajan, Guido Cantelmo, Constantinos Antoniou, (2021). Explaining demand patterns during COVID-19 using opportunistic data: a case study of the city of Munich.
<https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-021-00485-3>
18. Christos Katrakazas, Eva Michelaraki, Marios Sekadakis, George Yannis, (2020). A descriptive analysis of the effect of the COVID-19 pandemic on driving behavior and road safety. Volume 7.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259019822030097X#t0040>
19. Carlos Santamaria, Francesco Sermi, Spyridon Spyratos, Stefano Maria Iacus, Alessandro Annunziato, Dario Tarchi, Michele Vespe, (2020). Measuring the impact of COVID-19 confinement measures on human mobility using mobile positioning data. A European regional analysis. Volume 132.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753520303222>
20. Edward L. Glaeser, Caitlin Gorbach, Stephen J. Redding, (2020). JUE Insight: How much does COVID-19 increase with mobility? Evidence from New York and four other U.S. cities. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094119020300632>
21. Ye Wei, Jiaoe Wang, Wei Song, Chunliang Xiu, Li Ma, Tao Pei, (2021). Spread of COVID-19 in China: analysis from a city-based epidemic and mobility model. Volume 110.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275120313585>
22. Andreia N.S. Hisi, Elbert E.N. Macau, Luiz H.G. Tizei, (2019). The role of mobility in epidemic dynamics. Volume 562.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378437119302559>
23. Minna Wu, She Han, Mei Sun, Dun Han, (2018). How the distance between regional and human mobility behavior affect the epidemic spreading. Volume 492, Pages 1823-1830.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037843711731169X>
24. Ruiqi Li, Wenxu Wang, Zengru Di, (2017). Effects of human dynamics on epidemic spreading in Côte d'Ivoire. Volume 467, Pagew 30-40.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378437116306847>
25. Clyde K Coelho, Cristobal Hiche, Aditi Chattopadhyay, (2011). An Application of Support Vector Regression for Impact Load Estimation Using Fiber Bragg Grating Sensors. Volume 11, Pages 65-82.
<https://www.proquest.com/openview/55368b4e1939e3aec8109b5a032e79b0/1?pq-origsite=gscholar&cbl=4577404>
26. Jiun-Chi Huang, Yi-Chun Tsai, Pei-Yu Wu, Yu-Hui Lien, Chih-Yi Chien, Chih-Feng Kuo, Jeng-Fung Hung, Szu-Chia Chen, Chao-Hung Kuo, (2020). Predictive modeling of blood pressure during hemodialysis: a comparison of linear model, random forest, support vector regression, XGBoost, LASSO regression and ensemble method. Volume 195.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169260720301206>
27. Κατανομή και Παλινδρόμηση Poisson (Poisson regression)
<https://towardsdatascience.com/the-poisson-distribution-and-poisson-process-explained-4e2cb17d459>
28. RStudio.RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL. <http://www.rstudio.com>

Μοντέλο τύπου 1

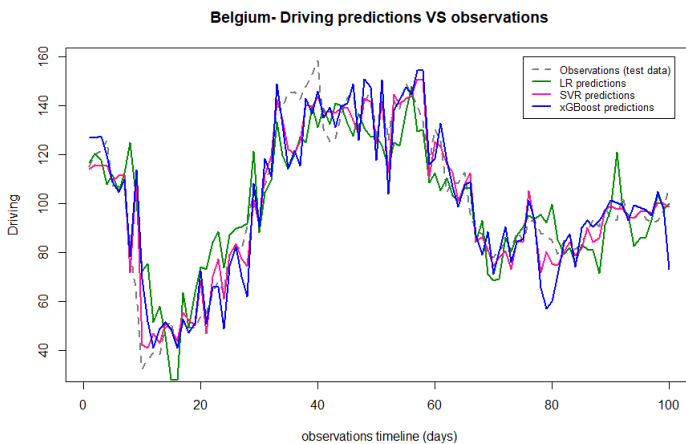
- Συγκριτικά γραφήματα παρατηρήσεων – προβλέψεων



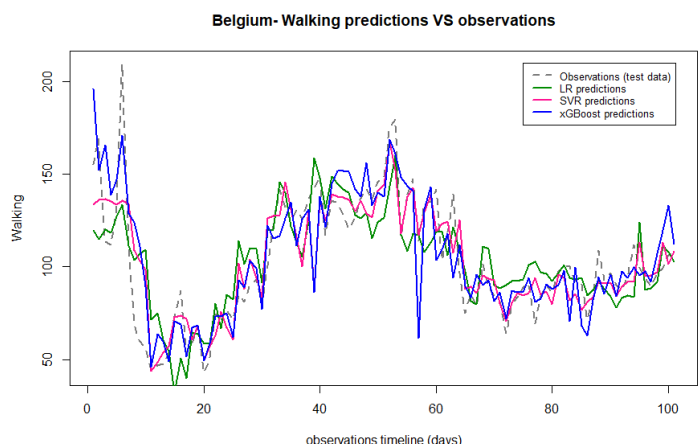
Γράφημα 1: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Αυστρίας



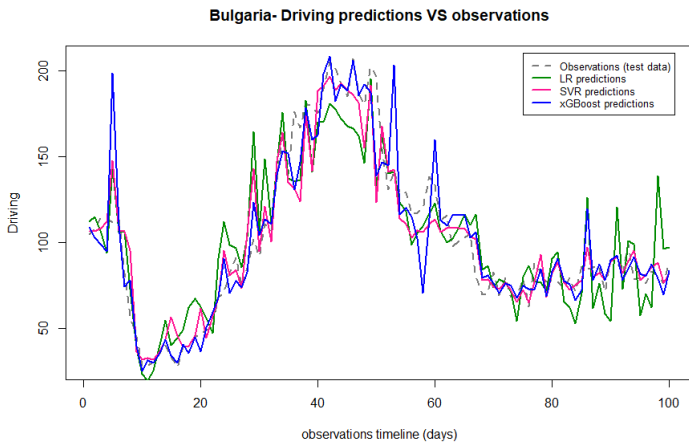
Γράφημα 2: Παρατηρήσεις – προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Αυστρίας



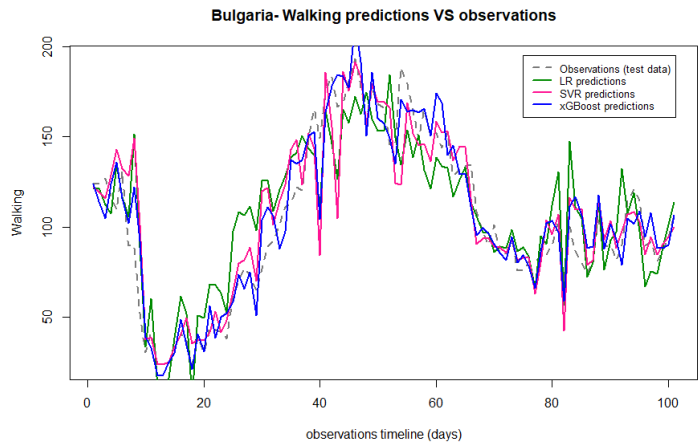
Γράφημα 3: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης του Βελγίου



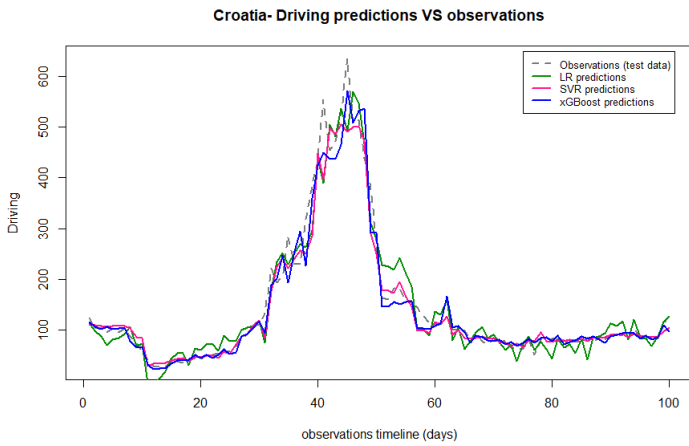
Γράφημα 4: Παρατηρήσεις – προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος του Βελγίου



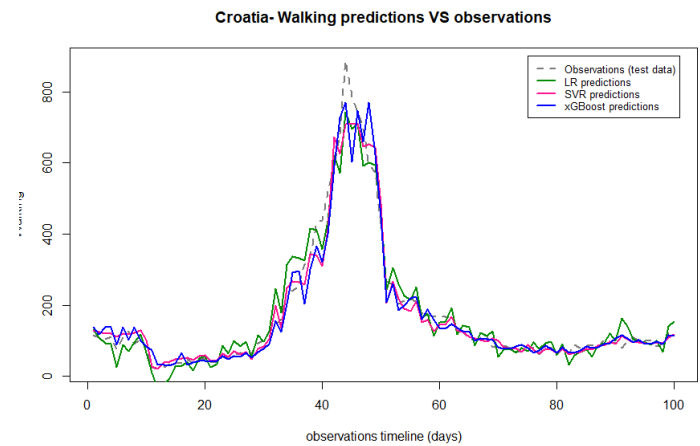
Γράφημα 5: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Βουλγαρίας



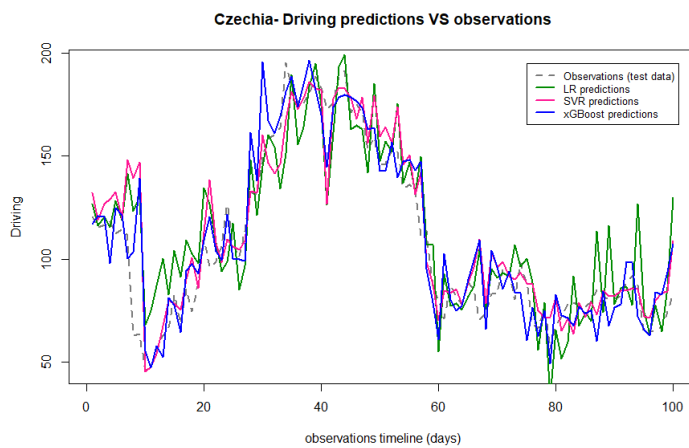
Γράφημα 6: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Βουλγαρίας



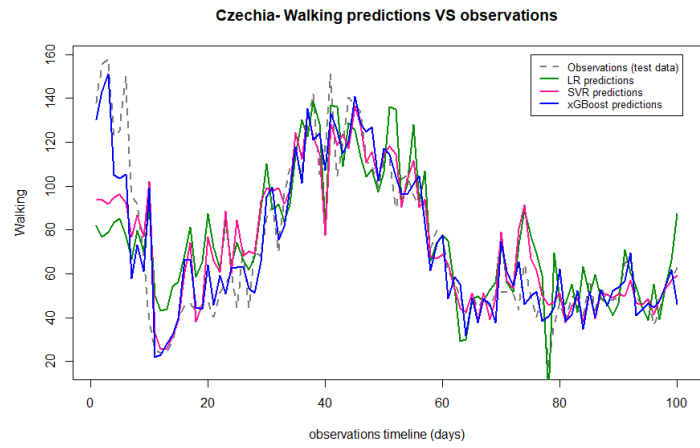
Γράφημα 7: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Κροατίας



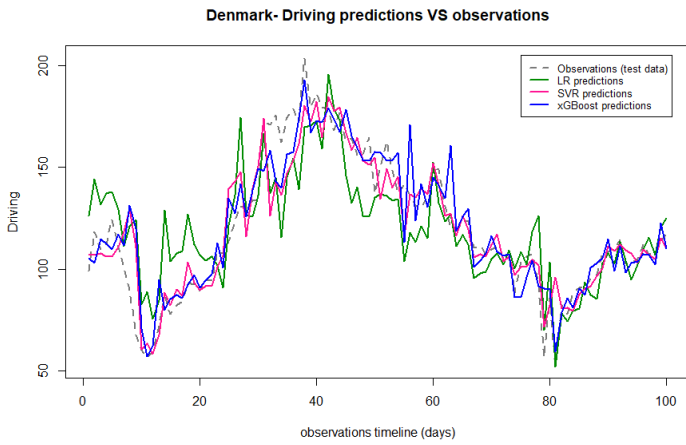
Γράφημα 8: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Κροατίας



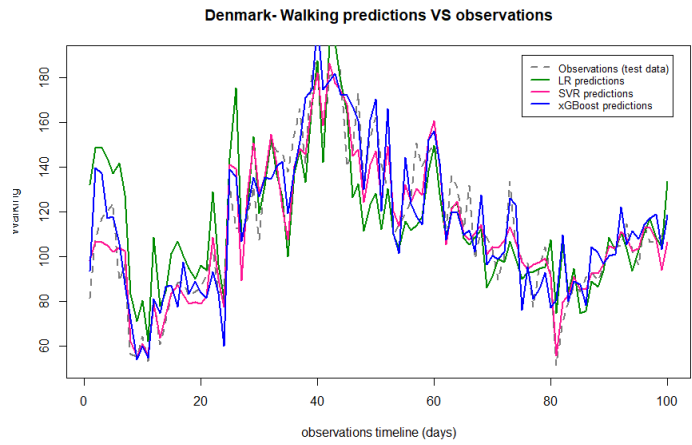
Γράφημα 9: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Τσεχίας



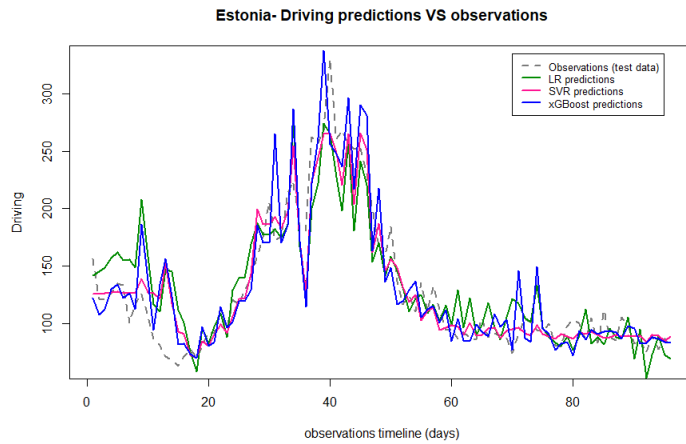
Γράφημα 10: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Τσεχίας



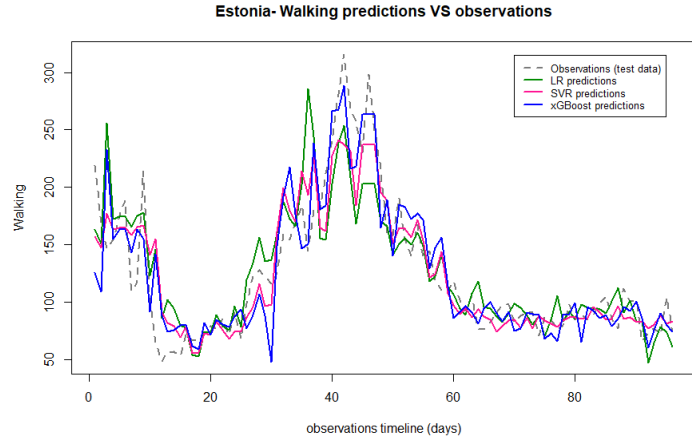
Γράφημα 11: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Δανίας



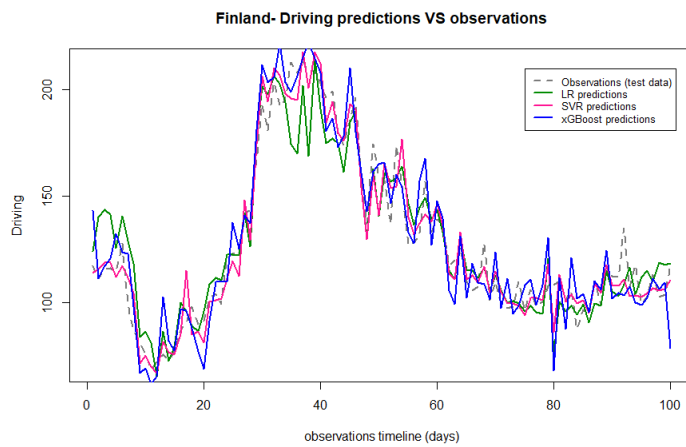
Γράφημα 12: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Δανίας



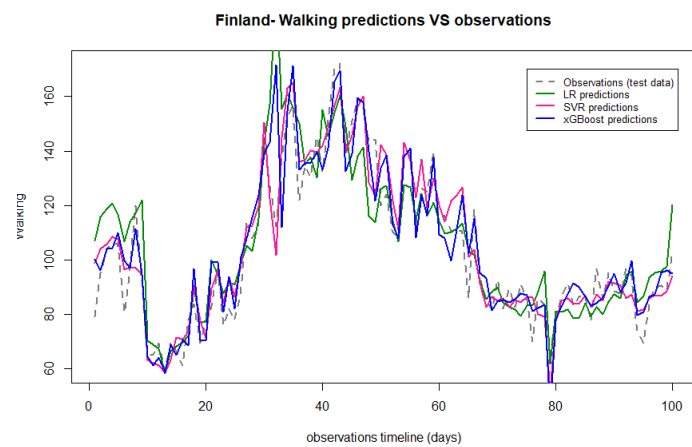
Γράφημα 13: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Εσθονίας



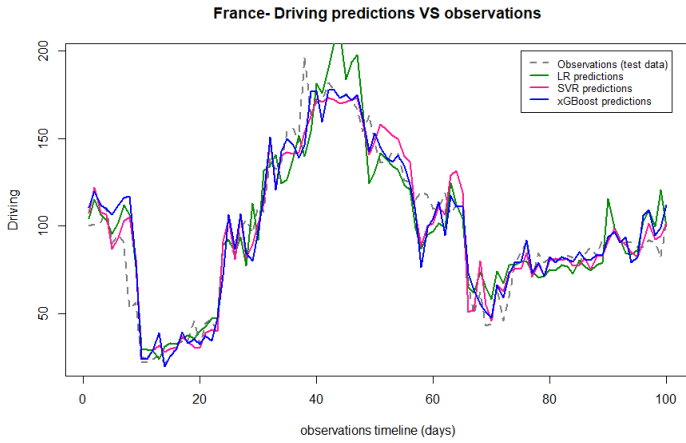
Γράφημα 14: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Εσθονίας



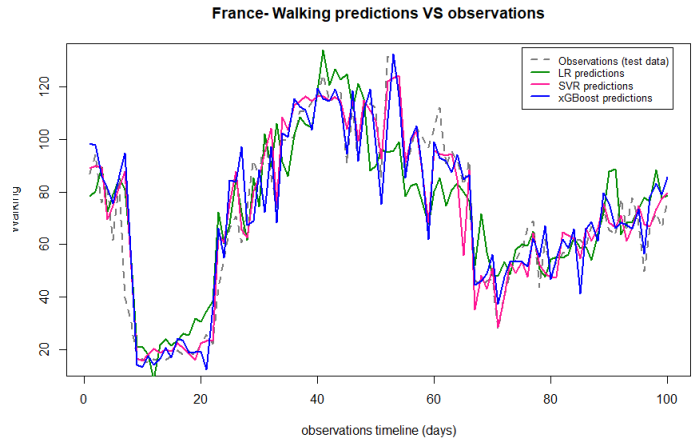
Γράφημα 15: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Φινλανδίας



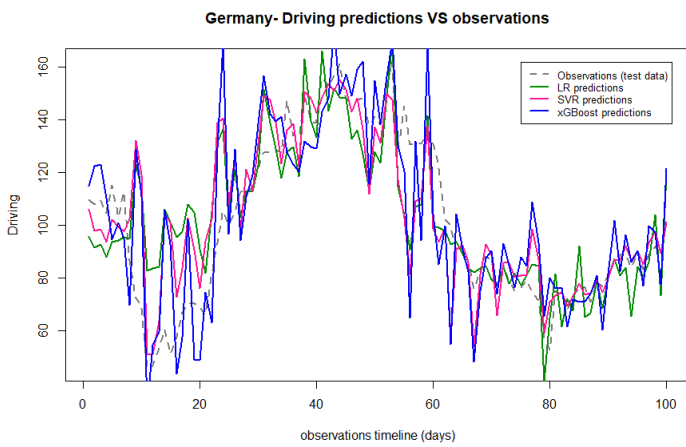
Γράφημα 16: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Φινλανδίας



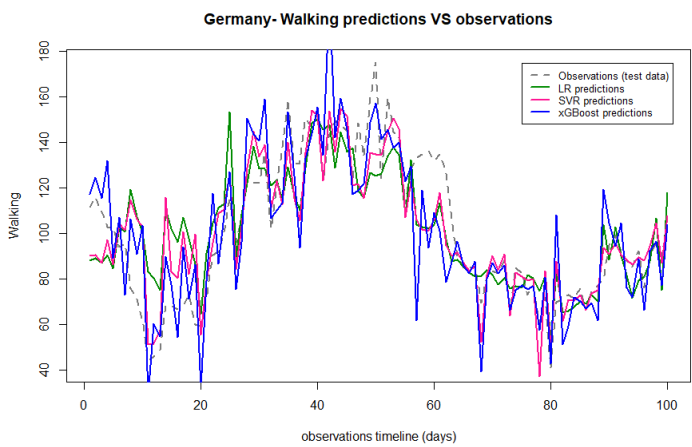
Γράφημα 17: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Γαλλίας



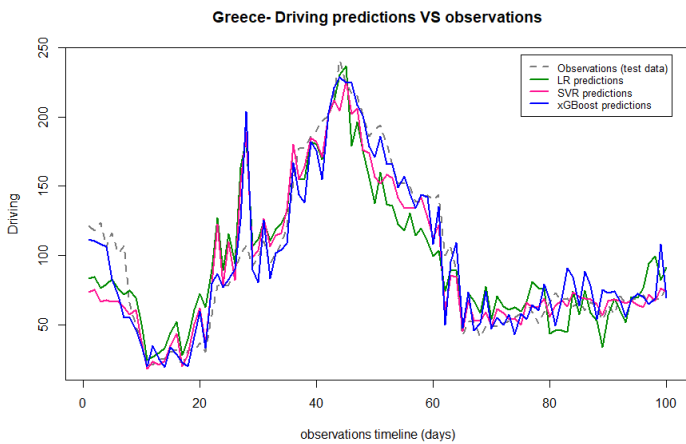
Γράφημα 18: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Γαλλίας



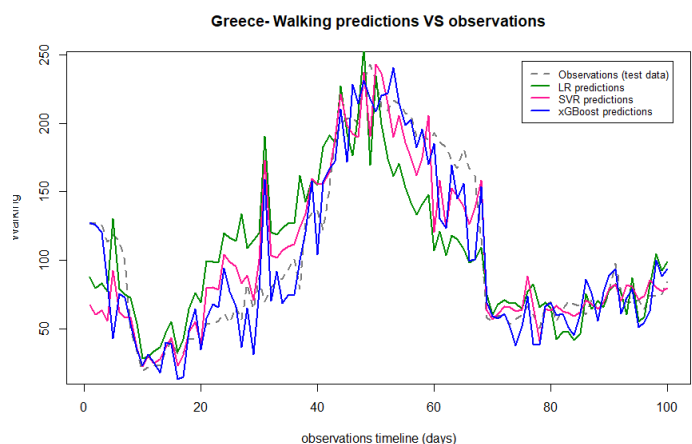
Γράφημα 19: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Γερμανίας



Γράφημα 20: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Γερμανίας

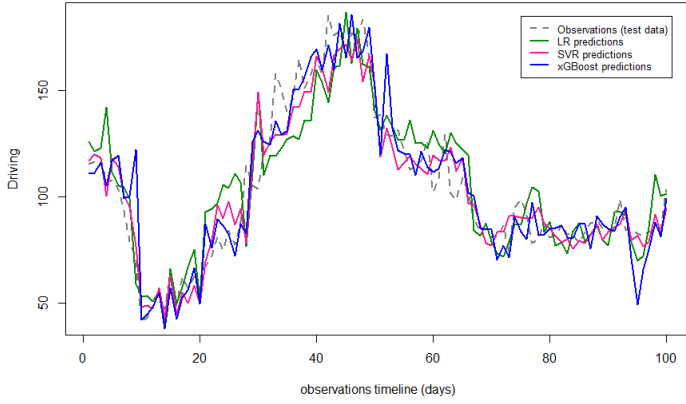


Γράφημα 21: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ελλάδας



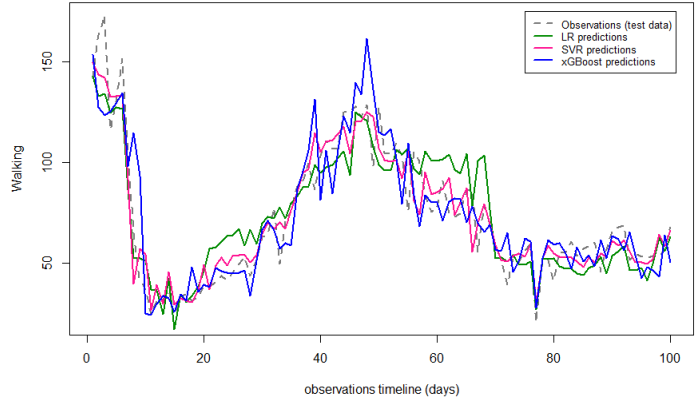
Γράφημα 22: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ελλάδας

Hungary- Driving predictions VS observations



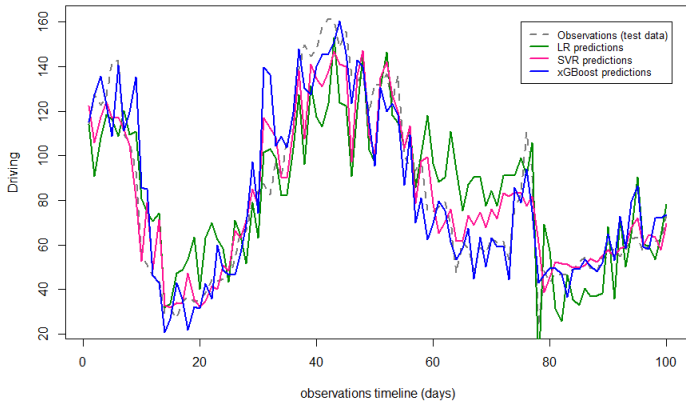
Γράφημα 23: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ουγγαρίας

Hungary- Walking predictions VS observations



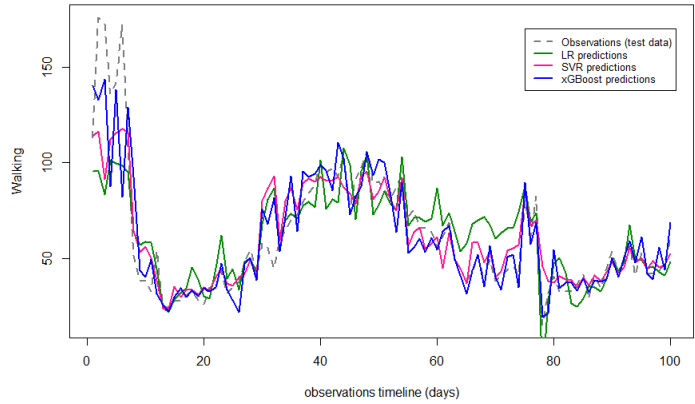
Γράφημα 24: Παρατηρήσεις – προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ουγγαρίας

Ireland- Driving predictions VS observations



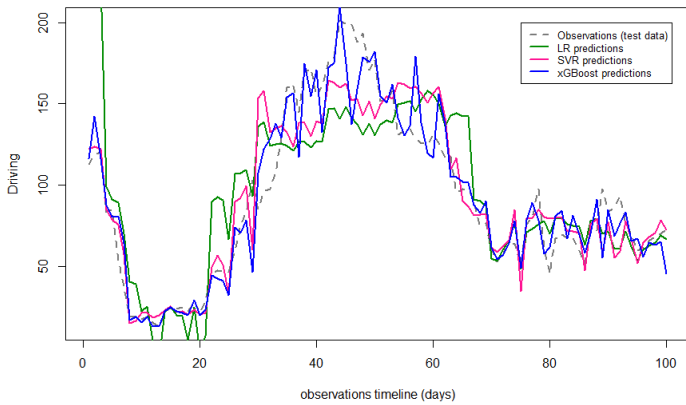
Γράφημα 25: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ιρλανδίας

Ireland- Walking predictions VS observations



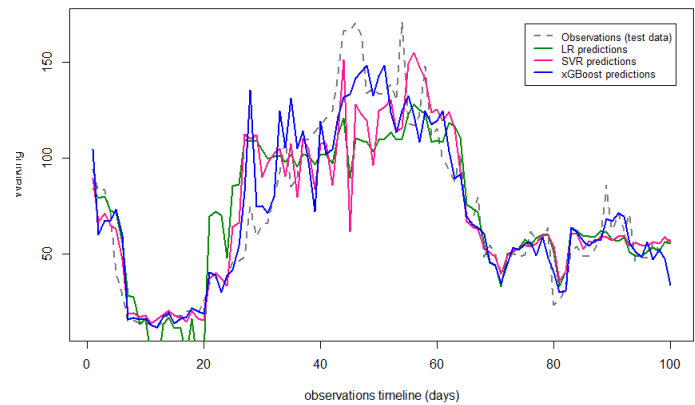
Γράφημα 26: Παρατηρήσεις – προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ιρλανδίας

Italy- Driving predictions VS observations



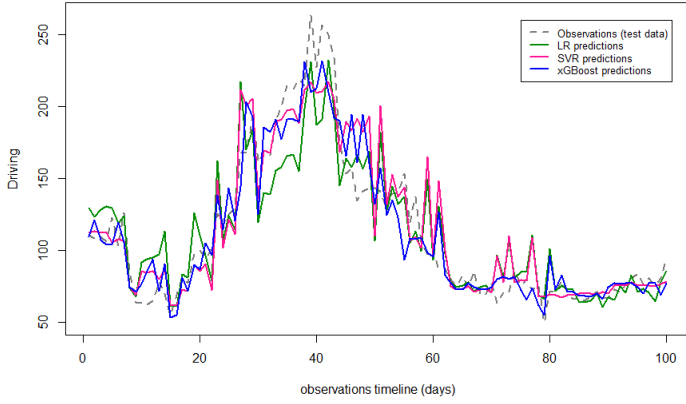
Γράφημα 27: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ιταλίας

Italy- Walking predictions VS observations



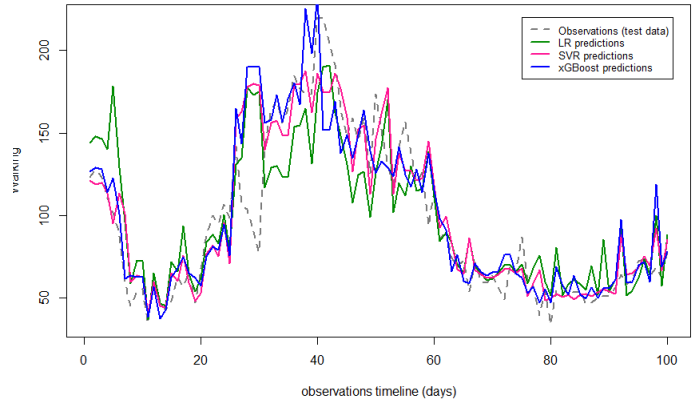
Γράφημα 28: Παρατηρήσεις – προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ιταλίας

Latvia- Driving predictions VS observations



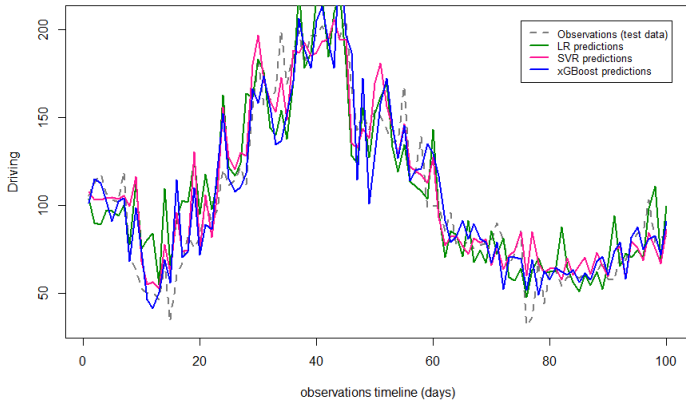
Γράφημα 29: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Λετονίας

Latvia- Walking predictions VS observations



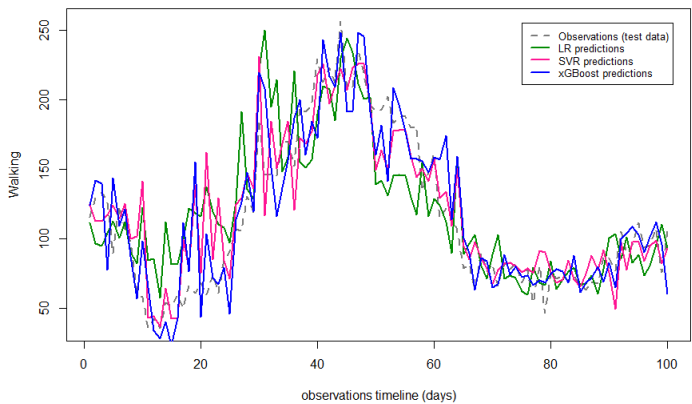
Γράφημα 30: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Λετονίας

Lithuania- Driving predictions VS observations



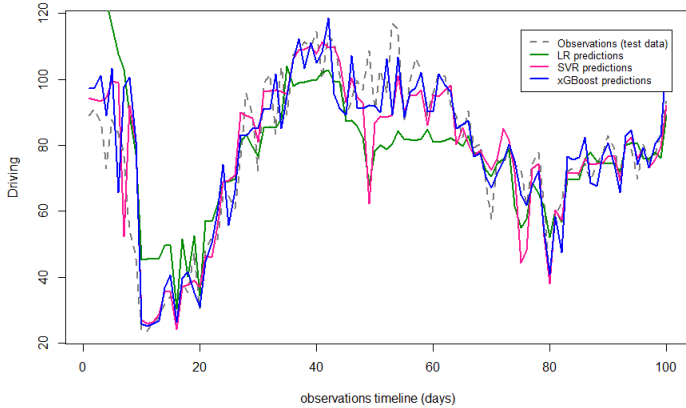
Γράφημα 31: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Λιθουανίας

Lithuania- Walking predictions VS observations



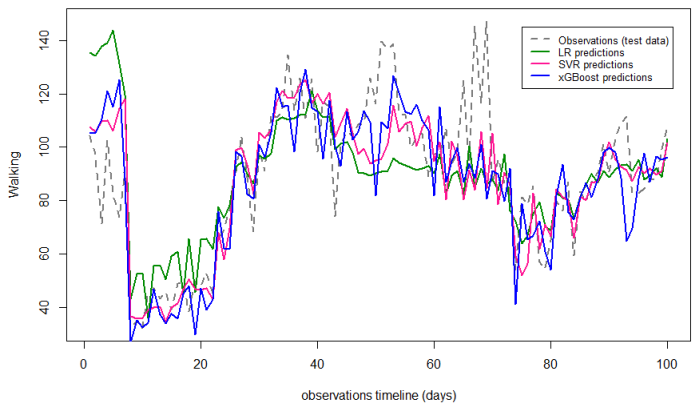
Γράφημα 32: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Λιθουανίας

Luxembourg- Driving predictions VS observations

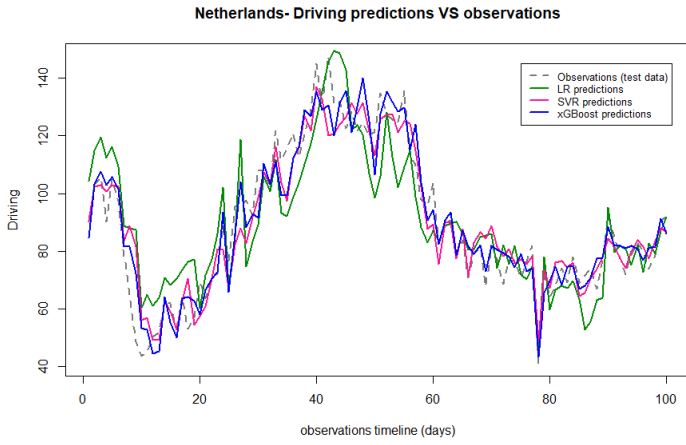


Γράφημα 33: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης του Λουξεμβούργου

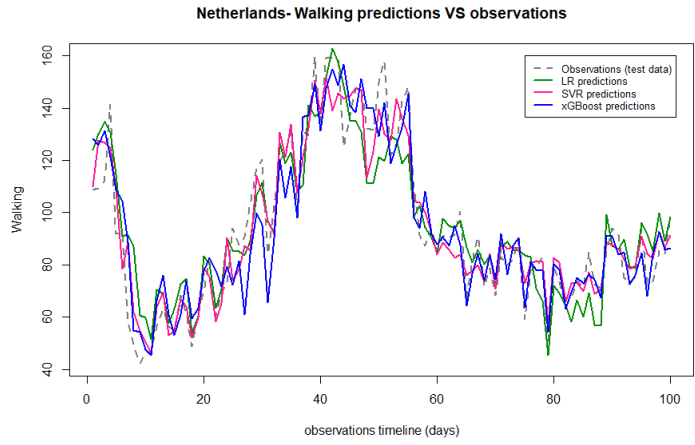
Luxembourg- Walking predictions VS observations



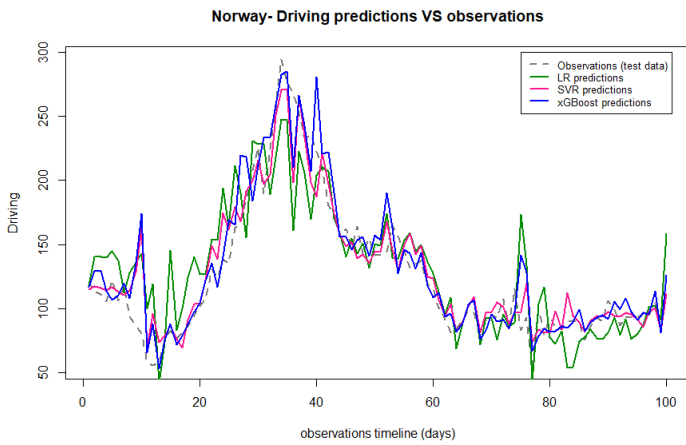
Γράφημα 34: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος του Λουξεμβούργου



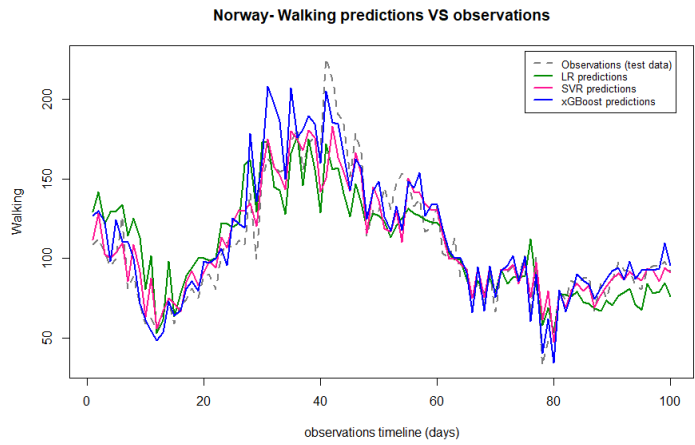
Γράφημα 35: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ολλανδίας



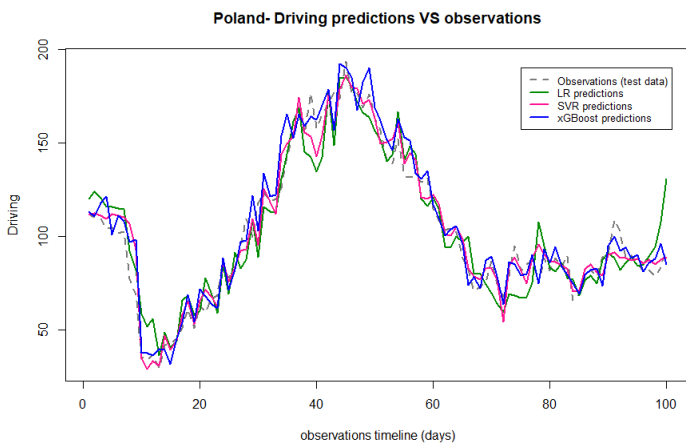
Γράφημα 36: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ολλανδίας



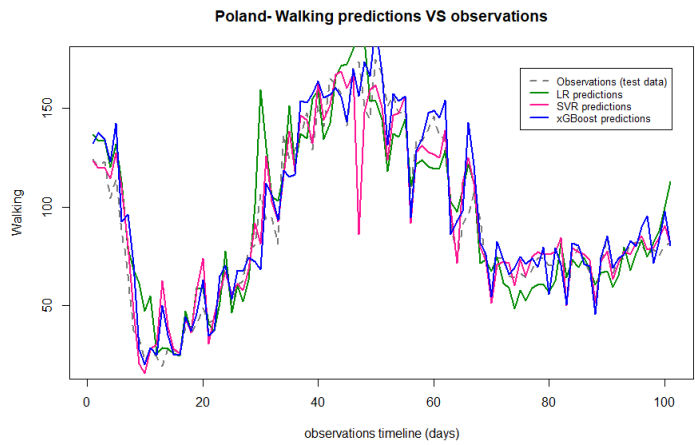
Γράφημα 37: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Νορβηγίας



Γράφημα 38: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Νορβηγίας

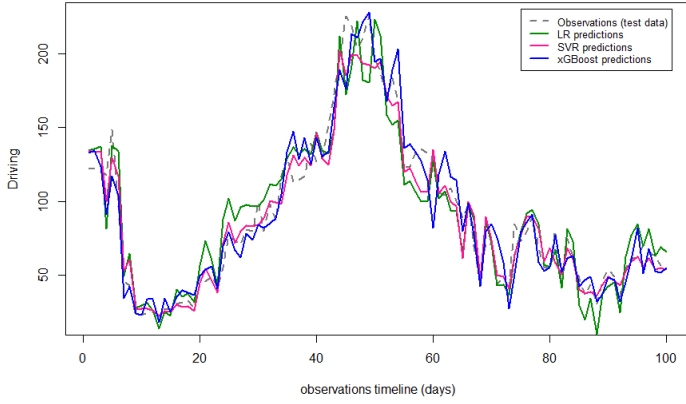


Γράφημα 39: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Πολωνίας



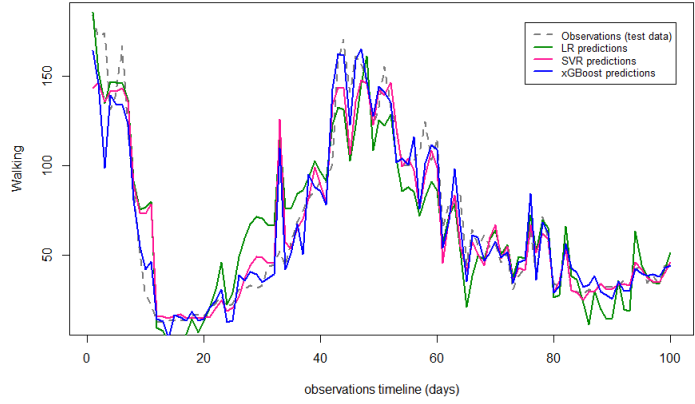
Γράφημα 40: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Πολωνίας

Portugal- Driving predictions VS observations



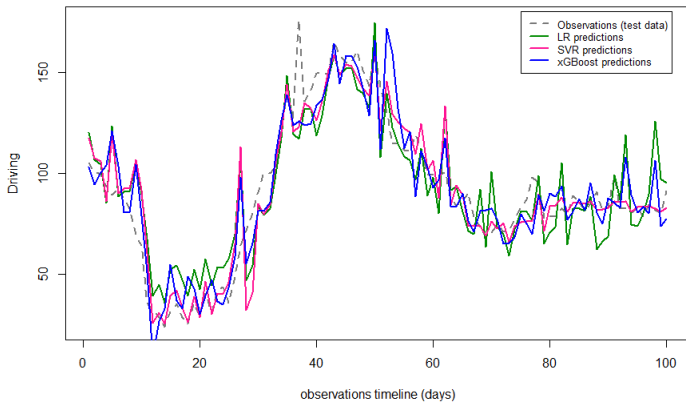
Γράφημα 41: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Πορτογαλίας

Portugal- Walking predictions VS observations



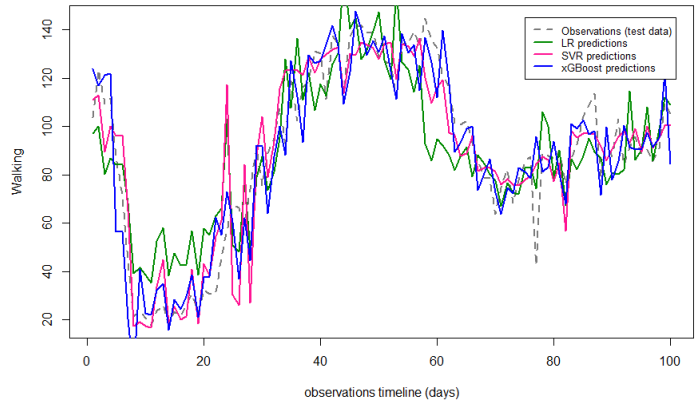
Γράφημα 42: Παρατηρήσεις – προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Πορτογαλίας

Romania- Driving predictions VS observations



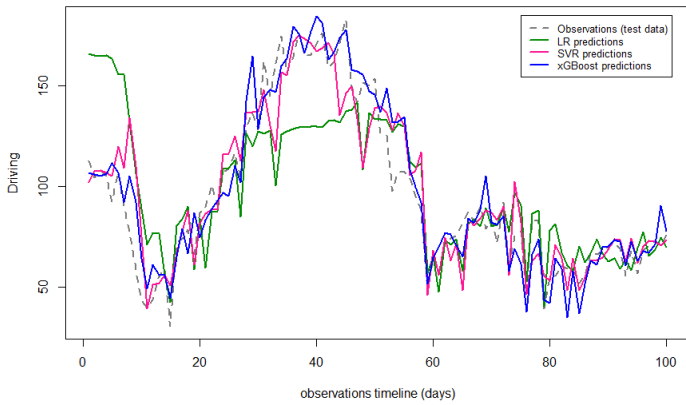
Γράφημα 43: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ρουμανίας

Romania- Walking predictions VS observations



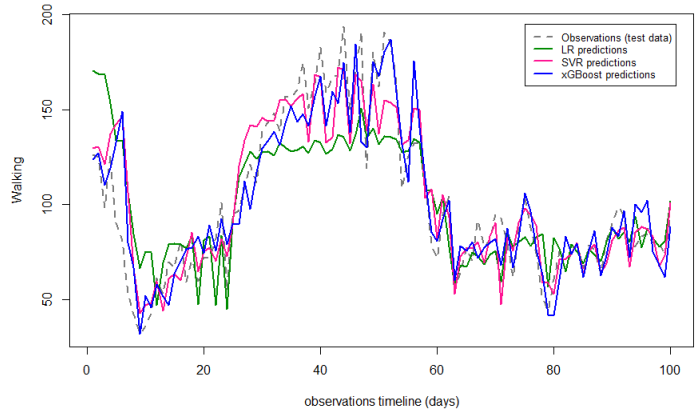
Γράφημα 44: Παρατηρήσεις – προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ρουμανίας

Slovakia- Driving predictions VS observations



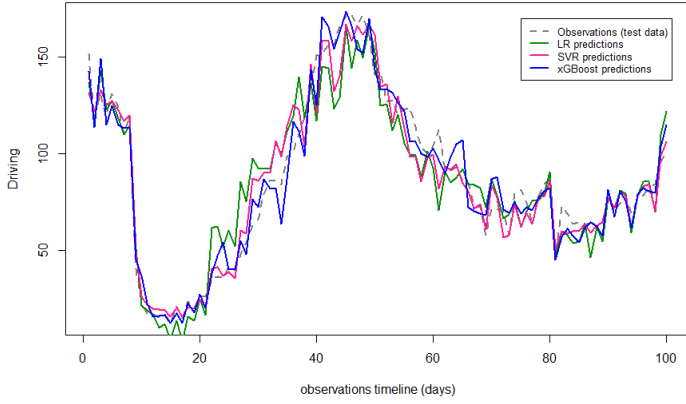
Γράφημα 45: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Σλοβακίας

Slovakia- Walking predictions VS observations



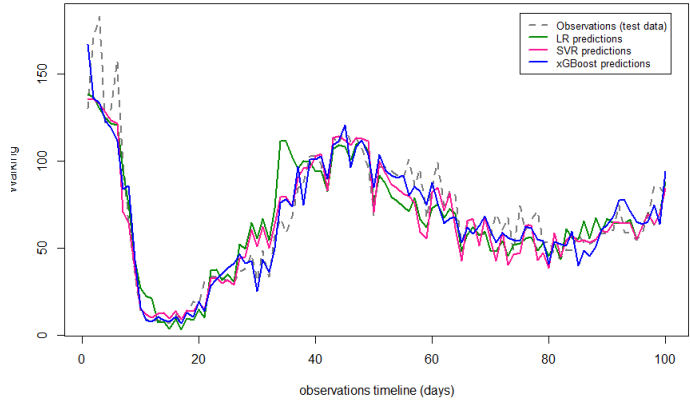
Γράφημα 46: Παρατηρήσεις – προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Σλοβακίας

Spain- Driving predictions VS observations



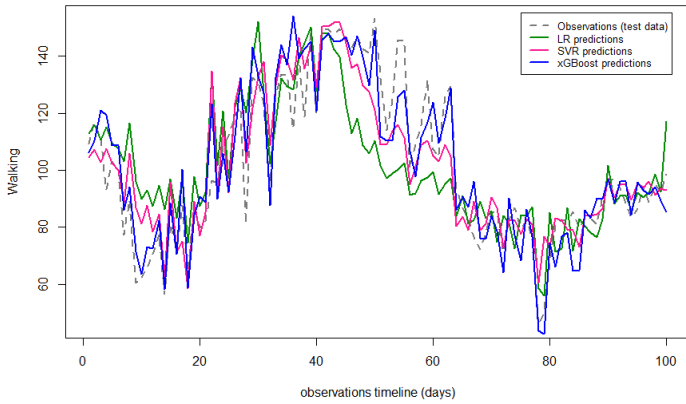
Γράφημα 47: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ισπανίας

Spain- Walking predictions VS observations



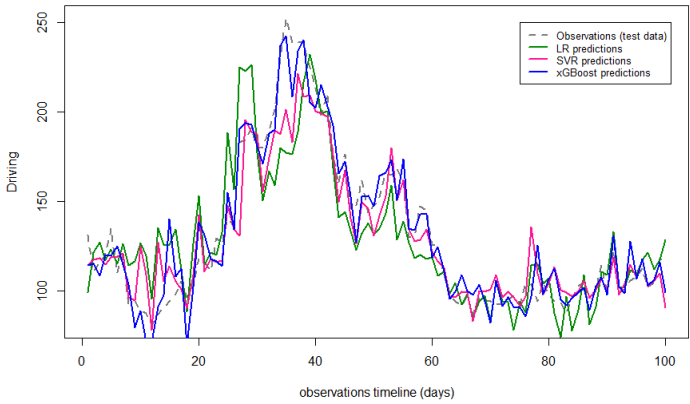
Γράφημα 48: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ισπανίας

Sweden- Walking predictions VS observations



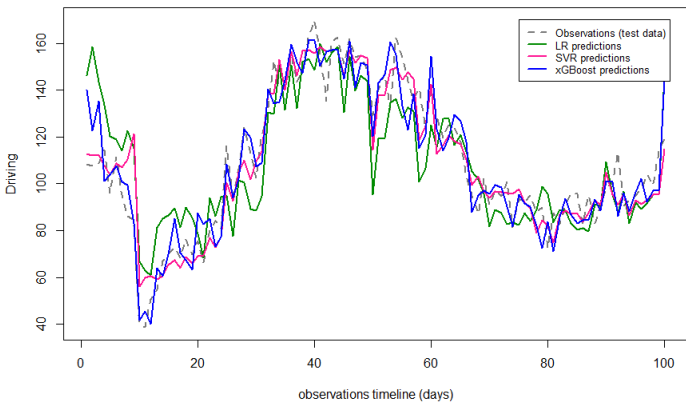
Γράφημα 49: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Σουηδίας

Sweden- Driving predictions VS observations



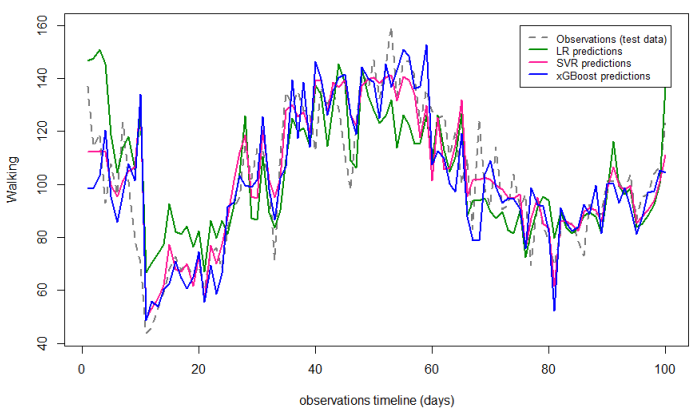
Γράφημα 50: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Σουηδίας

Switzerland- Driving predictions VS observations



Γράφημα 51: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων οδήγησης της Ελβετίας

Switzerland- Walking predictions VS observations



Γράφημα 52: Παρατηρήσεις - προβλέψεις στοιχείων βαδίσματος της Ελβετίας

• Συγκριτικοί Πίνακες σφαλμάτων προβλέψεων

Driving (model 1)		Πίνακας 1: Σφάλματα προβλέψεων Μοντέλων Τύπου 1 για την Οδήγηση																										
		error type	AUT	BEL	BGR	HRV	CZE	DNK	EST	FIN	FRA	DEU	GRC	HUN	IRL	ITA	LVA	LTU	LUX	NLD	NOR	POL	PRT	ROU	SVK	ESP	SWE	CHE
LR	RMSE	18.22	14.51	21.12	36.27	20.28	19.53	29.49	13.65	16.05	19.21	24.78	14.74	21.50	32.25	23.37	20.84	15.64	13.10	29.74	13.12	17.33	17.54	26.60	14.85	22.52	17.13	
	MAE	14.54	11.19	16.55	25.09	15.22	15.42	22.06	10.32	11.83	14.40	20.42	12.14	17.79	23.95	17.31	16.27	11.70	10.55	22.52	10.39	13.72	13.43	19.30	11.32	16.64	13.87	
	MAPE	17.35%	13.94%	18.88%	22.35%	17.36%	13.93%	19.28%	8.30%	14.10%	17.09%	25.90%	12.91%	26.63%	31.10%	15.57%	19.06%	17.37%	12.85%	19.98%	11.92%	17.31%	19.45%	20.97%	17.34%	12.66%	14.13%	
	R ²	0.78	0.79	0.79	0.93	0.77	0.66	0.75	0.87	0.86	0.62	0.81	0.84	0.68	0.62	0.80	0.81	0.55	0.73	0.70	0.88	0.89	0.76	0.55	0.87	0.72	0.68	
SVR	RMSE	15.58	9.21	15.82	30.68	17.50	13.22	21.35	9.24	12.01	18.14	20.96	9.71	14.22	21.71	21.54	16.15	10.52	8.28	17.84	8.75	12.37	13.95	15.70	10.67	15.82	9.85	
	MAE	11.35	6.50	10.52	16.19	11.06	8.81	15.23	7.25	8.29	12.00	14.29	7.10	10.18	15.77	14.79	11.88	6.73	5.95	11.83	6.42	9.05	9.19	10.52	7.61	10.76	7.58	
	MAPE	11.97%	7.19%	11.43%	10.94%	12.10%	7.88%	12.81%	5.75%	10.15%	13.51%	15.89%	7.18%	14.22%	17.72%	13.45%	14.60%	9.37%	7.38%	10.45%	6.77%	10.56%	11.34%	12.22%	9.73%	8.11%	7.91%	
	R ²	0.84	0.91	0.89	0.95	0.83	0.85	0.87	0.94	0.92	0.67	0.86	0.86	0.92	0.87	0.81	0.83	0.88	0.80	0.89	0.89	0.95	0.85	0.85	0.84	0.93	0.88	0.89
xGBoost	RMSE	17.26	12.51	17.43	27.42	16.10	13.53	28.96	13.29	13.97	20.23	18.79	12.66	14.60	16.40	18.19	18.26	10.13	7.65	20.88	9.47	13.91	14.90	12.04	9.27	11.74	10.86	
	MAE	13.41	8.54	10.73	15.69	11.30	9.29	20.30	10.18	8.94	14.74	12.30	9.14	10.13	13.04	13.52	7.03	6.03	13.43	13.43	7.14	9.88	10.91	8.87	7.16	8.74	8.28	
	MAPE	14.67%	9.96%	10.56%	10.35%	12.39%	8.39%	16.11%	8.58%	11.06%	16.21%	15.78%	9.51%	14.12%	12.66%	11.21%	14.83%	9.65%	7.24%	11.46%	7.53%	12.70%	14.61%	11.04%	9.72%	7.28%	8.03%	
	R ²	0.84	0.84	0.86	0.96	0.85	0.84	0.78	0.90	0.90	0.65	0.89	0.88	0.85	0.89	0.88	0.85	0.81	0.91	0.87	0.95	0.93	0.83	0.92	0.95	0.92	0.88	

Walking (model 1)		Πίνακας 2: Σφάλματα προβλέψεων Μοντέλων Τύπου 1 για το Βόδισμα																										
		error type	AUT	BEL	BGR	HRV	CZE	DNK	EST	FIN	FRA	DEU	GRC	HUN	IRL	ITA	LVA	LTU	LUX	NLD	NOR	POL	PRT	ROU	SVK	ESP	SWE	CHE
LR	RMSE	18.36	19.98	22.22	40.49	23.62	19.19	34.77	14.90	15.08	19.54	38.08	14.04	20.22	23.27	27.08	34.84	21.41	13.30	20.82	16.33	20.35	19.84	25.15	15.36	17.66	16.99	
	MAE	14.25	15.04	18.02	28.44	17.09	14.65	24.14	9.97	11.56	15.34	29.92	11.25	13.31	16.78	19.41	27.75	15.22	10.40	16.57	13.04	15.53	15.86	19.44	11.12	13.32	13.54	
	MAPE	20.04%	16.23%	22.01%	26.00%	27.93%	14.07%	20.48%	9.70%	20.58%	17.23%	33.81%	18.19%	24.17%	31.97%	21.64%	29.38%	18.50%	12.09%	16.53%	16.98%	33.71%	27.26%	21.34%	21.80%	13.75%	14.38%	
	R ²	0.70	0.62	0.75	0.95	0.56	0.63	0.66	0.73	0.77	0.60	0.61	0.82	0.62	0.70	0.67	0.62	0.39	0.81	0.71	0.85	0.81	0.69	0.63	0.81	0.56	0.57	
SVR	RMSE	14.99	16.62	18.88	35.90	19.38	11.43	26.93	8.74	9.95	16.46	26.72	11.39	15.78	21.45	22.53	25.26	16.79	9.96	14.55	14.30	16.16	15.11	17.52	12.79	12.04	12.85	
	MAE	10.58	11.24	12.43	21.74	12.42	8.61	19.98	7.01	6.76	11.96	18.78	7.54	9.42	13.96	13.93	17.32	11.29	7.80	9.84	9.10	9.64	10.65	12.80	8.42	8.76	8.80	
	MAPE	12.84%	11.42%	13.26%	13.74%	19.44%	7.44%	16.98%	7.07%	11.54%	12.81%	19.85%	11.79%	16.69%	20.33%	16.29%	19.50%	12.37%	8.71%	9.71%	12.44%	17.11%	15.77%	14.18%	13.92%	9.22%	9.18%	
	R ²	0.80	0.74	0.82	0.96	0.69	0.87	0.80	0.90	0.90	0.72	0.81	0.88	0.78	0.74	0.79	0.80	0.63	0.89	0.87	0.88	0.88	0.82	0.82	0.82	0.87	0.75	
xGBoost	RMSE	14.41	18.77	13.94	40.51	13.61	14.30	29.11	10.24	11.86	19.48	23.39	15.27	15.55	16.22	24.80	25.23	17.30	10.95	14.72	13.05	14.46	13.12	16.06	12.61	10.43	15.40	
	MAE	10.75	12.99	10.87	23.01	9.89	11.01	21.68	6.82	7.92	14.11	16.59	10.33	9.26	11.07	14.66	17.97	12.26	8.27	11.21	9.38	8.89	9.96	11.44	8.77	7.67	11.15	
	MAPE	15.33%	13.16%	12.06%	15.81%	16.11%	10.33%	18.54%	6.94%	14.23%	14.87%	18.94%	14.49%	14.67%	15.83%	16.27%	18.86%	13.86%	9.25%	10.33%	12.41%	15.63%	12.91%	13.51%	7.95%	11.24%		
	R ²	0.83	0.69	0.91	0.95	0.85	0.81	0.77	0.87	0.86	0.66	0.86	0.78	0.77	0.85	0.75	0.80	0.63	0.87	0.88	0.92	0.90	0.87	0.85	0.87	0.85	0.67	

Μοντέλο Τύπου 2

- Συγκριτικοί Πίνακες σφαλμάτων προβλέψεων

		Πίνακας 3: Σφάλματα προβλέψεων Μοντέλων Τύπου 2 για την Οδήγηση																										
Driving (model 2)	error type	AUT	BEL	BGR	HRV	CZE	DNK	EST	FIN	FRA	DEU	GRC	HUN	IRL	ITA	LVA	LTU	LUX	NLD	NOR	POL	PRT	ROU	SVK	ESP	SWE	CHE	
LR	RMSE	18.22	19.02	20.92	36.87	20.25	21.73	29.75	16.87	18.43	19.21	24.78	15.24	24.63	18.44	23.98	17.73	14.72	16.67	33.52	15.80	18.32	16.81	15.86	16.42	23.21	21.64	
	MAE	14.54	15.80	16.67	25.95	15.26	16.68	23.02	13.25	13.72	14.40	20.42	12.47	20.94	13.05	18.12	13.32	11.74	12.86	24.03	12.24	14.96	12.72	12.08	12.93	16.83	17.35	
	MAPE	17.33%	18.99%	19.37%	23.53%	17.85%	15.86%	20.11%	11.39%	17.60%	17.09%	25.90%	13.67%	31.35%	16.42%	17.09%	16.30%	18.74%	16.56%	21.63%	14.51%	19.54%	17.63%	13.67%	12.08%	20.31%	12.68%	18.81%
SVR	R ²	0.78	0.63	0.80	0.92	0.76	0.58	0.74	0.81	0.82	0.62	0.81	0.82	0.58	0.87	0.79	0.86	0.62	0.56	0.61	0.83	0.88	0.78	0.84	0.85	0.70	0.49	
	RMSE	15.58	12.48	17.03	34.89	16.55	20.25	20.44	12.60	11.35	18.14	20.96	10.17	17.12	15.81	18.85	14.80	13.10	13.41	31.12	10.42	15.52	11.86	15.38	13.09	22.06	20.24	
	MAE	11.35	8.96	11.52	19.76	10.56	13.46	14.81	9.76	8.17	12.00	14.29	7.33	12.56	10.20	12.38	10.25	9.20	9.78	20.95	7.58	10.66	7.91	10.07	9.40	15.61	15.90	
xGBoost	MAPE	11.97%	10.32%	12.01%	14.78%	11.59%	12.91%	11.74%	7.98%	9.80%	13.51%	15.89%	7.22%	16.72%	12.77%	10.76%	11.89%	14.43%	12.20%	17.50%	7.66%	11.83%	10.22%	11.55%	11.85%	11.51%	17.70%	
	R ²	0.84	0.84	0.87	0.94	0.85	0.64	0.88	0.90	0.93	0.67	0.86	0.92	0.81	0.90	0.87	0.90	0.72	0.72	0.66	0.93	0.92	0.89	0.85	0.90	0.74	0.55	
	RMSE	17.26	16.70	17.24	31.87	17.53	20.08	30.36	17.75	12.49	20.23	18.79	14.50	17.13	16.27	25.69	17.20	14.08	12.85	30.70	12.13	16.90	13.20	15.87	12.52	22.45	26.08	
xGBoost	MAE	13.41	12.07	12.46	18.77	12.31	14.36	20.33	13.61	8.94	14.74	12.30	10.39	12.50	10.34	16.92	12.66	10.23	10.07	20.70	9.04	11.80	9.32	11.85	9.15	16.15	19.63	
	MAPE	14.67%	13.20%	13.07%	14.02%	13.34%	12.66%	16.09%	11.28%	11.67%	16.21%	15.78%	10.54%	16.26%	13.82%	13.69%	13.00%	17.20%	12.02%	17.18%	9.31%	14.99%	12.30%	13.59%	12.52%	12.66%	19.03%	
	R ²	0.84	0.73	0.86	0.95	0.83	0.66	0.75	0.81	0.92	0.65	0.89	0.85	0.80	0.90	0.76	0.88	0.69	0.75	0.68	0.91	0.90	0.87	0.84	0.91	0.75	0.35	

		Πίνακας 4: Σφάλματα προβλέψεων Μοντέλων Τύπου 2 για το Βάδισμα																										
Walking (model 2)	error type	AUT	BEL	BGR	HRV	CZE	DNK	EST	FIN	FRA	DEU	GRC	HUN	IRL	ITA	LVA	LTU	LUX	NLD	NOR	POL	PRT	ROU	SVK	ESP	SWE	CHE	
LR	RMSE	18.36	24.73	22.15	42.61	23.84	21.20	40.32	17.24	17.72	19.54	38.08	24.70	26.14	17.08	34.35	28.42	20.40	19.99	25.50	24.95	26.37	17.11	19.39	20.94	17.94	21.96	
	MAE	14.25	20.17	17.96	30.64	16.39	16.73	30.13	12.72	14.24	15.34	29.92	16.68	17.87	13.31	27.11	22.22	17.02	14.84	19.00	19.51	19.21	12.87	14.36	13.60	13.93	18.16	
	MAPE	20.04%	21.34%	21.90%	27.78%	26.88%	16.57%	25.18%	12.95%	28.18%	17.23%	33.81%	27.95%	33.72%	24.73%	34.77%	22.89%	22.69%	18.79%	19.36%	27.81%	34.96%	19.48%	15.63%	15.63%	25.71%	14.36%	20.09%
SVR	R ²	0.70	0.42	0.76	0.95	0.54	0.54	0.55	0.62	0.69	0.60	0.61	0.44	0.36	0.84	0.51	0.74	0.48	0.57	0.57	0.64	0.68	0.77	0.78	0.65	0.54	0.28	
	RMSE	14.99	22.44	19.32	64.22	22.22	18.07	32.58	10.11	10.96	16.46	26.72	22.00	23.84	17.31	25.13	24.06	16.07	17.25	19.82	22.90	18.57	11.66	16.03	19.43	16.39	21.57	
	MAE	10.58	15.81	12.98	27.88	13.57	13.36	21.64	8.00	7.87	11.96	18.78	12.94	12.88	10.13	18.62	16.82	11.95	12.63	14.53	15.38	11.19	8.06	11.18	10.72	12.26	17.52	
xGBoost	MAPE	12.84%	15.02%	13.76%	17.89%	19.86%	12.67%	15.83%	8.00%	12.38%	12.81%	19.85%	19.63%	19.39%	14.86%	23.23%	15.79%	15.69%	14.48%	15.44%	21.27%	15.48%	11.55%	11.27%	15.59%	12.92%	20.08%	
	R ²	0.80	0.54	0.81	0.89	0.60	0.66	0.71	0.87	0.88	0.72	0.81	0.55	0.48	0.83	0.73	0.81	0.67	0.68	0.74	0.70	0.85	0.90	0.85	0.71	0.62	0.32	
	RMSE	14.41	24.04	17.38	41.57	14.76	22.55	30.26	15.32	12.05	19.48	23.39	17.15	19.08	16.31	27.74	22.42	15.14	16.46	20.10	16.12	18.35	10.66	18.41	18.40	16.61	23.92	
xGBoost	MAE	10.75	18.21	12.96	25.27	10.17	16.77	20.97	10.81	8.96	14.11	16.59	11.38	10.28	10.94	20.19	15.84	11.29	12.02	14.56	11.41	11.24	7.88	12.43	11.55	12.06	18.59	
	MAPE	15.33%	18.17%	13.60%	18.95%	16.13%	16.08%	16.58%	10.53%	13.89%	14.87%	18.94%	19.31%	16.26%	17.79%	23.33%	14.77%	14.31%	13.44%	14.60%	15.33%	17.76%	10.77%	12.31%	17.52%	12.07%	19.80%	
	R ²	0.83	0.55	0.86	0.95	0.82	0.51	0.75	0.72	0.87	0.87	0.66	0.75	0.66	0.85	0.67	0.85	0.71	0.73	0.73	0.86	0.85	0.91	0.81	0.74	0.63	0.26	

